

„Neubau der Fach- und Berufsoberschule in Erding: Nachhaltiges Passivhaus mit extrem niedrigem Gesamt-Primärenergiebedarf“

Schlussbericht

Dokumentation der Bauphase und der Inbetriebnahme

gefördert unter dem Aktenzeichen 26170/02-25

von

Dipl.-Ing. (FH) Cornelia Jacobsen, Dipl.-Ing. Christina Hutter,
Ingenieurbüro Hausladen GmbH
RA Hanns Peter Kirchmann, Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Wild, kplan® AG
Dipl.-Ing. Holger König, Ascona GbR
Dr. Jens Kuckelkorn, ZAE Bayern e.V.



Kirchheim, 31.03.2014



Az **26170/02-25**

Referat

Fördersumme

Antragstitel **Neubau der Fach- und Berufsoberschule in Erding**

Stichworte Nachhaltiges Passivhaus mit extrem niedrigem Gesamt-Primärenergiebedarf

Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
September 2008 bis 31.12.2010	September 2008	31.12.2010	LPH 1 – 8 HOAI

Bewilligungsempfänger

Landkreis Erding
VD Heinz Fischer
Landratsamt Erding
Alois Schießl Platz 2
85435 Erding
Email: heinz.fischer@lra-ed.de

Tel 08122/58-1366
Fax 08122/58-1109

Projektleitung
Heinz Fischer
Bearbeiter
Heinz Fischer

Kooperationspartner

kplan® AG , Aktiengesellschaft für Projektentwicklung und Gesamtplanung, Bahnhofstr. 13, 93326 Abensberg

für den Bereich Bauphysik:

- konzeptionell: ip5 ingenieurpartnerschaft in Zusammenarbeit mit dem Büro Ebök, 72003 Tübingen,
- energetische Bauleitung: Ingenieurbüro Hausladen GmbH, Feldkirchener Straße 7a, 85551 Kirchheim

für den Bereich Nachhaltigkeit: Ascona König – Jama GbR, Gesellschaft für ökologische Projekte, Eschenriederstr. 65, 82194 Gröbenzell

für den Bereich Monitoring: ZAE Bayern, Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V., Abteilung 1, Walther-Meißner-Str. 6, 85748 Garching

für den Bereich Haustechnik: Mathias Baumann, Ingenieurbüro technische Gebäudeausrüstung, Waldfriedhofstrasse 94, 81377 München

für den Bereich Elektro: R. Wieder GmbH, Ingenieurbüro für elektrotechnische Anlagen, Winterlestr. 10c, 85435 Erding

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Der Landkreis Erding plante den Neubau eines Schulgebäudes mit erheblichen Anforderungen an einen sehr niedrigen Primärenergieverbrauch im Betrieb. Es sollte ein insbesondere auch über den gesamten Lebenszyklus extrem ressourcenschonendes Gebäude entstehen. Prägend waren folgende Leitgedanken:

- Ausführung im Passivhausstandard mit einem maximalen spezifischen Heizwärmebedarf von 15 kWh/(m² a) und einem maximalen Primärenergiebedarf der Haustechnik von 60 bis 70 kWh/(m² a)
- Wärmeversorgung des Gebäudes durch Nutzung umweltfreundlicher Ressourcen (Geothermie)
- Minimierung des erforderlichen Kunstlichteinsatzes durch Gewährleistung einer guten Tageslichtversorgung und durch präsenz- und tageslichtabhängige Regelung der Beleuchtungsanlage
- Wesentlich verbesserte Behaglichkeit für die Nutzer bei geringem Regelungsaufwand
- Einfache Wartung- und Instandhaltung der technischen Anlagen im Betrieb
- Reduzierte, hocheffiziente Haustechnik durch durchdachte Führung von Medien (insbesondere von Luft) und Mehrfachnutzung ohnehin vorhandener Einheiten (Beispiel: Nutzung des Atriums als Abluftplenum zur Verringerung des vorzuhaltenden Kanalrohrnetzes)
- Einsatz ökologischer Materialien für Baustoffe und Installationsmaterialien.
- Einbindung Nutzer, Bauherr, Öffentlichkeit und Planer
- Der Endbericht und auch die Auswertungen im Betrieb der Anlage werden in unterschiedlichen Medien (Fachzeitingen, Internetportal etc.) publiziert.
- Durchsetzung des Energiespardedankens durch Einbindung nicht nur der staatlichen Stellen, sondern einer größtmöglichen Öffentlichkeit, insbesondere Schüler, Lehrer, Eltern, Planer, gesetzgebende Behörden, Kultusministerium, Finanzministerium, Oberste Baubehörde

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Die wesentlichen Arbeitsschritte lassen sich wie folgt beschreiben:

1. Grundlagenermittlung
2. Prüfung der grundsätzlichen Erreichbarkeit der Passivhaus-Kriterien (Verwendung des Passivhaus-Projektierungspakets PHPP2007); Erarbeiten wesentlicher bauphysikalischer und haustechnischer Anforderungen zur Erreichung des Passivhaus-Standards. Ggf. Modifikation des Entwurfs zur weiteren Verringerung des Primärenergiebedarfs
3. Entwicklung eines ressourcenschonenden baulich-technischen Energiekonzepts; hierbei kommen tabellarische Bilanzierungswerkzeuge zum erzielbaren Primärenergiebedarf des Gebäudes sowie Simulationssoftware für das thermisch-dynamische Gebäudeverhalten (TRNSYS15) und die Tageslichtsituation (RADIANCE) zum Einsatz. Es werden z. B. in den Bereichen Dämmstandard, Tageslichtautonomie und sommerlicher thermischer Komfort jeweils mehrere Varianten überprüft. Sämtliche Erfordernisse zur Erreichung der energetischen Ziele werden unter den Planungsbeteiligten abgestimmt. Ein energetisches Pflichtenheft mit Detailangaben zu anzustrebenden Grenzwerten dient den Planern als Grundlage, um die ambitionierten energetischen Ziele zu erreichen.
4. Kontinuierliche Anpassung der Primärenergiebilanz Haustechnik zur Überprüfung, inwieweit die sehr ambitionierten energetischen Ziele erreicht werden können. Abweichungen von der Planung während der Bauphase hätten ohne dieses Controlling Verschlechterungen der Energiekennwerte zur Folge gehabt. Dies konnte durch entsprechende Kompensationsmaßnahmen verhindert werden.
5. Life-Cycle-Analysis mit der Bilanzierungssoftware LEGEP
6. Im Hinblick auf die Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit eingesetzter Produkte wurden Produktunterlagen auf potenzielle Risikostoffe geprüft. Bei Problemen wurden die Firmen aufgefordert entsprechende Substitutionen vorzunehmen.
7. Wirtschaftlichkeitsuntersuchung nach Projektabschluss
8. Durchführung einerzweijährigen Monitoringphase für die Ermittlung der Primärenergiebilanz im realen Betrieb des Gebäudes und die zielgerichtete Optimierung von Steuerungs- und Regelungskonzepten. Durchführung von Nutzerbefragungen mit dem Ziel Aspekte wie Nutzerakzeptanz, Zufriedenheit mit dem erzielten Komfort und Probleme der Nutzer mit dem Gebäudebetrieb zu ermitteln.
9. Durchsetzung des Energiespardedankens durch Einbindung nicht nur der staatlichen Stellen, sondern einer größtmöglichen Öffentlichkeit, insbesondere Schüler, Lehrer, Eltern, Planer, gesetzgebende Behörden, Kultusministerium, Finanzministerium, Oberste Baubehörde

Ergebnisse und Diskussion

Trotz verschiedener Veränderungen während der Ausführungsplanung und Bauphase hat das entwickelte baulich-technische Energiekonzept die selbst gesteckten energetischen Ziele voll erreicht. Der jährliche Primärenergiebedarf für die Haustechnik wurde über ein an den „Leitfaden elektrische Energie im Hochbau“ des Landes Hessen angelehntes tabellarisches Berechnungsverfahren abgeschätzt und mit den entsprechenden Werten eines in Geometrie und Nutzung gleichen, aber mit Standardtechnologien erstellten Gebäudes verglichen. Hierbei ergab sich eine Unterschreitung des Primärenergiebedarfs um 60%. Auch der Passivhausstandard wird mit einem rechnerisch ermittelten spezifischen Heizwärmebedarf von 10,4 kWh/(m² a) sicher erreicht. Somit hat sich die Einrichtung eines energetischen Controllings während der Bauphase für die Einhaltung der geforderten Kennwerte bewährt.

Auch die Durchführung der Dichtheitsmessung (Blower-Door-Test) in drei Phasen mit der Möglichkeit des Aufspürens von noch bestehenden Undichtigkeiten hat sich als sehr gut erwiesen: Die endgültige Messung ergab eine hervorragende Dichtheit des Gebäudes.

Der Neubau der FOS/BOS Erding wurde im März 2011 bezogen. Während der Inbetriebnahme und in der Anfangszeit wurden noch Defizite analysiert und Verbesserungsverschlüsse erarbeitet. Folgende Aspekte wurden bei laufendem Schulbetrieb optimiert bzw. werden noch optimiert:

- Die Frischluftversorgung in manchen Klassenzimmern war für die Nutzer noch nicht zufriedenstellend.
- Die Nachtlüftung hat anfangs regeltechnisch und aufgrund eines defekten Axialventilators sowie einer nicht auffahrbaren Kuppel nicht funktioniert.
- Einige CO₂-Sensoren waren anfangs defekt und mussten ausgetauscht werden.
- Der Sonnenschutz konnte nur über die Raumbedienelemente bedient werden. Ein Teil der Sonnenschutzsysteme ließ sich überhaupt nicht bedienen.
- Die Gebäudeautomation war zum Zeitpunkt des Bezugs nur in den Grundfunktionen programmiert. Eine Anzeige an der GLT war noch nicht vorhanden.

Die Gebäudetechnik sowie deren Steuerung und Regelung funktioniert und die konzeptionellen Vorgaben konnten erfolgreich umgesetzt werden. Aufgrund der komplexen Regelung und Steuerung der Gebäudetechnik ist nach der Inbetriebnahme noch Verbesserungs- und Optimierungsbedarf vorhanden. Die zweijährige Monitoringphase und die energetische Optimierung des Gebäudebetriebs haben begonnen.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Mit der Öffentlichkeit und der Präsentation soll im Wesentlichen das Bewusstsein der Klimaproblematik auf allen Ebenen verstärkt und auf Fehlentwicklungen aufmerksam gemacht werden. Dazu wurden folgende Maßnahmen umgesetzt:

- Mehrere, für die Öffentlichkeit frei zugängliche Veranstaltungen durch das Planungsteam
- Laufende Veranstaltungen mit Schülern, Eltern und insbesondere Lehrkräften in der Bauphase. Ziel: Hintergründe sowie das Energie- und Lüftungskonzept transparent zu machen sowie ressourcen- und umweltschonende Aspekte darzustellen. Außerdem Verstärkung der Akzeptanz bei den Beteiligten.
- Teilnahme von Schüler-, Eltern- und Lehrervertretern an Gesprächen des Projektteams
- Einstellung des Endberichts im Internet, Homepage der Landkreise Erding und Ebersberg mit eigenem Link zu den wesentlichen Ergebnissen des Endberichts
- Führung mit Fachleuten und Ausschüssen anderer Kommunen
- Führung von interessierten Fachingenieuren (über Bayerische Ingenieurkammer/Bayerische Architektenkammer)
- Veranstalten von Fachkonferenzen, bei denen u.a. das Konzept der FOS/BOS Erding Fachleuten vorgestellt wurde
- Publikation der Ergebnisse in Fachzeitschriften (Architektenblatt, Mitteilungsblatt der Ingenieurkammer)

Fazit

Die Zielvorgaben hinsichtlich des Passivhausstandards und Primärenergiebedarfs konnten trotz notwendiger Änderungen während der Planungs- und Bauphase eingehalten werden. Auch die Durchführung der Dichtigkeitsmessung in drei Phasen mit der Möglichkeit des Aufspürens bestehender Undichtigkeiten hat sich als sehr gut erwiesen.

Die Berechnung der Lebenszykluskosten zeigt, dass die höheren Investitionskosten im Vergleich zu einem Standardgebäude von ca. 800.000 € netto (KGR 300/400) durch die niedrigeren Versorgungskosten des Gebäudes ausgeglichen werden können.

Das gute Ergebnis ist im Wesentlichen auf eine überdurchschnittliche Präsenz und Kontrollarbeit des bauleitenden Architekten, des sehr kompetenten Heizungs- und Lüftungsbüros sowie das Einbeziehen einer energetischen Bauleitung zurückzuführen.

Durch die eingesetzten, komplexen Techniken, die für die Minimierung des Energiebedarfs notwendig sind, ist für den langfristigen Erfolg des Projektes die energetische Optimierung in der zweijährigen Monitoringphase äußerst wichtig.

Die Einbeziehung der Nutzer in die Planungs- und Bauphase durch Projektvorstellungen und Führungen hat zu einer hohen Akzeptanz dieses innovativen Bauvorhabens geführt. Insbesondere die Einbeziehung der Lehrer hat sich hierbei als sehr wichtig herausgestellt, weil sie zur positiven Einstellung zum neuen Gebäude beigetragen haben.

Das Projekt kann durch interessante technische Ansätze überzeugen: es konnte aufgezeigt werden, wie sich weitreichende Energiesparpotentiale ausschöpfen lassen. Das Projekt ist in diesem Sinne richtungweisend, was auch an den vielen Fachbesuchern deutlich wird. Durch die Darstellung des Projektes bei Fachkonferenzen wurde das Konzept der FOS/BOS Erding auch in weiten Fachkreisen bekannt. Durch die Förderung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt war es möglich, ein derart zukunftsweisendes Projekt zu realisieren.

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	13
2	Einleitung	14
3	Gebäudebeschreibung	15
3.1	Baukörper	19
3.2	Opake und transparente Bauteile	21
3.3	Wärmebrücken	23
3.4	Sommerlicher Wärmeschutz	23
4	Technikkonzept	24
4.1	Wärmeversorgung	25
4.2	Kälteerzeugung	26
4.3	Lüftungskonzept	28
4.4	Kunstlicht	35
4.5	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	35
4.5.1	Betriebsmodus Gebäude	36
4.5.2	Lüftung	36
4.5.3	Sonnenschutzsteuerung	37
4.5.4	Kunstlichtsteuerung	38
4.6	Regenwassernutzung	38
5	Planungs- und Bauverlauf	39
5.1	Abweichungen vom Planungskonzept	39
5.2	Bauverlauf	43
5.3	Blower-Door-Test	43
6	Controlling der Energiekennwerte	44
6.1	Energiekennwert Heizwärme nach PHPP	45
6.2	Primärenergiebedarf Haustechnik	49
6.3	EnEV-Nachweis	53
6.4	Überblick und Zusammenfassung	54
7	Wirtschaftlichkeits- und Nachhaltigkeitsuntersuchung	55
7.1	Ausgangslage und Aufgabenstellung	55
7.2	Projektauswertung	56
7.2.1	Kosten	56
7.2.2	Ver- und Entsorgung	56
7.2.3	Lebenszykluskosten	56
7.2.4	Ökobilanz	56
8	Inbetriebnahme (Stand August 2011)	57
8.1	Gebäudeleittechnik	57
8.2	Lüftung	58
8.3	Kühlung	60
8.4	Sonnenschutz	60
8.5	Kunstlicht	61
8.6	Einweisung Lehrer	63
8.7	Energiemanager und Hausmeister	63
8.8	Verfahrensrechtliche Überlegungen	64
9	Monitoring	68

9.1	Vorbereitungsphase und Messdatenerfassung	68
9.2	Projektbegleitende Unterstützung und Optimierung des Gebäudebetriebs	73
9.3	Evaluierung	74
10	Minimierung von Risikostoffen	77
10.1	Aufgabenstellung	77
10.2	Werkzeuge zur Risikostoffminimierungsstrategie	78
10.2.1	Ausschreibungsempfehlungen des Umweltbundesamtes (UBA) zu den „Blauen Engel“ Produkten	78
10.2.2	Die Gefahrensymbole	78
10.2.3	Giscode - Emicode	82
10.2.4	AgBB-Schema	82
10.2.5	Leitfaden des Umweltbundesamtes	84
10.3	Arbeitsmethodik und Ablauf der Maßnahme	85
10.3.1	Standardanschreiben	85
10.3.2	Arbeitsablauf	88
10.4	Ergebnis der Untersuchung	95
11	Öffentlichkeitsarbeit	97
11.1	Projektvorstellungen und Führungen	97
11.2	Fachkonferenzen	98
12	Auszeichnungen	99
13	Fazit	100
14	Literaturverzeichnis	101

15 Anlagen

15.1	Chronologie FOS/BOS Erding
15.2	Blower-Door-Prüfprotokoll
15.3	Energieausweis nach EnEV (Aushang)
15.4	Energieausweis nach EnEV
15.5	Berechnung des Heizwärmebedarfs nach Passivhaus-Projektierungspaket
15.6	Abschätzung Primärenergiebedarf Haustechnik
15.7	Kennzahlen RLT-Anlagen
15.8	Funktionsbeschreibung RLT
15.9	Liste elektrische Verbraucher
15.10	Lastzeitprofil
15.11	Lichtsteuerung
15.12	Verschattungskonzept
15.13	Dokumentation Wärmebrückenberechnung
15.14	Thermische Simulation Säureraum
15.15	Umweltpreis
15.16	Fotodokumentation Bauablauf
15.17	Presseberichte
15.18	Grundrisse, Schnitte, Ansichten FOS/BOS Erding
15.19	FOS/BOS Erding- „wie gebaut“ – Projektzusammenstellung und Ergebnisse (Autor: H. König)

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der RLT-Anlagen	28
Tabelle 2: Zahlenwerte zum Vergleich des Primärenergiebedarfs für die FOS/BOS Erding und einen geometrie- und nutzungsgleichen Standardbau	52
Tabelle 3: Zahlenwerte zum Vergleich der Einsparungen und CO ₂ -Vermeidung für die FOS/BOS Erding und einen geometrie- und nutzungsgleichen Standardbau	52
Tabelle 4: Kenngrößen unter Angabe wichtiger Randbedingungen, den Ergebnissen und der Unterschreitung zum Grenzwert bzw. zum Referenzgebäude	55
Tabelle 5: Übersicht zur für das Monitoring vorgesehenen Datenerfassung	71

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Lageplan	15
Abbildung 2:	Einbindung der FOS/BOS Erding	16
Abbildung 3:	Impressionen der Südfassade der FOS/BOS Erding	17
Abbildung 4:	Blick auf die FOS/BOS Erding von Westen	18
Abbildung 5:	Nordfassade der FOS/BOS Erding	19
Abbildung 6:	Foto des Atriums und Funktionen	20
Abbildung 7:	Foto eines Klassenzimmers	21
Abbildung 8:	Ausschnitt Südfassade	22
Abbildung 9:	Fotos einer Kuppel im Atriumdach mit integriertem Abluftventilator	23
Abbildung 10:	Darstellung Lamellenwinkel (links geschlossene Lamellen, rechts Cut-off Winkel)	24
Abbildung 11:	Anlagenschema Fernwärmeübergabe	25
Abbildung 12:	Wärmeverteilung in der Technikzentrale	26
Abbildung 13:	Anlagenschema Brunnenanlage	27
Abbildung 14:	Informatikraum	27
Abbildung 15:	Lamellenturm zur Außenluftansaugung	29
Abbildung 16:	Lüftungskonzept für den Winterfall	30
Abbildung 17:	Lüftungskonzept für den Sommerfall	31
Abbildung 18:	Einbau der Lüftungsanlage	31
Abbildung 19:	Brüstungselement mit Quellluftauslass und Wandheizelement	32
Abbildung 20:	Foto Wandheizelement des Brüstungselements (ohne Abdeckung)	32
Abbildung 21:	Foto Quellluftauslass	33
Abbildung 22:	Schematische Darstellung eines Überströmelements	33
Abbildung 23:	Foto eines Überströmelements – Einströmung im Klassenzimmer und Auslass im Flur	34
Abbildung 24:	Foto der Lichtbänder in einem Klassenzimmer	35
Abbildung 25:	Ventilatoren zur Erzeugung von Unter- bzw. Überdruck für die Durchführung des Blower-Door-Tests	44
Abbildung 26:	Auszug aus dem Passivhaus-Nachweis	48
Abbildung 27:	Spezifischer Primärenergiebedarf Haustechnik (Stand 29.05.09)	49
Abbildung 28:	Spezifischer Primärenergiebedarf Haustechnik (aktualisiert)	53
Abbildung 29:	Ausschnitt EnEV-Nachweis im Endabzug (Juli 2011)	54
Abbildung 30:	Lichtschalter in den Klassenzimmern	61
Abbildung 31:	Kunstlicht-Beleuchtung bei Tageslicht im Flur	62
Abbildung 32:	Pausenhalle	63
Abbildung 33:	Organigramm zum Monitoringkonzept.	70
Abbildung 34:	Systemgrenzen zur Gebäudebilanzierung. Energieinput und -output der zentralen Technik	75
Abbildung 35:	Übersichts-Projektzeitplan. Stand Juni 2011	76
Abbildung 36:	Gefahrenklassen des GHS	80
Abbildung 37:	Piktogramme GHS	81
Abbildung 38:	Luftbelastungen in Schulräumen	84
Abbildung 39:	Richtwerte Innenraumluft	84
Abbildung 40:	Informationskette nach REACH	87
Abbildung 41:	Stoffinventarliste	88
Abbildung 42:	Aufstellung des Untersuchungsbereichs	89
Abbildung 43:	Aufstellung der Bauprodukte	89
Abbildung 44:	Rechtskonforme Gestaltung der Ausschreibung	91
Abbildung 45:	Beispiel für die Information eines SDB	93
Abbildung 46:	Informationsprobleme	94
Abbildung 47:	Bewertung der Bauprodukte	95
Abbildung 48:	Arbeitsergebnis	95
Abbildung 49:	Rohbaubesichtigung am 15.6.2009	97
Abbildung 50:	Rohbaubesichtigung am 21.9.2009	98
Abbildung 51:	Besichtigung am 3.5.2010	98

Glossar

Bauproduktenrichtlinie (BPR)

Die Bauproduktenrichtlinie hat zum Ziel die Rechts- und Verwaltungsvorschriften der EU-Mitgliedsstaaten über Bauprodukte zu vereinheitlichen, um das „Inverkehrbringen“ zu erleichtern.

Besorgniserregende Stoffe

Die REACH-Verordnung sieht vor, dass auch die über 30.000 Altchemikalien als besorgniserregende Stoffe auf ihre Gefährlichkeit für Mensch und Umwelt überprüft werden. Besorgniserregende Stoffe können nach dem Vorschlag einer Zulassung unterworfen oder in ihrer Anwendung beschränkt werden. Die Hersteller müssen, gestaffelt nach der Menge in der ein Stoff produziert wird, Tests und Informationen zur Verfügung stellen, um das Risiko eines Stoffes zu bewerten. Wenn bemerkt wird, "dass ein besorgniserregender Stoff in Mengen von mehr als einer Tonne freigesetzt wird, muss er ab 1. Juni 2008 bei den Behörden vorangemeldet werden". Hier gelten für Importeure von Erzeugnissen ähnliche Pflichten wie für normale Hersteller oder Importeure dieser Chemikalie.

Besonders besorgniserregende Stoffe

Gemäß REACH-Verordnung muss jeder besonders besorgniserregende Stoff gemeldet werden, wenn er in Erzeugnissen in einer Konzentration von mehr als 0,1 Prozent vorkommt. Diese Pflichten zur Registrierung und zur Meldung bei der Agentur bestehen jedoch nur dann, wenn die Gesamtmenge des jeweiligen Stoffes - summiert über alle Erzeugnisse - die Mengenschwelle von einer Tonne jährlich übersteigt. Auch der Importeur (gewerbliche Käufer) muss über jene besonders besorgniserregende Stoffe informieren, die in Fertigprodukten in einer Konzentration von mehr als 0,1 Prozent enthalten sind.

Betriebsstoffe

werden für Produktionen benötigt, gehen i.d.R. aber nicht in die fertige Zubereitung oder das Erzeugnis ein.

CAS-Nummer

Um die Vielzahl der chemischen Stoffe verhältnismäßig eindeutig voneinander zu unterscheiden, wird die so genannte CAS-Nr. verwendet. CAS steht für „Chemical Abstracts Service“. Dieser Dienst ist eine Abteilung der American Chemical Society und stellt unter anderem den Registrierungsdienst für chemische Stoffe (Registry) zur Verfügung. Dieser Dienst führt derzeit über 21 Millionen Einzelstoffen, Stoffgruppen und Produkten Beschreibungen in seinen Datenbanken, die alle jeweils eine eigene CAS-Registry-No. (CAS-Nr.) besitzen.

EG-Nummer

wird – ähnlich wie die CAS-Nummer - von der Europäischen Gemeinschaft vergeben und erfasst sowohl alte (EINECS) als auch neue Stoffe (ELINCS).

EINECS-Nummer

Das EINECS-Verzeichnis (European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances) ist das Altstoffverzeichnis der Europäischen Union (EU) bzw. Europäischen Gemeinschaft (EG). Unter Altstoffen werden solche Stoffe aufgeführt, die schon vor dem 18. September 1981 innerhalb der EG auf dem Markt waren. Alle diese Stoffe sind im Europäischen Altstoffinventar - EINECS - aufgeführt. Diese Liste enthält etwa 100.000 Substanzeinträge. In diese Liste wurden alle Stoffe aufgenommen, die zum Zeitpunkt der Einführung der Ermittlungspflicht für das Gefährdungspotential chemischer Stoffe auf dem Markt waren

ELINCS-Nummer

Gemäß dem Beschluss 85/71/EWG der Kommission vom 21. Dezember 19841 erscheint das gemäß der Richtlinie 67/548/EWG² zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften über die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe (Elincs) (nachstehend "die Richtlinie") aufgestellte Verzeichnis in dieser Ausgabe des *Amtsblattes der Europäischen Union*. Dieses Verzeichnis ersetzt das vorherige Verzeichnis³ und enthält alle chemischen Stoffe, die bis zum 30. Juni 1998 gemäß Artikel 7 der Richtlinie angemeldet worden sind.

Emulgatoren

sind Hilfsstoffe, um zwei nicht miteinander mischbare Flüssigkeiten, wie zum Beispiel Öl und Wasser zu einem fein verteilten Gemisch, der so genannten Emulsion zu vermengen und zu stabilisieren.

Gefahrstoffe

Gefahrstoffe sind gefährliche Stoffe und Zubereitungen, die eine oder mehrere der folgenden Eigenschaften aufweisen (§ 3a Chemikaliengesetz, § 4 (1) Gefahrstoffverordnung):

- explosionsgefährlich
- brandfördernd
- hochentzündlich
- leichtentzündlich
- entzündlich
- sehr giftig
- giftig
- gesundheitsschädlich
- ätzend
- reizend
- sensibilisierend
- krebserzeugend
- fortpflanzungsgefährdend
- erbgutverändernd
- umweltgefährlich

Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)

Die Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen 1983 erarbeitet und 1986 erstmals erlassen. Die am 29. Dezember 2004 im Bundesgesetzblatt veröffentlichte neue Gefahrstoffverordnung trat am 1. Januar 2005 in Kraft und dient insbesondere der Umsetzung der EG-Richtlinie 98/24/EG (Gefahrstoff-Richtlinie) in deutsches Recht. Eine wichtige Neuerung gegenüber der alten Gefahrstoffverordnung ist die neue Gefährdungsbeurteilung und das Schutzstufenmodell. Mit dem Inkrafttreten der Gefahrstoffverordnung 2005 wurde ein neues gesundheitsbasiertes Grenzwertkonzept eingeführt. Daher haben die in der TRGS 900 geführten Technischen Richtkonzentrationen (TRK-Werte) keine Rechtsgrundlage mehr. Alle übrigen Grenzwerte (gesundheitsbasierte MAK-Werte) werden übergangsweise bis zum Erscheinen der neuen TRGS 900 weiter angewendet. Diese werden als AGW-Werte (Arbeitsplatzgrenzwerte) ausgewiesen.

Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (GPSG)

Das GPSG regelt die für den Verbraucher sicherheitsrelevanten Anforderungen an Produkte.

Geregelte Stoffe

Geregelte Stoffe sind als Listenstoffe in der EU-Richtlinie 67/548/EWG – Anhang I aufgelistet.

R- und S-Sätze

Risiko- und Sicherheitssätze die den Anwender, Nutzer und Konsument auf die möglichen Gefahren hinweisen sollen. Je nach Mengenanteil im Produkt sind diese R- und S-Sätze auf dem Kennzeichnungsschild und in den Sicherheitsdatenblätter (SDB) aufzuführen.

REACH

Das REACH-System (**R**egistration, **E**valuation and **A**uthorisation of **C**hemicals - Registrierung, Bewertung und Zulassung chemischer Stoffe) soll zukünftig mehr als 40 Richtlinien und Verordnungen im Rahmen des Chemikalienrechts der Bundesrepublik Deutschland ersetzen. In allen anderen Mitgliedsstaaten der EU wird die Verordnung - als direkt wirkendes Recht - ebenso gelten. Das REACH-System verlangt vom jeweiligen Inverkehrbringer (Hersteller, Importeur), dass er für die Sicherheit seiner Chemikalien insoweit selber verantwortlich ist, dass er die zur Bewertung dafür notwendigen Daten auch selber beschafft (Beweislastumkehr). Registrierungspflichtig und damit vom REACH-System grundsätzlich erfasst sind Chemikalien, die ab einer Tonne pro Jahr produziert werden.

TRGS Technische Regeln für Gefahrstoffe

Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene sowie sonstige gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, einschließlich deren Einstufung und Kennzeichnung, wieder. Sie werden vom **Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS)** aufgestellt und von ihm der Entwicklung entsprechend angepasst. Die TRGS werden vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit im Bundesarbeitsblatt bekannt gegeben.

Zusatzstoffe

Werden auch als Additive bezeichnet und sind Bestandteile von Produkten mit geringem Mengenanteil, um bestimmte Eigenschaften zu erreichen oder zu verbessern. Zusatzstoffe/Additive sollen einen positiven Einfluss auf den Herstellungsprozess, die Lagerung, die Verarbeitung und die Produkteigenschaften während und nach der Gebrauchsphase haben.

Abkürzungsverzeichnis

EnEV Energieeinsparverordnung

GLT Gebäudeleittechnik

LEE „Leitfaden Elektrische Energie im Hochbau“ wurde im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten erstellt.

PHPP PassivhausProjektierungsPaket ist ein Tool zur Berechnung und zum Nachweis von Passivhäusern und wurde vom Passivhaus-Institut Darmstadt erstellt.

1 Zusammenfassung

Mit dem Neubau der FOS/BOS in Erding wurde ein nachhaltiges Passivhaus mit extrem niedrigem Gesamt-Primärenergiebedarf errichtet. Erarbeitet wurde das richtungsweisende Energie- und Nachhaltigkeitskonzept von der kplan® Aktiengesellschaft für Projektentwicklung und Gesamtplanung und der Ingenieurgemeinschaft ip5 im Rahmen der Entwurfs- und Ausführungsplanung. Die Konzepte wurden gemeinsam mit den Ingenieurbüros Baumann (HLS) und Wieder (ELT) entwickelt und durch diese planerisch ausgearbeitet und umgesetzt. Für die Förderung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) musste im Rahmen der Bauausführung sichergestellt und dokumentiert werden, dass die energetische Qualität des erstellten Gebäudes auch dem geplanten Standard entspricht. Für die Einhaltung der geforderten Kennwerte wurde ein energetisches Controlling während der Bauphase eingerichtet, mit dem die Ingenieurbüro Hausladen GmbH beauftragt wurde.

Abweichungen von der Planung während der Bauphase hätten ohne dieses Controlling Verschlechterungen der Energiekennwerte zur Folge gehabt. Dies konnte durch entsprechende Kompensationsmaßnahmen verhindert werden. Das Gebäude erfüllt somit die hohen geforderten Energiekennwerte.

Um die Zielvorgabe für die FOS/BOS Erding der Errichtung eines nachhaltigen Baus in Passivhausbauweise zu gewährleisten, wurde der Jahresheizwärmebedarf nach Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP) 2007 berechnet. Der Heizwärmebedarf eines Passivhauses darf 15 kWh im Jahr bezogen auf die Energiebezugsfläche nicht überschreiten. Die Fortführung der Passivhausberechnung ergab einen spezifischen Heizwärmebedarf von 10 kWh/m² im Jahr. Während der Bauphase lag der Heizwärmebedarf lange Zeit um die 15 kWh/m² und die konzipierte, hohe wärmetechnische Qualität der Gebäudehülle konnte ohne Abstriche in der Bauphase realisiert werden. Die Reduktion von 15 kWh/m² auf 10 kWh/m² ergab sich durch die extrem dichte Gebäudehülle (Ergebnis des Blower-Door-Tests) und einer Anpassung der Randbedingungen bei der Berechnung der Lüftungswärmeverluste. Hierbei wurden die Schließzeiten der Schule berücksichtigt.

Der jährliche Primärenergiebedarf für die Haustechnik der FOS/BOS Erding wurde über ein an den „Leitfaden elektrische Energie im Hochbau“ des Landes Hessen angelehntes tabellarisches Berechnungsverfahren abgeschätzt und mit den entsprechenden Werten eines in Geometrie und Nutzung gleichen, aber mit Standardtechnologien erstellten Gebäudes verglichen. Hierbei ergab sich eine Unterschreitung des Primärenergiebedarfs um 60%.

Für den Neubau der FOS/BOS Erding wurde des Weiteren ein bedarfsorientierter Energieausweis nach Energieeinsparverordnung 2007 erstellt. Die Anforderung an den Jahres-Primärenergiebedarf wurde hierbei um 68 %, die des spezifischen Transmissionswärmeverlustes um 81 % unterschritten.

Auch die Durchführung des Dichtheitsmessung (Blower-Door-Test) in drei Phasen mit der Möglichkeit des Aufspürens von noch bestehenden Undichtigkeiten hat sich als sehr gut erwiesen: Die endgültige Messung ergab eine hervorragende Dichtheit des Gebäudes: Der Luftwechsel bei einem Druck von 50 Pa lag bei nur 0,17 pro Stunde (Vorgabe Passivhaus 0,6 1/h).

Der Neubau der FOS/BOS Erding wurde im März 2011 bezogen. Während der Inbetriebnahme und in der Anfangszeit wurden noch Defizite analysiert und Verbesserungsverschlüsse erarbeitet.

Im Hinblick auf Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit eingesetzter Produkte wurden für einen, auf bestimmte Innenräume begrenzten, Bauproduktnachweis in der geplanten Berufsschule in Erding wurden Informationen für die Ausschreibung, die Auswahl und Dokumentation systematisch erhoben. Im Zeitraum September 2009 – November 2010 die notwendigen Arbeitsschritte durchgeführt: In der Planungsphase wurden die Ausschreibungstexte vorbereitet. Nach Auswahl der ausführenden Firmen wurden diese um entsprechende Informationen zu den eingesetzten Produkten gebeten. Die erhaltenen

Produktunterlagen wurden auf potenzielle Risikostoffe geprüft. Bei Problemen wurden die Firmen aufgefordert entsprechende Substitutionen vorzunehmen. Insgesamt wurden 60 Einzelmaterialien von 9 Unternehmen in die Prüfung einbezogen.

Die Messdatenerfassung erfolgt mit Hilfe entsprechend ergänzter Sensorik. Etwa 800 Datenpunkte werden minütlich erfasst. In der nun anschließenden zweijährigen Monitoringphase sollen eine energetische Optimierung sowie eine anschließende Evaluierung im optimierten Betrieb durchgeführt werden.

Schüler, Lehrer und Öffentlichkeit konnten durch regelmäßige Projektvorstellungen und Führungen durch das Gebäude in das Bauvorhaben eingebunden werden. Dadurch wurde auch viel in der Presse über das Projekt berichtet. Bei Fachkonferenzen wurden Fachleuten über das innovative Konzept informiert.

Das Projekt wurde von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert.

2 Einleitung

In einem ersten Abschlussbericht wurde das Konzept für die Erstellung der FOS/BOS Erding in Passivhausbauweise und mit den extrem hohen Anforderungen an einen sehr niedrigen Primärenergieverbrauch im erläutert [ABS 2008]. [In diesem Schlussbericht wird die Bauphase und Inbetriebnahme dokumentiert \(Stand August 2011\), wobei in den einleitenden Kapiteln eine Einführung in das Konzept gegeben wird. Das Kapitel 7 „Wirtschaftlichkeits- und Nachhaltigkeitsuntersuchung“ des realisierten Gebäudes, wurde im März 2014 ergänzt.](#)

Die FOS/ BOS Erding wurde am Berufsschulzentrum an der Freisinger Straße in Erding gebaut und wurde im März 2011 in Betrieb genommen. In der FOS/ BOS Erding sind zurzeit 68 Lehrer und Mitarbeiter sowie 750 Schüler untergebracht.

Das vorliegende Projekt hat sich von vorne herein der Maßgabe zur Realisierung eines extrem niedrigen Primärenergiebedarfs und -verbrauchs und der Reduktion von Umweltbelastungen während der gesamten Lebenszeit unterworfen. Das Ziel bestand in der Errichtung eines Schulgebäudes in Passivhausbauweise und der Erfüllung aller entsprechenden anspruchsvollen bauphysikalischen und haustechnischen Anforderungen, reduzierter Haustechnik unter Einbeziehung innovativer hybrider Lüftungs- und Kühlungskonzepte sowie Umweltkälte. Ein weiteres Ziel ist der außergewöhnlich niedrige Primärenergiebedarf für das gesamte Gebäude sowie eine optimierte Tageslichtnutzung bei gleichzeitig gutem sommerlichen Wärmeschutz und einem wesentlich erhöhten Nutzungskomfort. Die Restwärmeversorgung wird durch eine Anbindung an den Rücklauf der benachbarten Gastronomie-Berufsschule gewährleistet.

Die Erarbeitung des architektonischen und haustechnischen Konzepts wurde im Abschlussbericht dargestellt [ABS 2008]. In den Kapiteln 3 und 4 des vorliegenden Berichts werden diese zur besseren Verständlichkeit des vorliegenden Berichts nochmals kurz erläutert. Im Abschlussbericht von 2008 wurden die energetischen Kenngrößen Heizwärmebedarf nach PHPP und Primärenergiebedarf für die Haustechnik in Anlehnung an den „Leitfaden Elektrische Energie im Hochbau“ (LEE) zur Überprüfung der Energieeffizienz ausgewählt und ermittelt. Als weitere energetische Kenngrößen dienten die Ergebnisse der Berechnungen nach EnEV 2007 in Verbindung mit der DIN V 18599 für den öffentlich-rechtlichen Nachweis. Diese Kenngrößen wurden während der Ausführungs- und Bauphase aktualisiert. Die Änderungen im Vergleich zum Abschlussbericht werden im Kapitel 6 dargestellt.

Andere im Abschlussbericht dargestellte Untersuchungen wie die durchgeführte Simulationen zur Effizienzanalyse der Nachtlüftung sowie die Nachhaltigkeitsuntersuchungen mittels detaillierter Lebenszyklus-Analyse mit der Software LEGEP wurden nicht fortgeführt.

In dem vorliegenden Bericht werden darüber hinaus Themen behandelt, die während der Vergabe, Bauausführung und Inbetriebnahme, also nach Fertigstellung des Abschlussberichts, aktuell wurden:

Hierzu zählen neben einer Zusammenfassung wichtiger Aspekte des Bauverlaufs und der Inbetriebnahme die Minimierung von Risikostoffen im Innenausbau durch Beschaffung umfassender Produktinformationen, damit Gefahrenpotenziale frühzeitig erkannt und ausgeschlossen werden können (s. Kapitel 10). Auch wurden Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen durchgeführt, die im Kapitel 7 dargestellt sind.

Des Weiteren konnte die Konzepterstellung und Durchführung eines Monitorings in Angriff genommen werden, das vom Zentrum für angewandte Energieforschung (ZAE) bearbeitet wird. Eine Einführung in diese begonnene Arbeit gibt Kapitel 9.

3 Gebäudebeschreibung

Die FOS/ BOS Erding wurde am Berufsschulzentrum an der Freisinger Straße in Erding gebaut und bildet zusammen mit der bestehenden Berufsschule und der Kreismusikschule einen städtebaulich zusammenhängenden Komplex. Den Lageplan zeigt Abbildung 1.

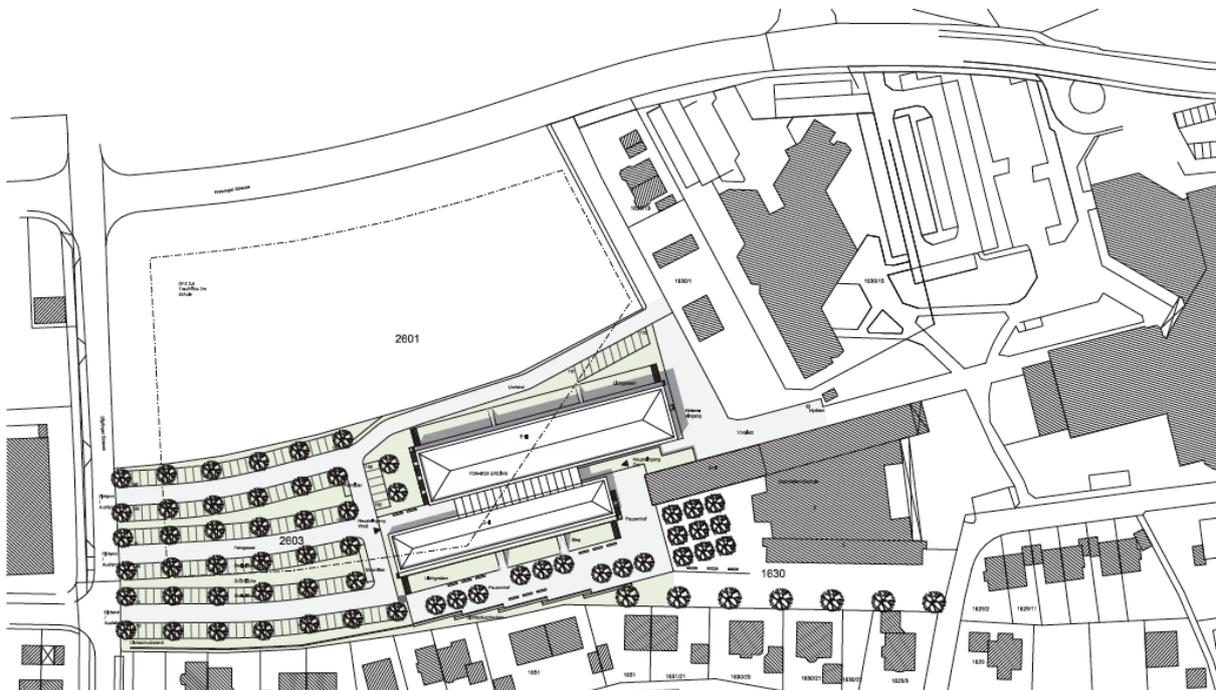


Abbildung 1: Lageplan

In Abbildung 2 sind Fotos zusammengestellt, welche die Einbindung der FOS/BOS Erding in das östlich gelegene Berufsschulzentrum zeigen. Das gelbe Gebäude ist Bestandteil des Berufsschulzentrums.



Abbildung 2: Einbindung der FOS/BOS Erding

Abbildung 3 zeigt Fotos der fertiggestellten Südfassade.

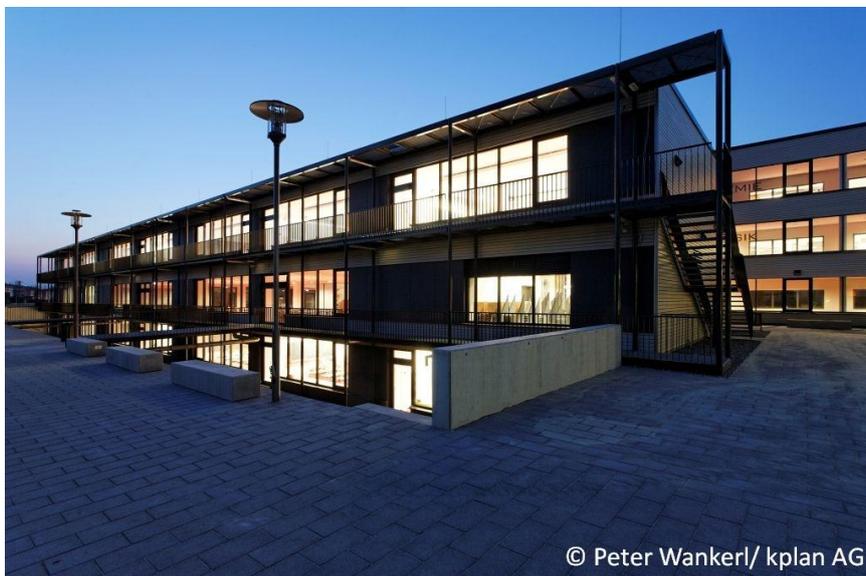


Abbildung 3: Impressionen der Südfassade der FOS/BOS Erding

Abbildung 4 zeigt den Blick auf die Fassade von Westen

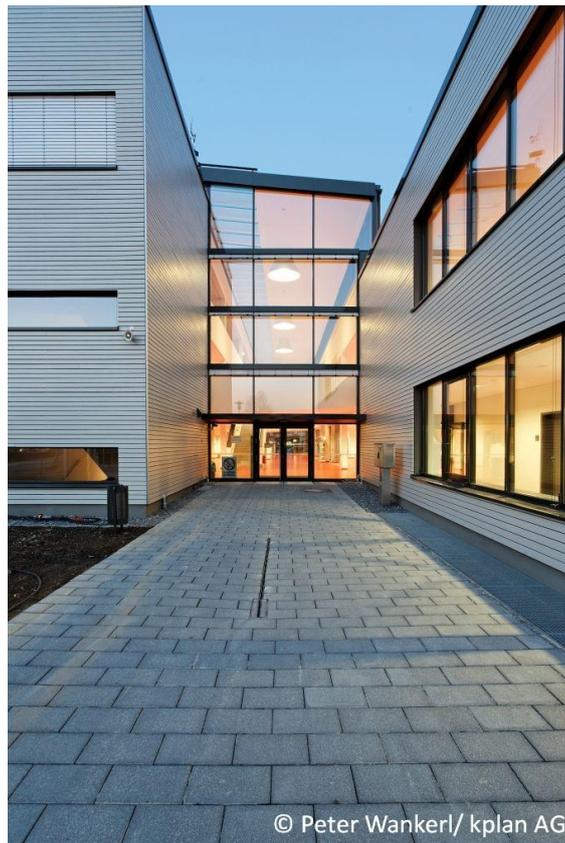


Abbildung 4: Blick auf die FOS/BOS Erding von Westen

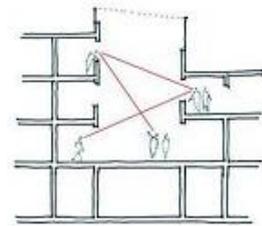
In Abbildung 5 ist die Nordfassade zu sehen.



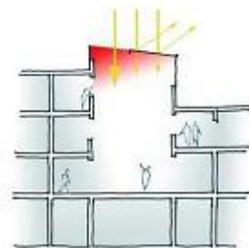
Abbildung 5: Nordfassade der FOS/BOS Erding

3.1 Baukörper

Der Neubau beinhaltet ein Raumprogramm mit 25 Klassenräumen und den dazugehörigen Fachgruppen- und Mehrzweckräumen. Außerdem wurden Verwaltungs- und Nebenräume sowie eine ca. 500 Quadratmeter große Pausenhalle verwirklicht. Die Nettogrundfläche beträgt insgesamt ca. 7.640 m². Der Baukörper der neu errichteten FOS/BOS Erding ist im Norden 3-geschoßig und im Süden 2-geschoßig. Die beiden Gebäudeteile werden über eine transparente Eingangshalle (Atrium) verbunden. Die Funktionen des Atriums sind in Abbildung 6 erkenntlich.



Blickbeziehung



Minimierter Wärmeeintrag im Sommer durch teilweise opakes Dach

Abbildung 6: Foto des Atriums und Funktionen

Das Innere des Gebäudes ist einfach strukturiert. Die Flure der beiden Hauptbaukörper legen sich an die zentrale Halle an. So werden die Nutzer auf einfache Weise zu den verschiedenen Klassen und Räumen geführt.

Die Innenräume sind mit weiß bestrichenen Wände (Beton, gespachtelt und gestrichen) hell gehalten. Akustikelemente sind partiell an Decke und Wand angebracht. So können die Betondecken und -wände gleichzeitig als Speichermasse wirksam werden.

Der Boden ist in dunkelrotem Linoleum gehalten. Für die Möblierung wurden helle Farben gewählt (s. Abbildung 7).



Abbildung 7: Foto eines Klassenzimmers

In der Anlage 15.18 sind Grundrisse, Schnitte und Ansichten der FOS/BOS Erding dargestellt.

3.2 Opake und transparente Bauteile

Die thermische Hülle der FOS/BOS Erding umschließt das gesamte Gebäude, d.h. die Dämmebene verläuft durchgehend an der äußeren Hüllfläche. Nachfolgend werden zunächst die Aufbauten der opaken Bauteile beschrieben. Hintergründe zur Konstruktions- und Materialauswahl sind dem [ABS2008] Kapitel 3.1. zu entnehmen.

Die Außenwand ist aufgebaut aus innenseitig verputztem Stahlbeton (25 cm), einer 28 cm starken Wärmedämmung aus Mineralwolle (Wärmeleitfähigkeit 0,032 W/mK) und einer hinterlüfteten Holzverschalung (U-Wert Außenwand 0,13 W/(m²K)).

Das Flachdach über dem Nord- und Südflügel wird als Warmdach mit einer mittleren Dicke von 36 cm Wärmedämmung (incl. Gefälledämmung) aus EPS (Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/mK) auf 30 cm dickem Stahlbeton ausgeführt, was zu einem U-Wert von 0,10 W/(m²K) führt.

Die Bodenplatte ist mit einer 20 cm dicken XPS-Perimeterdämmung (Wärmeleitfähigkeit 0,038 W/mK) unterhalb der 40 cm starken Stahlbetonschicht gedämmt (U-Wert 0,18 W/(m²K)).

An Erdreich grenzende Außenwand an der Nord- und Südfassade, schließt nach einer zweilagigen 22 cm dicken XPS-Dämmung (Wärmeleitfähigkeit 0,038 bzw. 0,039 W/mK) (U-Wert 0,17 W/(m²K) bzw. an den Giebelseiten 28 cm XPS-Dämmung (Wärmeleitfähigkeit 0,039 W/mK) mit einer Bitumenabdichtung ab (0,13 W/(m²K)).

Über dem Atrium ist das Dach nur mit 28 cm Mineralwolle (Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/mK) gedämmt, was zu einem U-Wert von 0,16 W/(m²K) führt. Der Aufbau besteht, von innen nach außen gesehen, aus Gipskartonplatte, Dampfbremse, Dämmung und Holzverschalung mit Dachabdichtung.

Die Bauteilaufbauten sind auch der PHPP-Dokumentation „U-Werte der Bauteile“ in der Anlage 15.5 zu entnehmen.

Die eingesetzten transparenten Bauteile sind größtenteils als durchlaufende Fensterbänder ausgeführt. Es werden Fensterelemente in Pfosten-Riegel-Konstruktion (Raico Therm+ 50 A-V Isobloc P, Einsetzelemente Raico Frame + 75 W-I) eingesetzt. Der U-Wert des Rahmens liegt bei den meisten Konstruktionen bei $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Der eingesetzte Glas-Randverbund (Swisspacer V) weist einen Wärmebrücken-Verlust-Koeffizienten (Ψ – Wert) von $0,034 \text{ W}/\text{mK}$ auf. Der Randverbund zwischen Pfosten-Riegel-Konstruktion und Einsetzelement wurde mit einem Kunststoffeinsatzelement ausgeführt und liegt damit bei einem Ψ – Wert von $0,05 \text{ W}/\text{mK}$.

Die eingesetzte Dreischeibenwärmeschutzverglasung mit Argonfüllung weist einen U_g -Wert von $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und einen g -Wert von $0,52$ auf. Es wurde eine Berechnung der U_{cw} -Werte von der Firma Raico (18.9.2009) durchgeführt. Diese Berechnung musste noch an Änderungen während der Bauphase angepasst werden (s. Kapitel 5.2). Letztlich ergab sich ein U_{cw} -Wert von $0,82 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Inklusiv der Fenstereinbauwärmehücken, die bei der PHPP-Berechnung berücksichtigt werden, errechnet sich ein $U_{W, \text{eingebaut}}$ -Wert von $0,86 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Abbildung 8 zeigt einen Ausschnitt aus der Südfassade.



Abbildung 8: Ausschnitt Südfassade

Die im Atriumdach integrierten vier transparenten Dachkuppeln weisen einen U-Wert für die Kuppel von $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und für den Kranz von $1,07 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auf. In Abbildung 9 zeigt Fotos einer Kuppel im Atriumdach, in die ein Axialventilator integriert.



Abbildung 9: Fotos einer Kuppel im Atriumdach mit integriertem Abluftventilator

3.3 Wärmebrücken

Dem Abschlussbericht [ABS2008] kann entnommen werden, dass die Baukonstruktion als wärmebrückenfrei angesehen werden kann. Durch Untersuchungen und Berechnungen konnten wärmebrückenfreie bzw. –minimierte Lösungen für kritische Stellen eruiert werden. So wurden die Fluchtbalkone als eigenständige, selbsttragende Stahlkonstruktion ausgeführt, so dass die Dämmschicht nicht unterbrochen wird. Die Befestigung der Außenverkleidung konnte durch eine Holzkonstruktion bauphysikalisch optimiert werden.

Im Hinblick auf die Reduktion der Fenster-Einbauwärmebrücken wurden während der Bauphase vom Ingenieurbüro Hausladen Wärmebrückenberechnungen zur Optimierung durchgeführt: In der Montageplanung war zunächst ein umlaufender Metallwinkel zur Befestigung der Pfostenriegelkonstruktion an der Betonwand vorgesehen gewesen. Über die Wärmebrückenberechnungen konnten die Einsparungen durch eine punktuelle Befestigung mit thermisch getrennten Befestigungswinkeln aufgezeigt werden (s. Anlage 15.13).

Es wurde ein Fassadenmuster-element ausgeschrieben, ausgeführt und mit allen Anschlüssen erstellt, die Anschlüsse und die Arbeitsschritte wurden daraufhin optimiert

3.4 Sommerlicher Wärmeschutz

Durch den hohen Dämmstandard wird es gerade in den heißen Sommermonaten sehr wichtig, die Solarlasten auf ein Minimum zu reduzieren. Das Konzept für den Sommerlichen Wärmeschutz basiert auf verschiedenen Säulen:

- Gerade im Schulbau mit den hohen Wärmelasten durch die Vielzahl der Schüler ist es wichtig, die Baumasse gerade im Sommer zur Gewährleistung eines angenehmen Raumklimas auszunutzen. So unterstützt die massive Bauweise mit Stahlbetondecken als Speichermasse Temperaturspitzen abzumildern.
- Dem Sonnenschutz kommt beim Bau eines Passivhauses eine wichtige Bedeutung zu. Aus diesem Grund wurde an den Fassaden ein über die Gebäudeleittechnik steuerbarer außenliegender Lamellensonnenschutz integriert. Während den Nutzungszeiten werden die Behänge und der Lamellenwinkel automatisch in Abhängigkeit der Sonneneinstrah-

lung im Cut-off Winkel gesteuert. Im Cut-off Winkel wird die Neigung der Lamellen dem Sonnenhöhenwinkel nachgefahren. Die Lamellenstellung wird so gewählt, dass die direkte Sonneneinstrahlung gerade noch ausgeblendet wird. So wird eine Blendung der Nutzer verhindert und trotzdem eine gute Tageslichtversorgung durch die diffuse Einstrahlung ermöglicht. Für den Überhitzungsschutz im Sommer außerhalb der Nutzungszeiten wird empfohlen, den Sonnenschutz tagsüber komplett zu schließen (d.h. vor bzw. nach Schulbetrieb, Wochenende, Ferien, Feiertage). Hierbei werden an allen Fassaden die Behänge herabgefahren und die Lamellen komplett geschlossen.

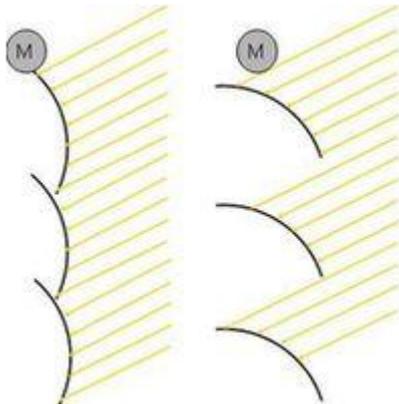


Abbildung 10: Darstellung Lamellenwinkel (links geschlossene Lamellen, rechts Cut-off Winkel)

- Im Atriumdach befindet sich ein außenliegender Acrylbehang mit Gegenzuganlage. Die südorientierten Flächen im Atriumdach erhalten einen Lamellensonnenschutz. Bei den nordorientierten Flächen im Atriumdach wurde auf einen Sonnenschutz verzichtet, da sich hier die RWA-Öffnungen befinden.
- Durch die mechanisch unterstützte Nachtauskühlung sollen die sommerlichen Empfindungstemperaturen in den Klassenräumen fast immer unter einem Wert von 28 °C gehalten werden. Die Nachtauskühlung erfolgt durch das Durchströmen des Gebäudes mit kalter Außenluft. Durch den von den Axialventilatoren im Atriumdach erzeugten Sog strömt die Außenluft von über die GLT offenbaren Oberlichtern der Klassenzimmer ein. Simulationsrechnungen zeigten, dass in vielen Räumen ohne Ergreifung besonderer Maßnahmen sehr hohe sommerliche Empfindungstemperaturen auftreten können. Diese werden mit geringem Aufwand und sehr niedrigem Energieeinsatz über die mechanisch unterstützte Nachtlüftung drastisch abgesenkt [ABS2008].
- Die aktive Kühlung, die über Zuluftkühlung bzw. in die Informatikräume zusätzlich über Kühldecken eingebracht wird, konnte durch eine extrem energiesparende Brunnenwasserkühlung realisiert werden. Auch der Serverraum wird mittels über die Brunnenkühlung mit Kälte versorgt.

4 Technikkonzept

Die Umsetzung des Beschlusses, das Gebäude in Passivhausbauweise zu errichten, bedarf, einer kompakten Bauweise, eines hohen Dämmstandards, einer durch einen Blower-Door-

Test nachzuweisenden hervorragenden Gebäudedichtigkeit sowie einer flächendeckenden mechanischen Lüftung mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung.

Alle energierelevanten Verbraucher müssen in ihrem jeweiligen Bereich Bestwerte aufweisen. Der sehr niedrige Primärenergiebedarf des Gebäudes darf jedoch nicht zu Lasten des angestrebten hohen Nutzungskomforts gehen.

4.1 Wärmeversorgung

Die Raumheizung des Gebäudes wurde auf eine Heizungsvorlauftemperatur von 50 °C ausgelegt. Dadurch wurde es möglich, dass das Gebäude nicht über den Fernwärmeverlauf, sondern über den Rücklauf der Gastro-Berufsschule beheizt werden kann. Dadurch wird der Fernwärmerücklauf zusätzlich abgekühlt. Dies führt zu einer Wirkungsgradsteigerung bei der Fernwärme. Es wird davon ausgegangen, dass die Nutzung des Rücklaufs nahezu immer möglich sein wird, da der Heizungsrücklauf der Berufsschule der erforderlichen Heizungsvorlauftemperatur der Passivhausschule entspricht. Sollte der Rücklauf dennoch unter die gewünschte Heizwassertemperatur fallen, wird über den Vorlauf der bestehenden Fernwärmeleitung über ein 3-Wege-Mischventil zugeheizt. Abbildung 11 zeigt das ausgeführte Schema der Fernwärmeanbindung.

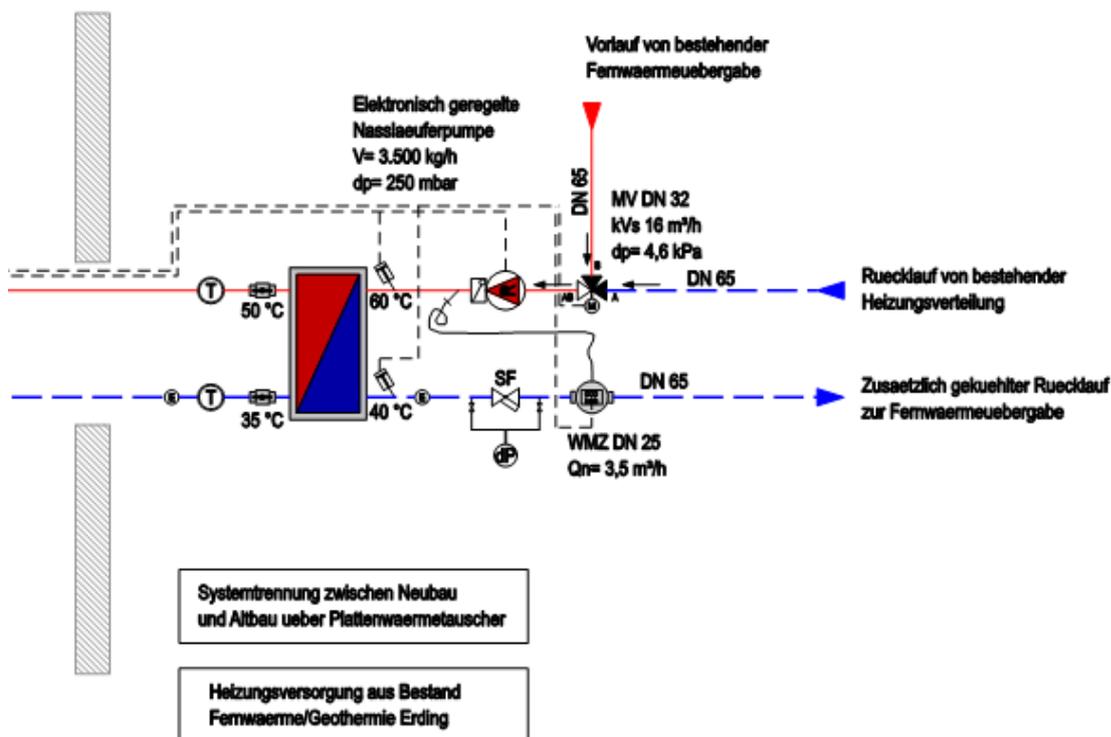


Abbildung 11: Anlagenschema Fernwärmeübergabe

Abbildung 12 zeigt die Wärmeverteilung in der Technikzentrale.



Abbildung 12: Wärmeverteilung in der Technikzentrale

Die Wärmeverteilung erfolgt über Wandheizelemente an der Fassade, da das Heizen mit einem wasserführenden System günstiger ist als über die raumluftechnische Anlage.

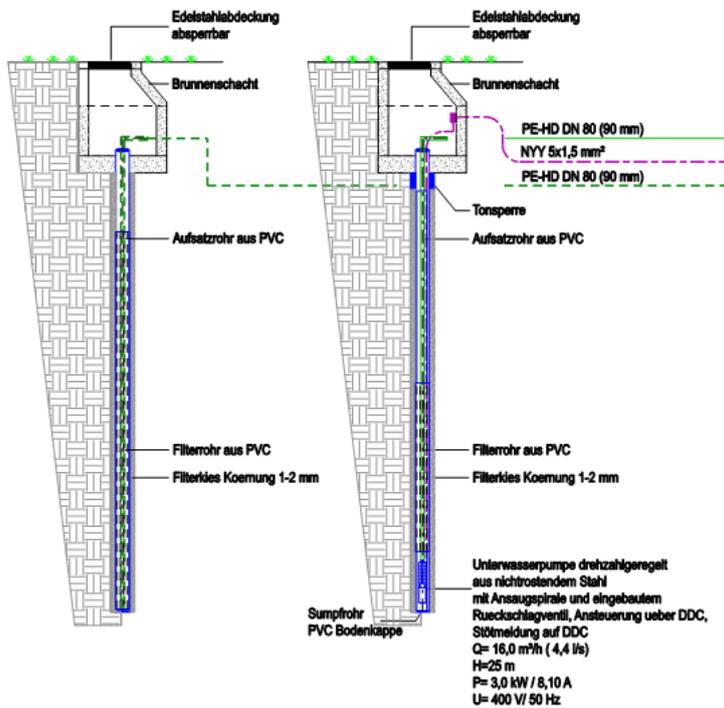
Die hierfür eingesetzten Brüstungselemente werden in Kapitel 4.3 erläutert.

4.2 Kälteerzeugung

Die Kühlung erfolgt über einen Grundwasserförderbrunnen und einen Schluckbrunnen. Die Grundwassertemperatur beträgt in den Sommermonaten 10 bis 12°C. Die Grundwassernutzung zu thermischen Zwecken wurde mit der Auflage gemäß Wasserhaushaltsgesetz genehmigt, dass die Temperaturdifferenz des rückgespeisten Grundwassers nicht mehr als 5 K im Vergleich zur Entnahmetemperatur betragen darf. Abbildung 13 zeigt das ausgeführte Schema der Brunnenanlage.

SCHLUCKBRUNNEN
Q= 16,0 m³/h

FOERDERBRUNNEN
Q= 16,0 m³/h



Quelle: IB Baumann GmbH

Abbildung 13: Anlagenschema Brunnenanlage

Die Kälteübergabe erfolgt mittels eines Plattenwärmetauschers mit einer Kälteleistung von 90 kW. Der Kälteeintrag erfolgt über Zuluftkühlung und zusätzlich über Kühldecken in den Informatikräumen sowie über Umluftkühlung im Serverraum.

Abbildung 14 zeigt einen Informatikraum mit Kühldecke.



Abbildung 14: Informatikraum

4.3 Lüftungskonzept

Die Umsetzung des Lüftungskonzepts erfolgt durch verschiedene raumluftechnische Anlagen. Eine Übersicht über die RLT-Anlagen gibt Tabelle 1. In der Anlagen 15.7 findet sich zudem eine Zusammenstellung der wichtigsten Kenngrößen der RLT-Anlagen.

Tabelle 1: Übersicht der RLT-Anlagen

RLT-Anlage	Volumenstrom m³/h	Art der Wärmerückgewinnung
RLT 1.0 Nord	8.900	Rotationswärmetauscher
RLT 2.0 Süd	6.100	Rotationswärmetauscher
RLT 3.0 Innenliegende Räume	1.530	Rotationswärmetauscher
RLT 4.0 Nachtlüftung/Freie Kühlung	22.500 (NL)/15.000 (FK)	nur Dachventilatoren ohne WRG
RLT 5.0 Event	8.000	Rotationswärmetauscher
RLT 7.0 Küche	7.000	Kreuzstromwärmetauscher
RLT 8.0 Sonderabluft Gefahrgutschränke	89	keine WRG
RLT 9.0/9.1 Sonderabluft Digestorien	2*550	keine WRG
RLT 10.0 Sonderabluft Sicherheitsbeleuchtung	20	keine WRG

Die flächendeckende mechanische Lüftungsanlage sorgt für eine gleichbleibend gute Luftqualität. Abbildung 15 zeigt den Turm zur Außenluftansaugung der FOS/BOS Erding.



Abbildung 15: Lamellenturm zur Außenluftansaugung

Im Winterfall wird die angesaugte Außenluft über das Lüftungsgerät mit Rotationswärmetauscher mit Wärme- und Feuchterückgewinnung (Wärmebereitstellungsgrad 80 %) zu den Zulufräumen geführt. Die Abluft wird über Überströmelemente in die Nebenräume und anschließend ins Atrium geführt, welches als Abluftplenum genutzt wird, aus dem an wenigen Stellen die verbrauchte Luft abgesaugt wird. Das Abluftrohrnetz beginnt somit erst bei der Absaugöffnung in der Nähe des Atriumdaches und ist somit gegenüber einer konventionellen Luftführung reduziert.

Folgende Abbildung zeigt die Luftführung im Winterfall.

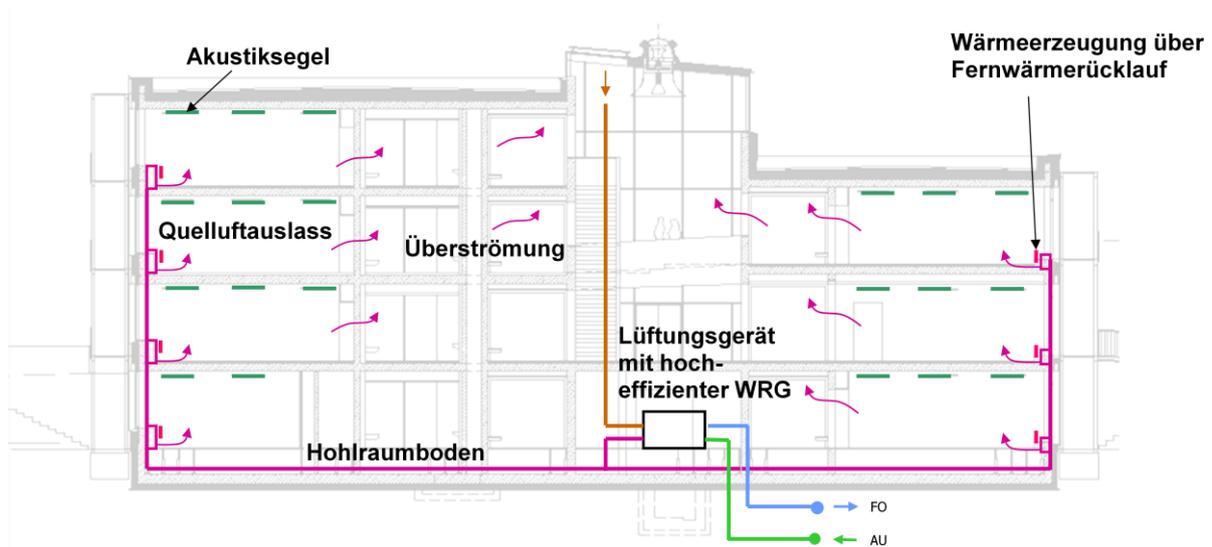


Abbildung 16: Lüftungskonzept für den Winterfall

Die Auslegung der Lüftungsgeräte erfolgte auf $20 \text{ m}^3/\text{h}$ pro Person bei einer Belegung von 750 Personen. Bei der Auslegung der Lüftungsanlagen wurde auf einen geringen Strombedarf geachtet. Dies wurde durch eine großzügige Dimensionierung der Kanäle und Lüftungsgeräte (minimierte Druckverluste durch geringe Strömungsgeschwindigkeiten) und hocheffiziente Ventilatoren erreicht. Die Stromeffizienz der RLT Nord beträgt $0,50 \text{ Wh}/\text{m}^3$, die der RLT Süd $0,48 \text{ Wh}/\text{m}^3$ für Zu- und Abluft. Zum Vergleich der Referenzwert der EnEV 2009 liegt bei $0,69 \text{ Wh}/\text{m}^3$ für Zu- und Abluft.

Die Zuluft wird über Quellluftauslässe eingebracht. Bei der Quelllüftung entsteht ein Frischluftsee am Boden des Klassenzimmers. Die frische Luft steigt an den Personen auf, wodurch eine höhere Luftqualität erreicht wird.

Die Auslegung der Lüftungsgeräte RLT Nord und Süd erfolgte auf die Schüleranzahl von 750 Schülern. Die Luftauslässe in den einzelnen Klassenzimmern wurden auf 20 m^3 pro Stunde und Person ausgelegt. Dies entspricht $660 \text{ m}^3/\text{h}$ pro Klassenzimmer. Bei Vollbelegung aller Räume, die mit den RLT-Anlagen Süd und Nord versorgt werden, wären dies insgesamt $34.600 \text{ m}^3/\text{h}$ Luftmenge. Aufgrund der Auslegung auf Basis der Schülerzahl wurden die beiden RLT Anlagen auf nur insgesamt $15.000 \text{ m}^3/\text{h}$ ausgelegt. Somit wurde davon ausgegangen, dass nie alle Räume gleichzeitig belegt sind.

Hohe sommerliche Empfindungstemperaturen werden mit geringem Aufwand und sehr niedrigem Energieeinsatz über eine mechanisch unterstützte Nachtlüftung abgesenkt. Eine Minimierung des Ventilatorstrombedarfs wird durch die Axialventilatoren im Atrium erreicht: Tagsüber, wenn keine Wärmerückgewinnung mehr erforderlich ist, schaltet sich der Abluftventilator im Lüftungsgerät ab. Stattdessen wird die Abluft über die Axialventilatoren direkt nach draußen transportiert. Dadurch passiert die Luft kein Rohrnetz mehr, sondern strömt druckverlustarm durch Räume und Öffnungen. Auch die Nachtlüftung verursacht nur einen geringen Strombedarf, da bei der Nachtlüftung nur die Axialventilatoren in Betrieb sind. Die Zuluft strömt über geöffnete Lüftungsklappen in der Fassade nach.

Die Quelllüftung erfordert eine definierte Zulufttemperatur und somit im Sommer eine Zuluftankühlung. Diese wird durch diese wird durch die energiesparende Brunnenwasserkühlung realisiert. Abbildung 17 zeigt die Luftführung im Sommerfall.

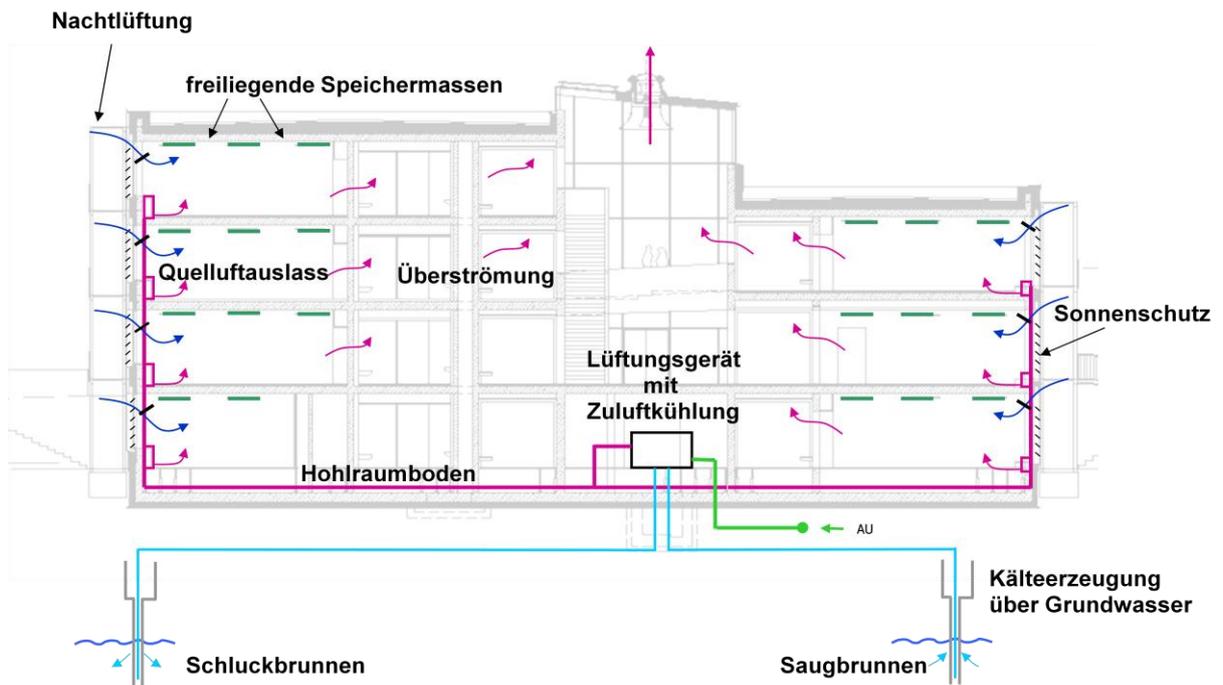


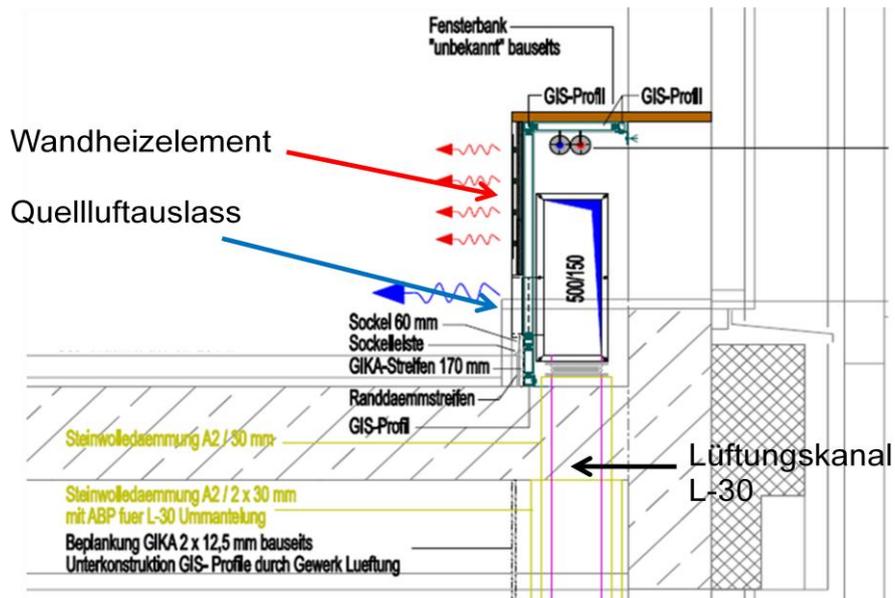
Abbildung 17: Lüftungskonzept für den Sommerfall

Abbildung 18 zeigt ein Lüftungsgerät der FOS/BOS Erding bevor es an das Lüftungskanalnetz angeschlossen wurde.



Abbildung 18: Einbau der Lüftungsanlage

Abbildung 19, Abbildung 20 und Abbildung 21 zeigen das eingesetzte mit Quellluftauslass und Wandheizelement.



Quelle: IB Baumann GmbH

Abbildung 19: Brüstungselement mit Quellluftauslass und Wandheizelement



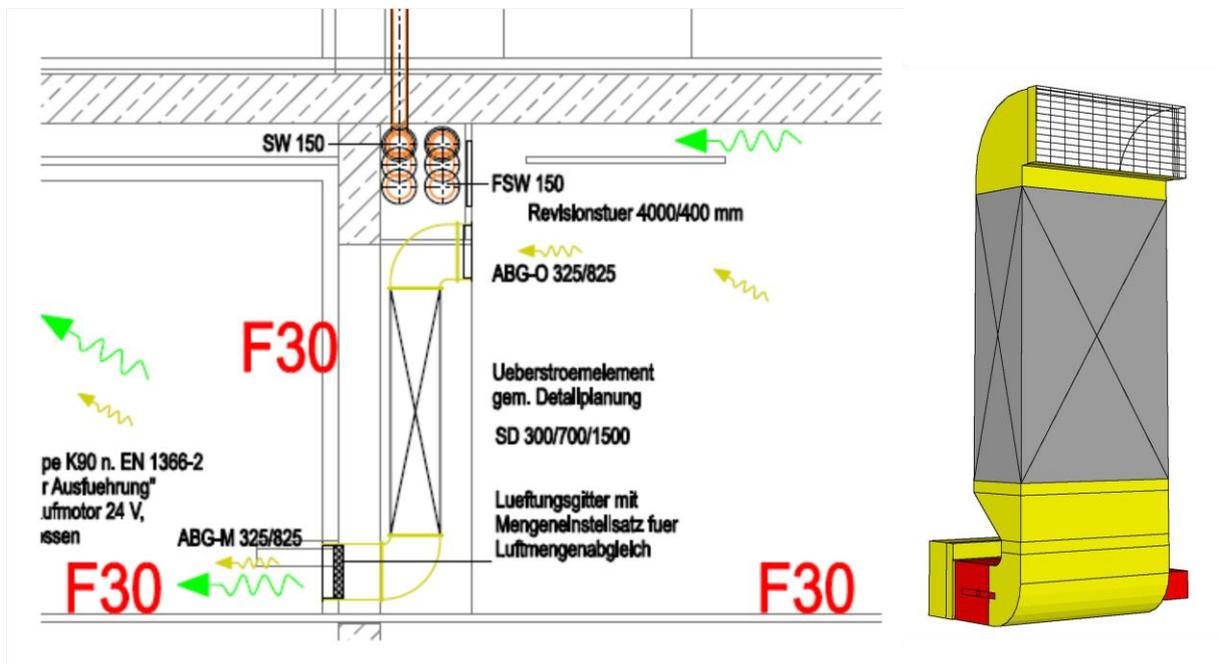
Abbildung 20: Foto Wandheizelement des Brüstungselements (ohne Abdeckung)



Abbildung 21: Foto Quellluftauslass

Die Volumenstromregelung in jedem Klassenzimmer erfolgt abhängig von Präsenz und Luftqualität (Mischgassensor).

In der Abbildung 22 und Abbildung 23 wird das Überströmelement dargestellt.



Quelle: IB Baumann GmbH

Abbildung 22: Schematische Darstellung eines Überströmelements

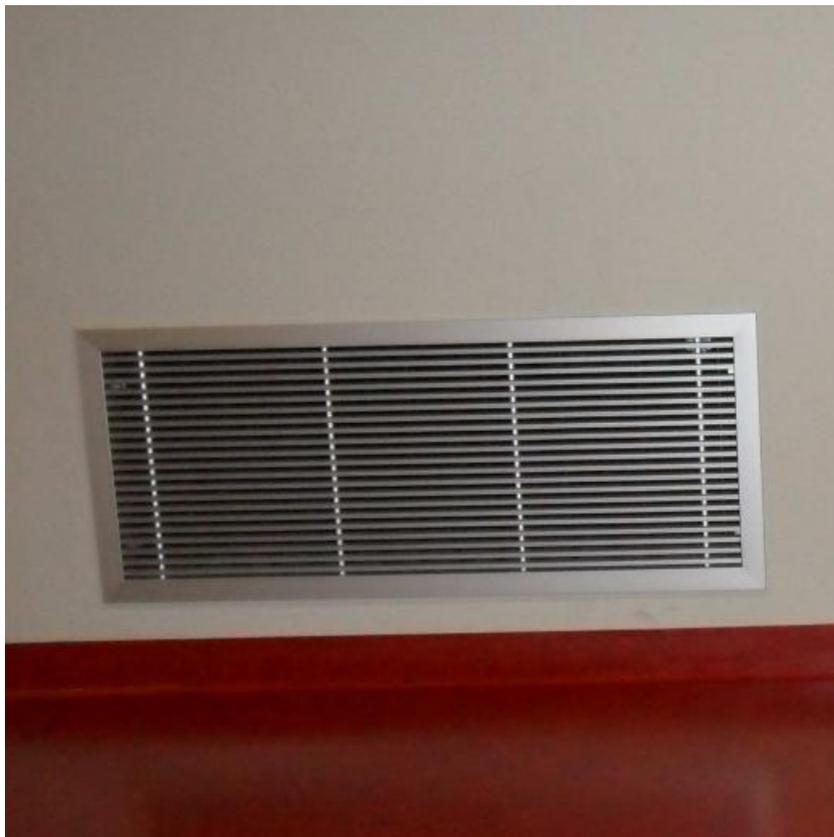
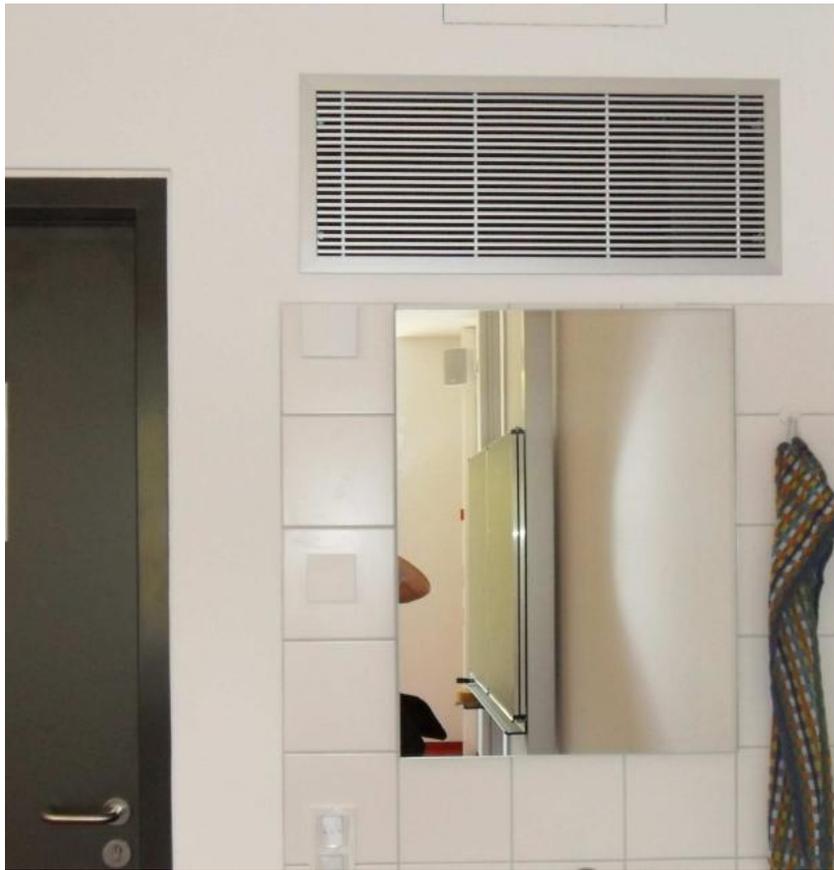


Abbildung 23: Foto eines Überströmelements – Einströmung im Klassenzimmer und Auslass im Flur

4.4 Kunstlicht

Ein ambitioniertes primärenergetisches Ziel bedingt auch einen niedrigen Stromverbrauch für die Beleuchtung und somit eine hohe Tageslichtautonomie in möglichst allen Nutzungsbereichen. Diesem Umstand wurde besonders Rechnung getragen: Das Atrium, das auch als Pausenbereich genutzt wird, ist gut durch Oberlichter und die Dachverglasung mit Tageslicht versorgt (s. Abbildung 6). Auch bei den Klassenzimmern, die an der Nord- und Südfassade mit hohem Verglasungsanteil positioniert sind, wurde durch raumhohe Verglasung auf eine hohe Versorgung mit Tageslicht geachtet.

Das Kunstlicht der Klassenzimmer wird über Langfeldleuchten mit hohem Leuchtenwirkungsgrad erzeugt. Die installierte Beleuchtungsleistung in den Klassenräumen beträgt $8,0 \text{ W/m}^2$ (Referenzwert EnEV 2009: $11,2 \text{ W/m}^2$)

Die drei Lichtbänder werden tageslicht- und präsenzabhängig mit Dimmung gesteuert (s. Abbildung 24). Die Tafelbeleuchtung erfolgt manuell und wird über Präsenz ausgeschaltet. Das Kunstlicht von Verkehrsflächen und innenliegenden Räumen (ohne Fenster) wird über Kompaktleuchtstoff-Downlights bzw. -Langfeldleuchten mit einer Beleuchtungsleistung von 5 bis 7 W/m^2 erzeugt und über Präsenz eingeschaltet und zeitverzögert wieder ausgeschaltet.



Abbildung 24: Foto der Lichtbänder in einem Klassenzimmer

4.5 Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)

Die Mess-, Steuer- und Regelungstechnik erfolgt über Einzelraumregelungen in Verbindung mit einer visualisierten Gebäudeleittechnik (GLT). Hierbei werden Messwerte erfasst, weiterverarbeitet und anhand von Sollwerten können die verschiedenen Anlagensysteme gesteuert werden.

Wichtige Funktionen der GLT der FOS/BOS sind:

- Die Regelung der Lüftungsanlagen inklusive Nachtlüftung
- Die Regelung des Gesamtgebäudebetriebs (Heizfall, Kühlfall)
- Die Aufzeichnung von historischen Daten

- Kalenderfunktion: Die Anwesenheitszeiten werden in einen Wochenkalender eingegeben. Des Weiteren werden die einzelnen Tage, wie Feiertage und Ferien im Jahreskalender festgelegt. Über diese Werte werden die Nachtabenkung und besondere Fahrweisen für den Sonnenschutz (Überhitzungsschutz im Sommer, siehe unten) gesteuert. Die Anwesenheitszeiten können durch den Hausmeister an der GLT selbst verändert werden.
- Wochenend- und Ferientemperaturabsenkung um 2 K (einstellbarer Sollwert), selbstlernende Regelung für den Beginn der Wiederaufheizung abhängig von Raumtemperatur und Außentemperatur (Ziel: Solltemperatur sollte mind. 2 h vor Unterrichtsbeginn erreicht sein). Falls die Solltemperatur bis zu diesem Zeitpunkt nicht erreicht werden konnte, erfolgt eine automatische Anhebung der Vorlauftemperatur der Wandheizung.
- Im Notfall (z.B. Brandmeldung) werden alle Systeme heruntergefahren und deaktiviert.

4.5.1 Betriebsmodus Gebäude

Die GLT unterscheidet zwischen drei verschiedenen Betriebsmodi:

- Sommerbetrieb: Kühlbedarf (bei erwarteter Überhitzung des Gebäudes)
- Neutraler Betrieb: kein Kühl- und kein Heizbedarf
- Winterbetrieb: Heizbedarf (bei erwarteter oder festgestellter Auskühlung des Gebäudes)

Abhängig von dem Betriebsmodus werden die Funktionen Raumheizung, Zuluftkonditionierung, Nachtlüftung, Kühlung, und Automatikbetrieb Sonnenschutz freigegeben.

Der Kühlbetrieb ist regeltechnisch deutlich anspruchsvoller als der Heizbetrieb. Während das Gebäude im Heizbetrieb zeitnah aus der Fernwärme auf Solltemperatur gehalten bzw. gebracht werden kann, muss beim Kühlbetrieb schon in der Nacht vorher das Gebäude über Nachtlüftung heruntergekühlt worden sein und das Gebäude im Zusammenspiel mit einem optimierten Betrieb von Lüftung, Verschattung, Kunstlicht etc. auf möglichst niedrigen Raumtemperaturen gehalten werden.

Die Gebäudekühlung und -heizung ist nicht unabhängig von der Lüftung. Wichtige Bestandteile für den Gebäudebetrieb sind z. B. Zuluftvorkonditionierung, freie Kühlung mit Außenluft, sowie nächtliche Querlüftung und Kälterückgewinnung.

4.5.2 Lüftung

Die Belüftung der Klassenzimmer und Fachräume erfolgt nicht autark, sondern wird über die GLT geregelt. Der Lüftungsbetrieb erfolgt nach Bedarf über Belegung (Präsenzmelder) und die Sensorik zur Luftqualität. Gemessen werden Mischgas und Kohlendioxid.

Für die Entlüftung kann von Absaugung über die Abluftventilatoren der RLT Anlagen auf Absaugung über Axialventilatoren im Atrium umgeschaltet werden: Sobald bei dem Betrieb der RLT Anlagen Süd und Nord die Wärmerückgewinnung nicht aktiv ist, schalten sich der Abluftventilatoren der Lüftungsanlage ab und die Axialventilatoren im Atrium an.

Über ein Zeitprogramm kann an der GLT eine Mittagslüftung aktiviert werden. Hierbei wird die Quelllüftung der Pausenhalle aktiviert und der Luftvolumenstrom in den Klassenzimmern reduziert. Derzeit wird diese Funktion nicht genutzt.

Die Lüftungsanlagen für die innenliegenden Räume (Sanitärbereiche) werden in Intervallschaltung belüftet. Hierbei werden jeweils alle 5 Minuten andere Bereiche belüftet. Insgesamt gibt es 4 Bereiche, so dass die WCs jeweils 5 Minuten pro 20 Minuten belüftet werden. Diese Lüftung ist aktiv, solange in irgendeinem Raum Präsenz gemeldet wird.

Diese Lüftungsanlagen haben kein Heizregister. Die Zulufttemperatur darf aus Komfortgründen nicht unter 17 °C fallen. Falls die Zulufttemperatur diesen Wert unterschreitet, schaltet sich die Lüftungsanlage ab.

Damit die Nachtlüftung (bzw. Querlüftung) aktiviert wird, müssen folgende Bedingungen erfüllt werden:

- „Kühlbedarf“ oder aktive Kühlung über Kühlregister im Tagesverlauf
 - Uhrzeit zwischen 21 und 6 Uhr (veränderbare Sollwerte)
 - Außentemperatur mind. 2 K (veränderbare Sollwerte) unter mittlerer Raumtemperatur
 - Temperatur Betondecken > 21 °C (veränderbarer Sollwert)
 - Kein Niederschlag
 - Windgeschwindigkeit < 15 m/s (veränderbarer Sollwert)
- Mittlere Raumtemperatur (alle Räume) > 23 °C (einstellbarer Sollwert)

Die Nachtlüftung stoppt, wenn die mittlere Raumtemperatur aller Räume kleiner 19 °C (einstellbarer Sollwert) ist. Die Nachtlüftung wird jeweils für die Nord bzw. Südräume getrennt aktiviert. Am Tag nach der Nachtlüftung wird der Heizkreis für die Wandheizung bis 12 Uhr gesperrt.

4.5.3 Sonnenschutzsteuerung

Die derzeit vorgesehene Sonnenschutzsteuerung dient dazu, dass ein zu hoher Eintrag von Solarstrahlung in die Klassenzimmern vermieden und gleichzeitig eine hohe Tageslichtversorgung ermöglicht wird. Die Helligkeit wird über die Verschattungssteuerung für jede Fassadenorientierung erfasst.

Im Automatikbetrieb wird der Sonnenschutz an der Ost-, Süd- und Westfassade automatisch heruntergefahren, wenn ein gewisser Helligkeitswert (einstellbarer Sollwert) auf der Fassade überschritten wird. Der Lamellenwinkel wird abhängig von der Sonnenhöhe im Cut-off Winkel nachgeführt. Die Behänge ohne direkte Sonneneinstrahlung stellen die Lamellen horizontal oder werden hochgefahren. Die Zeiten mit direkter Sonneneinstrahlung werden über ein Berechnungsprogramm bestimmt, das die Jahresverschattung für jeden Sonnenschutzbehang berechnet. Hierbei werden die Eigenverschattung des Gebäudes berücksichtigt.

Der Sonnenschutz sollte über ein örtliches Raumbedienelement übersteuert werden können. Wegen der Problematik bei der Vergabe und Ausführung des Sonnenschutzes wurde diese Leistung noch nicht beauftragt (s. Kapitel 8). Im Folgenden ist das noch nicht ausgeführte Konzept beschrieben: Im Automatikbetrieb mit direkter Sonneneinstrahlung kann über das Raumbedienelement die Neigung der Lamellen nur dahingehend verändert werden, dass die Lamellen weiter geschossen werden. Eine Öffnung der Lamellen über den Cut-off Winkel hinaus oder eine Öffnung des Behangs ist nicht möglich, um eine Überhitzung der Räume auszuschließen. Außerhalb des Automatikbetriebs mit direkter Sonneneinstrahlung kann der Nutzer die Stellung des Behangs und die Lamellenstellung frei wählen. Nach einer festgelegten Zeit (nach derzeitiger Planung in der Pause bzw. bei Stundenwechsel) wird der Sonnenschutz automatisch wieder in die Sollstellung gebracht.

Bei Überschreitung der vorgegebenen Windgeschwindigkeit wird der Sonnenschutz hochgefahren.

An der Nordfassade ist nur sehr selten mit direkter Sonneneinstrahlung zu rechnen. Daher wird hier eine andere Sonnenschutzsteuerung vorgesehen. Der Sonnenschutz fährt im Au-

tomatikbetrieb herunter, wenn der einstellbare Helligkeitswert überschritten wird, unabhängig davon ob eine direkte Sonneneinstrahlung vorliegt oder nicht.

Mit Direktstrahlungsanteil wird der Lamellenwinkel abhängig von der Sonnenhöhe im Cut-off-Winkel nachgeführt. Ist kein Direktstrahlungsanteil vorhanden und somit keine Cut-off-Winkel-Steuerung möglich, werden die Lamellen auf 0° (horizontal) eingestellt. Der Sonnenschutz an der Nordfassade kann über ein Raumbedienelement beliebig übersteuert werden.

Der Sonnenschutz im Atriumdach wird ebenfalls automatisch geschlossen, wenn ein einstellbarer Helligkeitswert überschritten wird. Der Messwert wird von einem fünften, in Glasdachebene (Neigung 5° Süd) messenden Helligkeits-Sensor bestimmt.

Eine Schnittstelle zur Gebäudeleittechnik ermöglicht eine Übersteuerung des Automatikbetriebes. Von der Gebäudeleittechnik werden zwölf Signale an die Sonnenschutzsteuerung weitergegeben. Mit diesen kann einerseits fassadenweise der Automatikbetrieb gesperrt werden, andererseits alle Behänge vollständig zugefahren werden. Weiterhin kann fassadenweise die manuelle Übersteuerung deaktiviert werden.

Winterbetrieb:

Im Winter dienen die solaren Gewinne dazu, den Heizwärmebedarf des Gebäudes zu minimieren. Daher wird der Automatikbetrieb im Winter deaktiviert. Die Nutzer haben dennoch die Möglichkeit den Sonnenschutz über das Raumbedienelement z. B. zur Abdunkelung zu schließen, wenn es die Witterungsverhältnisse erlauben.

Überhitzungsschutz im Sommer:

Im Sommer besteht das Ziel, die Überhitzung des Gebäudes zu minimieren. Daher wird die Möglichkeit vorgesehen den Sonnenschutz komplett zu schließen, wenn das Gebäude nicht genutzt wird (z.B. Wochenende, Ferien, Feiertage). Hierbei werden an allen Fassaden die Behänge herabgefahren und die Lamellen komplett geschlossen.

Weitere Betriebszustände:

Für weitere sinnvolle Betriebsarten wie Fensterreinigung, Lamellenreinigung, Reparaturarbeiten etc. sind entsprechende Übersteuerungen des Automatikbetriebes vorgesehen.

4.5.4 Kunstlichtsteuerung

Die Kunstlichtsteuerung der Klassenräume ist autark und nicht über die GLT geregelt. Übersteuerungen waren nicht vorgesehen, wurden jedoch wegen Nutzerwünschen implementiert (s. Kapitel 8). In Anhang 15.11 ist die Lichtsteuerung aufgegliedert in die Bereiche Klassenzimmer und Allgemeinbereiche beschrieben.

Im Rahmen des Monitorings werden die eingestellten Vorgaben und Sollwerte überprüft und optimiert (s. Kapitel 9).

4.6 Regenwassernutzung

Um das Regenwasser aufzufangen, ist die Dachflächenentwässerung an die Regenwasserzisternen angeschlossen. Das Speichervolumen der drei Zisternen beträgt je Zisterne 9 m³. Ist die maximale Füllmenge erreicht, läuft das Regenwasser zur Rigolenversickerung über. In der Technikzentrale befindet sich die Regenwassernutzungsanlage für die WC- und Urinalspülung. Zusätzlich wird das gespeicherte Regenwasser zur Außenbewässerung genutzt (s. [ABS2008])

5 Planungs- und Bauverlauf

Die Genehmigungsplanung wurde am 28.07.2008 mit der Einreichung des Bauantrags abgeschlossen. Wegen Umplanungen in der Raumnutzung gab es noch Änderungen im Unter- und Erdgeschoss. Der Verwaltungsbereich wurde erweitert und im Gegenzug mehr Klassenräume im Untergeschoss untergebracht. Der letzte Planstand der FOS/BOS Erding ist vom 13.1.10. Die Pläne des letzten Planstandes sind im Anhang 15.19 angefügt.

5.1 Abweichungen vom Planungskonzept

Die energetische Beratung während der Bauphase hat die Ingenieurbüro Hausladen GmbH übernommen. Ziel war die Sicherstellung, dass die Energiekennwerte gemäß den von IP5 zur Verfügung gestellten Berechnungen gemäß PHPP und LEE nicht überschritten werden. Nachfolgend werden die Änderungen aufgeführt, die sich im Rahmen der Ausführungsplanung und Vergabe ergeben haben.

- **Technikkonzept Küche**

Das Lüftungsgerät in der Küche sollte gemäß Abschlussbericht vom 17.12.2008 mit doppelter Wärmerückgewinnung ausgestattet werden. Aufgrund von Platzproblemen musste jedoch die energetische Qualität der Lüftungsanlage reduziert werden. Die Platzprobleme im Küchenbereich wurden dadurch verursacht, dass die genaue Art der Nutzung der Küche erst zu einem sehr späten Zeitpunkt im Planungsprozess festgelegt wurde. Aufgrund von Nutzungsänderungen ist die Küche jetzt deutlich größer als ursprünglich angedacht. Auf die energetischen Kennwerte des Gebäudes wird sich das schlechtere Lüftungsgerät nicht auswirken, da die Küche aus der Passivhaus- und Primärenergiebetrachtung des Gebäudes ausgeklammert wurde.

Die Warmwasserbereitung in der Küche wurde im Abschlussbericht vom 17.12.2008 mit elektronisch geregelten elektrischen Durchlauferhitzern angesetzt. Vom IB Baumann wurde ein Konzept zur Nutzung der Abwärme der Kleinkälteanlage der Küche erarbeitet. Über diese Abwärmenutzung wird das Warmwasser vorgewärmt und der Primärenergiebedarf für die Warmwasserbereitung minimiert.

- **Säureraum**

In dem Gebäude befindet sich ein Säureraum, in dem Säure gelagert wird. Der Raum muss kontinuierlich gelüftet werden. Aufgrund der Belastung der Abluft ist eine Wärmerückgewinnung nicht möglich. Gemäß dem ursprünglichen Konzept war vorgesehen, den Säureraum aus der thermischen Hülle herauszunehmen und die Wände zwischen Säureraum und den angrenzenden Räumen zu dämmen. Im weiteren Planungsverlauf hat sich herausgestellt, dass der Säureraum aufgrund der Nutzeranforderungen temperiert werden muss. Aus technischen Gründen kann die Temperierung nur eine Elektroheizung erfolgen. Da eine Beheizung über Strom aus primärenergetischen Gründen nachteilig ist, wurde beschlossen, den Säureraum wieder in die thermische Hülle einzubeziehen und auf die Dämmung zwischen dem Säureraum und den angrenzenden Räumen zu verzichten. Dies ermöglicht, dass der Säureraum durch den Wärmestrom über die Innenwände größtenteils indirekt über Fernwärme beheizt wird. In Anlage 15.14 ist die thermische Simulation beigelegt, die zeigt, dass der Strombedarf für die Beheizung des Säureraums durch den Verzicht auf die Dämmung und die Reduktion der Raumtemperatur von 15 auf 12 °C von 1 929 kWh/a auf 462 kWh/a gesenkt werden kann.

- **U-Werte und g-Werte der Fenster**

Die U-Werte wurden für jedes Fenstermaß errechnet und ein flächengewichteter Mittelwert für das gesamte Gebäude errechnet. Insgesamt ergibt sich mit der Berücksichtigung der Einbauwärmebrücken ein U-Wert in Höhe von 0,859 W/m²K.

Die Pfosten-Riegelfassade besteht aus folgenden Komponenten:

- Dreischeibenwärmeschutzverglasung mit $U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Pfostenriegelkonstruktion Raico Therm+ 50 A-V Isobloc P
- Einsetzelemente Raico Frame + 75 W-I
- Randverbund Glas Swisspacer V mit Ψ - Wert 0,034 W/mK
- Randverbund Einsetzelement mit Kunststoffeinsatzelement mit Ψ - Wert 0,05 W/mK

Für die Reduktion der Einbauwärmebrücken wurden Wärmebrückenberechnungen durchgeführt. In der Montageplanung war zunächst ein umlaufender Metallwinkel zur Befestigung der Pfostenriegelkonstruktion an der Betonwand vorgesehen gewesen. Über die Wärmebrückenberechnungen konnten die Einsparungen durch eine punktuelle Befestigung mit thermisch getrennten Befestigungswinkeln aufgezeigt werden. In Anlage 15.13 befinden sich die Wärmebrückenberechnungen für die Planungsvariante und die verbesserte Variante. Die verbesserte Variante wurde realisiert.

Der g-Wert der Verglasung wurde in der PHPP-Berechnung mit 0,52 angenommen. In der Ausschreibung wurde jedoch kein g-Wert definiert. Die ausführende Firma hatte mit einer Verglasung mit einem niedrigeren g-Wert kalkuliert und hat Mehrkosten für die Einhaltung eines g-Wertes in Höhe von 0,52 angemeldet. Letztlich wurde eine Verglasung mit einem g-Wert von 0,52 eingebaut.

- **Dämmung Bodenplatte gegen Erdreich**

In der PHPP-Berechnung wurde mit 20 cm Wärmedämmung unter der Bodenplatte mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/mK gerechnet.

Unter der Bodenplatte wird das Dämmmaterial Styrodur 5000 CS mit 2 * 100 mm Dämmstoffdicke eingesetzt. Dieses Material hat einen Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von 0,038 W/mK. Auf dem Markt sind keine Produkte erhältlich, die für diesen Einsatzzweck (hohe Druckbelastung) niedrigere Wärmeleitfähigkeiten erreichen. Die maximal erhältliche Plattendicke liegt bei 100 mm und eine dreilagige Verlegung unter der Bodenplatte wäre zu aufwändig gewesen.

- **Dämmung Außenwand gegen Erdreich**

In der PHPP-Berechnung von IP5 wurde eine mittlere Dämmstoffdicke in Höhe von 213 mm mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/mK angesetzt. Das reale Gebäude wurde etwas anders ausgeführt. Die Außenwand gegen Erdreich wurde mit dem Dämmmaterial Styrodur 3035 CS gedämmt. Die Dämmstoffdicke an den Giebelseiten beträgt 2 * 140 mm. An den Längsseiten des Gebäudes wird die Außenwand gegen Erdreich mit einer Lage mit 100 mm und einer Lage mit 120 mm gedämmt. Der Bemessungswert des Dämmmaterials Styrodur 3035 Cs ist abhängig von der Plattendicke. Bei einer Platte mit 100 mm beträgt der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit 0,038 W/mK. Die Platten mit 120 bzw. 140 mm liegen dagegen bei 0,039 W/mK.

- **Dämmung Dach**

Die Dämmung des Nord- und Südriegels soll mit der Dämmung swisspor EPS 035 erfolgen. Die Wärmedämmung hat einen Bemessungswert in Höhe von $0,035 \text{ W/mK}$. Die Dämmung besteht aus Grundplatten und Gefälleplatten. Die Wärmedämmung wird mehrlagig ausgeführt und hat eine Mindestdicke von 320 mm. Am Nordriegel erhöht sich die Dicke der Wärmedämmung auf max. 470 mm und am Südriegel auf max. 420 mm. Im Mittel werden genau die Werte erreicht, die in der PHPP-Berechnung angesetzt wurden.

- **RWA-Kuppeln**

Im Dach des Gebäudes befinden sich 4 RWA Kuppeln. Die RWA-Kuppeln werden dreischalig ausgeführt. Die dreischalige Kuppel erreicht einen U-Wert von $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$. Der Aufsatzkranz mit 20 mm Isolierung erreicht einen U-Wert von etwa $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Daraus errechnet sich ein flächengewichteter mittlerer U-Wert von $1,36 \text{ W/m}^2\text{K}$ für RWA-Kuppel und Aufsatzelement.

- **Außenwand**

Zur Kompensation der erhöhten Wärmeverluste über das Erdreich wurde vorgeschlagen, die Wärmedämmung der Außenwand zu verbessern. Es wurde festgestellt, dass die Wärmedämmung der Außenwand über eine Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit der Mineralwoll-dämmung von $0,035 \text{ W/mK}$ der ursprünglichen Planung auf $0,032 \text{ W/mK}$ gesteigert werden kann. Mit dieser Verbesserung kann der U-Wert der Außenwand, ohne die Dicke der Außenwanddämmung zu erhöhen, verbessert werden. Der Heizwärmebedarf würde sich durch diese Maßnahme von $14,67$ auf $14,45 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ verringern. Obwohl diese Maßnahme nur von einem einzigen Hersteller, nämlich der Firma Isover durchgeführt werden konnte, die dieses Produkt mit $15.000,00 \text{ €}$ Mehrkosten angeboten hat, hat sich der Bauherr dennoch entschieden, die verbesserte Wärmedämmung zum Einsatz zu bringen.

- **Lüftungsanlage**

Trotz enormer Bemühungen und äußerst zeitaufwändigen Abstimmungen des IB Baumann mit diversen Geräteherstellern werden die von ip5 seinerzeit vorgegebenen Leistungen nicht ganz erreicht. Ein Grund hierfür ist, dass aus baulichen Gründen die Kanalquerschnitte reduziert werden mussten. Außerdem musste aus baulichen Gründen die Form der Kanäle geändert werden (rechteckig statt quadratisch), was zu höheren Druckverlusten führt.

In einem extrem langwierigen Prozess, der sich über einen Zeitraum von mehr als einem Jahr hinzog, wurden alle verfügbaren Gerätehersteller zur Auswahl des effektivsten Lüftungsgeräts heran gezogen. Die Hersteller waren in der Ausarbeitung vollkommen überfordert, da diese nur auf Standardprodukte ausgerichtet sind. Es wurden zahlreiche Gespräche mit den Entwicklungsabteilungen der Gerätehersteller geführt.

Schließlich standen zwei Fabrikate, mit den besten Werten zur Auswahl, Lüftungsgeräte von SystemAir und AL-KO Therm. Beide Geräte wurden hinsichtlich Strombedarf und Wärmebereitstellungsgrad bewertet, im Teillastverhalten und bei Nennleistung (s. Anlage 15.7). Weil es in der Größenordnung der Lüftungsgeräte der FOS/BOS Erding keine passivhauszertifizierten RLT-Geräte gibt, musste der Wärmebereitstellungsgrad von beiden Geräten in Analogie zur PH-Zertifizierungsprüfung und -berechnung anhand von Herstellerangaben ermittelt werden. Bei dem Vergleich der Geräte hat sich ergeben, dass beide Geräte nicht ganz den extrem anspruchsvollen Vorgabewerten entsprechen. Aus primärenergetischer Sicht waren beide Geräte etwa gleichwertig einzustufen, da der höhere Wärmerückbereitstellungsgrad des Gerätes SystemAir mit einem etwas höheren Strombedarf einhergeht. Man hat sich letztendlich für den Hersteller entschieden, die Geräteausführung ist insgesamt hochwertiger als bei SystemAir. Bei den AL-KO Therm Geräten liegt der

Wärmebereitstellungsgrad bei 80%, die Stromeffizienz bei 0,5 Wh/m³ für die RLT Nord und Süd.

Die energetischen Ziele im Bereich der Wärmerückgewinnung und Stromeffizienz wurden im Rahmen der Planung sehr hoch angesetzt. Diese Ziele konnten nicht vollständig erreicht werden. Dennoch sind die Werte deutlich besser als bei konventionellen Neubauten nach EnEV 2009.

- **Abstandshalter Dachverglasung**

Die ausführende Firma hat darauf hingewiesen, dass aufgrund der notwendigen, begehbaren Ausführung der Dachverglasung, der bislang für das Glasdach in der U-Wert-Berechnung angesetzte Kunststoffabstandhalter (Randverbund Glas) mit einem Psi-Wert von 0,034 W/mK nicht eingesetzt werden kann. Stattdessen wird der Abstandhalter „Chromatech Plus“ mit einem Psi-Wert von 0,063 W/mK eingesetzt.

- **Fluchttürsicherung durch integriertes Nottraffsystem**

In der Schule wird bei den Fluchttüren der neue Schüco Nottraffstore eingesetzt. Der Nottraffstore ermöglicht eine normgerechte Beschattung von Notausgängen und Paniktüren. Über den Nottaster der Fluchttürsicherung wird die Tür freigegeben und gleichzeitig die Notraffung des Sonnenschutzes ausgelöst.

Die Hubseile des Systems werden mit Elektro-Haftmagneten gehalten. Durch Betätigung des Nottasters der Fluchttürsicherung wird die Fluchttür entriegelt und die Elektro-Haftmagnete, die die Führungsseile halten, werden gelöst. Das Seil wird dann durch die Federkraft eines Kraftpaketes schnell nach oben gezogen. Dabei werden die Unterschiene und die Lamellen mitgenommen. Zeitgleich sind dann Fluchtwegtür und Fluchtweg frei. Der Behang wird durch die ausgelöste Notraffung nicht beschädigt. Nach Auslösung kann der Raffstore einfach wieder in Betrieb genommen werden. Dazu werden die Seile des Raffstores wieder nach unten gezogen und der Zuganker am Seilende auf den Haftmagneten geklippt. Nun ist der Behang erneut einsatzfähig.

An Nord- und Südfassade befinden sich insgesamt 53 Türen mit Sonnenschutz und Notraffung. An jeder Tür sind zwei Elektro-Haftmagnete erforderlich. Bei einer Leistungsaufnahme von 5,2 W pro Haftmagnet errechnet sich daraus eine Leistung in Höhe von insgesamt 0,5512 kW und ein jährlicher Strombedarf in Höhe von 4 829 kWh.

Dies entspricht einem jährlichen Strombedarf von 0,62 kWh/m²a und einem Primärenergiebedarf in Höhe von 1,68 kWh/m²a. Der Strombedarf für die Haftmotoren wird in der weiteren Betrachtung der energetischen Kennwerte jedoch nicht berücksichtigt, da analog der Vorgehensweise gemäß EnEV der Strombedarf der Motoren, der für das Öffnen und Schließen des Sonnenschutzes erforderlich ist, ebenfalls nicht in dem Betrachtungsumfang enthalten ist.

- **RWA-Öffnungen in Atriumverglasung**

In der ursprünglichen Planung waren im Atrium jeweils an der Nord- und Südfassade vier Kippelemente als RWA-Öffnungen vorgesehen. Im Laufe der Planung hat sich herausgestellt, dass die damit erzielbaren freien Lüftungsquerschnitte nicht ausreichen. Des Weiteren hat sich herausgestellt, dass vor den RWA-Öffnungen kein Raffstore angeordnet werden kann. Nun werden die RWA-Öffnungen als Drehflügel ausgebildet. Es werden auf der Südfassade 7 Drehflügel als RWA-Öffnungen ausgebildet. In diesem Bereich wird kein Raffstore eingesetzt. Da der Anteil der RWA-Öffnungen jedoch relativ gering ist, wurde auf den Einsatz einer Sonnenschutzverglasung in diesem Bereich verzichtet. An der Nordfassade werden keine RWA Öffnungen vorgesehen, da die erzielbaren Öffnungsquerschnitte aufgrund der geringeren Fensterhöhe zu gering sind.

- **Kunstlicht Aula**

Auf Vorgabe vom Nutzer soll die Aula u.a. für die Durchführung von Prüfungen genutzt werden. Dies erfordert an diesen wenigen Prüfungstagen einen erhöhten Bedarf an Nennbeleuchtungsstärke. Aus diesem Grund wurde in der Aula gegenüber der ursprünglichen Planung eine Nennbeleuchtungsstärke von 300 Lux vorgesehen (ursprünglich 100 Lux). Die Beleuchtung in der Aula ist in mehrere Schaltstufen unterteilt.

5.2 Bauverlauf

In der Anlage 16 befindet sich eine Fotodokumentation der Bauarbeiten. Aufgrund schlechter Witterungsverhältnisse im Winter 2009/2010 haben sich die Arbeiten verzögert und mussten zeitweise komplett unterbrochen werden. Ansonsten verliefen die Arbeiten ohne größere Zwischenfälle.

Die Grundsteinlegung für die FOS/BOS Erding war am 29.5.2009. Fünf Monate später war der Rohbau fertig gestellt. Wegen des Wintereinbruchs mussten die Arbeiten von Mitte Dezember 09 bis Mitte Januar 10 unterbrochen werden. Im Januar 10 wurde das Atriumdach errichtet. Am 09.02.2010 war das Richtfest. Im März 2010 begannen die Verglasungsarbeiten und die Montage der Einselemente der Leichtmetallfassade, im April die Trockenbauarbeiten. Am 25.05.2010 wurde das Gebäude an die Fernwärmeleitung des Gastronomiegebäudes zur Nutzung der Restwärme angeschlossen. Im August 2010 wurde die Dachmontage fertig gestellt und die Ventilatoranlage installiert.

Im März 2011 wurde das Schulhaus fertig gestellt.

Die Chronologie der FOS/BOS Erding vom Antrag auf Errichtung bis zur Einweihungsfeier ist im Anhang 15.1 zu finden.

5.3 Blower-Door-Test

Ein wesentlicher Grundstein eines Passivhauses ist die Realisierung eines luftdichten Gebäudes. Daher wurde im Rahmen der Bauleitung auf eine luftdichte Ausführung der Gebäudehülle geachtet. Spezielles Augenmerk wurde auf die Abdichtung der Durchdringungen in der Außenwand (z.B. Kabel für Sonnenschutz und Außenbeleuchtung) gelegt.

Auch die Durchführung der Dichtheitsmessung (Blower-Door-Test) in drei Phasen mit der Möglichkeit des Aufspürens von noch bestehenden Undichtigkeiten hat sich als sehr gut erwiesen:

In einem ersten Schritt wurde am Beispiel eines Musterraumes ein Blower-Door Test (Messverfahren B) durchgeführt. Ziel des Blower-Door Testes war, die Dichtheit der Fassade anhand einer Musterfassade zu prüfen. Die Messungen wurden am 12.05.2010 durch die igb-Ingenieurgesellschaft Burgert mbH im Raum 01.4 durchgeführt. Im Rahmen der Messung wurden einige Undichtigkeiten festgestellt, deren Ursachen geklärt und bei der Ausführung behoben werden konnten.

Am 2.9.2010 fand der zweite Blower-Door Test (Messverfahren B) statt. Diese Messung wurde nach Fertigstellung der luftdichten Ebene durchgeführt. Ziel der Messung war, bestehende Undichtigkeiten zu lokalisieren, um diese noch während der Bauphase nachdichten zu können. Aufgrund der Größe des Gebäudes wurden für die Messung drei Gebläse vorgesehen. Aufgrund der guten Dichtheit des Gebäudes war für die Messung jedoch ein Gebläse ausreichend. Der n_{50} -Wert des Gebäudes lag bei 0,13 1/h. Bei der Leckageortung wurden leichte Undichtigkeiten im Glasdach des Atriums entdeckt. Ansonsten wies das Gebäude keine Undichtigkeiten auf.

Die endgültige Messung (Messverfahren A) am 21.1.2011 ergab eine hervorragende Dichtheit des Gebäudes: Der Luftwechsel bei einem Druck von 50 Pascal lag bei nur 0,17 pro

Stunde (s. Anlage 15.2). Dies ist ein ausgesprochen gutes Ergebnis. Für die Einhaltung des Passivhausstandards ist ein n_{50} -Wert von 0,6 ausreichend.



Abbildung 25: Ventilatoren zur Erzeugung von Unter- bzw. Überdruck für die Durchführung des Blower-Door-Tests

6 Controlling der Energiekennwerte

Schon in der Entwurfsphase wurden von der ip5 ingenieurpartnerschaft als Basis für die Entwicklung eines ressourcenschonenden Energiekonzeptes verschiedene Energiekennwerte ermittelt, die der Kontrolle der hohen Anforderungen an den Neubau der FOS/BOS Erding dienen.

Zum einen wurde der Heizwärmebedarf über das Programm PHPP errechnet.

Die zweite Berechnung war die Basis für die Berechnung des Primärenergiebedarfs für den DBU-Abschlussbericht. Die Berechnung des Primärenergiebedarfs erfolgte mit von ip5 entwickelten Excel-Rechenwerkzeugen, in denen z.T. Werte und Rechenwege aus dem "Leitfaden elektrische Energie im Hochbau" des Landes Hessen verwendet wurden.

Des Weiteren erfolgte eine Berechnung gemäß den Berechnungsvorschriften der EnEV/DIN V 18599 zur Erstellung des Energieausweises. Der Energieausweis dient hauptsächlich zur Dokumentation der Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften. Einige Sondertechniken, die zu einer Einsparung des Primärenergiebedarfs führen (z.B. Kühlung über Grundwasser, Nutzung der Abwärme der Kleinkälteanlage zur Warmwasserbereitung in der Küche), wurden bei dieser Berechnung nicht mit eingegeben, da die DIN V 18599 zur Eingabe dieser Sondertechniken nicht geeignet ist.

Das Büro ip5 hat im Juni 2009 die Berechnungen zum Heiz- und Primärenergiebedarf des Gebäudes aktualisiert. Im Rahmen der Montageplanung, Vergabe und Bauausführung wurden die energetischen Kennwerte durch IB Hausladen/kplan kontrolliert.

6.1 Energiekennwert Heizwärme nach PHPP

Zielvorgabe für die FOS/BOS Erding war die Errichtung eines nachhaltigen Baus in Passivhausbauweise. Hierfür wurde das Passivhauskriterium des spezifischen Heizwärmebedarfs (nach PHPP als „Energiewert Heizwärme“ bezeichnet) berechnet. Der Heizwärmebedarf eines Passivhauses darf 15 Kilowattstunden im Jahr bezogen auf die Energiebezugsfläche nicht überschreiten. Die Energiebezugsfläche von Nichtwohngebäuden errechnet sich aus der Haupt- und Nebennutzfläche, die zu 100% angerechnet werden, sowie der Funktions- und Verkehrsfläche, welche zu 60 % zur Energiebezugsfläche zählen. Es werden nur Flächen innerhalb der thermischen Hülle erfasst.

Wichtige Randbedingungen der Berechnung des Heizwärmebedarfs für die FOS/BOS Erding sind, dass

- die Küche nicht in die Berechnung einbezogen wurde
- die Lüftungsanlage Event wegen seltenem Betrieb vernachlässigt wurde und
- Wärmebrücken soweit minimiert werden konnten, dass von einer wärmebrückenfreien Konstruktion ausgegangen wurde (s.a. Abschlussbericht vom 17.12.2008 Kapitel 3.2.2).

Ausgangspunkt für die nachfolgende Änderungsverfolgung in der Ausführungsplanung und Bauphase ist die von IP5 zur Verfügung gestellt PHPP-Datei 2009-06-15_phpp_erding vom 15.6.2009. Der Energiewert Heizwärme liegt hier bei 14,6 kWh/m²a.

Die Auswirkungen von Änderungen in den energetischen Kennwerten wurden in der PHPP-Datei nachverfolgt, damit die Einhaltung des Heizwärmebedarfs von 15 kWh/m²a sichergestellt wird.

- **U-Werte und g-Werte der Fenster**

Die U-Werte wurden für jedes Fenstermaß errechnet und ein flächengewichteter Mittelwert für das gesamte Gebäude errechnet. Insgesamt ergibt sich mit der Berücksichtigung der Einbauwärmebrücken ein U-Wert in Höhe von 0,86 W/m²K. Der Heizwärmebedarf reduziert sich durch den guten U-Wert der Fenster von 14,6 kWh/m²a auf 14,35 kWh/m²a.

- **Dämmung Bodenplatte gegen Erdreich**

In der PHPP-Berechnung wurde mit 20 cm Wärmedämmung unter der Bodenplatte mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/mK gerechnet. Unter der Bodenplatte wird das Dämmmaterial Styrodur 5000 CS mit 2 * 100 mm Dämmstoffdicke eingesetzt. Dieses Material hat einen Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von 0,038 W/mK. Daher erhöht sich der Heizwärmebedarf von 14,35 auf 14,57 kWh/m²a.

- **Dämmung Außenwand gegen Erdreich**

In der PHPP-Berechnung wurde eine mittlere Dämmstoffdicke in Höhe von 213 mm mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/mK angesetzt. Das reale Gebäude wurde etwas anders ausgeführt. Die Außenwand gegen Erdreich wurde mit dem Dämmmaterial Styrodur 3035 CS gedämmt. Die Dämmstoffdicke an den Giebelseiten beträgt 2 * 140 mm. An den Längsseiten des Gebäudes wird die Außenwand gegen Erdreich mit einer Lage mit 100 mm und einer Lage mit 120 mm gedämmt. Der Bemessungswert des Dämmmaterials Styrodur 3035

Cs ist abhängig von der Plattendicke. Bei einer Platte mit 100 mm beträgt der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit 0,038 W/mK. Die Platten mit 120 bzw. 140 mm liegen dagegen bei 0,039 W/mK. Der Heizwärmebedarf verbessert sich dadurch von 14,57 auf 14,51 kWh/m²a.

- **Dämmung Dach**

Im Rahmen der Ausführungsplanung wurde die Gefälledämmung des Daches konkretisiert. Daher musste geprüft werden, ob mit der gewählten Ausführung der geforderte U-Wert erreicht wird. Die Dämmung des Nord- und Südriegels erfolgt mit der Dämmung swisspor EPS 035. Die Wärmedämmung hat einen Bemessungswert in Höhe von 0,035 W/mK. Die Dämmung besteht aus Grundplatten und Gefälleplatten. Die Wärmedämmung wird mehrlagig ausgeführt und hat eine Mindestdicke von 320 mm. Am Nordriegel erhöht sich die Dicke der Wärmedämmung auf max. 470 mm und am Südriegel auf max. 420 mm. Im Mittel werden genau die Werte erreicht, die in der PHPP-Berechnung angesetzt wurden, daher ergeben sich hier keine Änderungen.

Die Dämmung des Atriumdaches erfolgt als Zwischensparrendämmung mit 28 cm der Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/mK. Der Sparrenanteil beträgt 11 %. Diese Werte stammen aus der Ausführungsplanung des Architekten. In der vorliegenden PHPP-Berechnung wurde das Atrium fälschlicherweise genauso angesetzt wie beim Nord- und Südriegel. Daher erhöht sich durch die korrekte Eingabe des Atriumdaches der Heizwärmebedarf von 14,51 kWh/m²a auf 14,59 kWh/m²a.

- **RWA-Kuppeln**

Die vier dreischaligen RWA-Kuppeln haben einen U-Wert von 1,6 W/m²K. Der Aufsatzkranz mit 20 mm Isolierung erreicht einen U-Wert von etwa 1,0 W/m²K. Daraus errechnet sich ein flächengewichteter mittlerer U-Wert von 1,36 W/m²K für RWA-Kuppel und Aufsatzelement. Da sich die technischen Daten der realisierten RWA Kuppeln im Vergleich zur PHPP-Berechnung etwas verändert haben, erhöht sich der Heizwärmebedarf von 14,59 kWh/m²a auf 14,67 kWh/m²a.

- **Außenwand**

Zur Kompensation der erhöhten Wärmeverluste über das Erdreich wurde vorgeschlagen, die Wärmedämmung der Außenwand zu verbessern. Dies wurde über eine Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit der Mineralwolledämmung von 0,035 W/mK (derzeitige Planung) auf 0,032 W/mK möglich. Dadurch konnte der U-Wert der Außenwand verbessert werden, ohne die Dicke der Außenwanddämmung zu erhöhen. Der Heizwärmebedarf verringert sich durch diese Maßnahme von 14,67 auf 14,45 kWh/m²a.

- **Abstandshalter Dachverglasung**

Die ausführende Firma hat darauf hingewiesen, dass aufgrund der notwendigen, begehbaren Ausführung der Dachverglasung, der bislang für das Glasdach in der U-Wert-Berechnung angesetzte Kunststoffabstandhalter (Randverbund Glas) mit einem Psi-Wert von 0,034 W/mK nicht eingesetzt werden kann. Stattdessen wird der Abstandhalter „Chromatech Plus“ mit einem Psi-Wert von 0,063 W/mK eingesetzt.

Der gemittelte Gesamt-Fenster-U-Wert erhöht sich dadurch von 0,859 auf 0,864 W/m²K. Dies erhöht den Jahresheizwärmebedarf gemäß PHPP 14,53 kWh/m²a.

- **Mechanische Lüftungsanlagen**

Für das ausgewählte System von AL-KO Therm ergibt sich ein Wärmebereitstellungsgrad von 80 %. In der PHPP-Berechnung wurde von Hr. Rohlffs ein Wärmebereitstellungsgrad von 82 % angesetzt. Der Jahresheizenergiebedarf erhöht sich mit der Anlage von AL-KO Therm vom Stand von 14,53 kWh/m²a auf 15,09 kWh/m²a.

Großen Einfluss auf den Jahresheizwärmebedarf haben das angenommene Lastprofil und die sich daraus ergebende mittlere Luftwechselrate. Die derzeitig angesetzte Luftwechselrate nach PHPP-Berechnung von ip5 beträgt 0,5 1/h. Da in den Wert der mittleren Luftwechselrate auch Tage ohne Schulbetrieb einfließen, erscheint uns der Wert etwas zu hoch.

Die Luftwechselrate wurde auf Basis des Lastprofils und einer abgeschätzten Anzahl von Nutzungstagen von 238 Tagen im Jahr zu 0,32 1/h neu ermittelt. Dies führt zu einer Reduktion des Jahresheizwärmebedarfs auf 13,06 kWh/m²a.

- **Blower-Door Test**

Der Blower-Door-Tests (Verfahren A – Bericht vom 31.1.2011) ergab ein Drucktestergebnis von 0,17 1/h. Die Eingabe dieses Ergebnisses in die PHPP-Berechnung führt zu einem Energiekennwert Heizwärme von 10,51 kWh/m²a.

- **Anpassungen Energiebezugsfläche und Bauteilkatalog**

Die Energiebezugsfläche wurde angepasst an den letzten Planstand und die tatsächliche Stahlbetondicke in den Bauteilkatalog eingegeben. Dies führt zu dem Ergebnis von 10,40 kWh/m²a.

Der Passivhausstandard im Bezug auf den Heizwärmebedarf mit 10,4 kWh/m²a berechnet nach dem Monatsverfahren bzw. 10,9 kWh/m²a nach dem Jahresverfahren kann somit nach Projektabschluss eingehalten werden.

Das Erreichen des Passivhausstandards im Bezug auf den Heizwärmebedarf kann somit nach Projektabschluss bestätigt werden. Die PHPP-Dokumentation findet sich im Anhang 15.5. Nachstehend wird ein Auszug aus dem Passivhaus-Nachweis abgebildet.

Passivhaus Nachweis



Objekt: **Schule FOS-BOS Erding**

Standort und Klima: **Standard Deutschland**

Straße:

PLZ/Ort: **85442 Erding**

Land: **Deutschland**

Objekt-Typ: **Schule**

Bauherr(en): **Landkreis Erding, Landratsamt**

Straße: **Alois-Schießl-Platz 2**

PLZ/Ort: **85442 Erding**

Architekt: **k-plan AG**

Straße:

PLZ/Ort:

Haustechnik:

Straße:

PLZ/Ort:

Baujahr: **2009**

Zahl WE:

Umbautes Volumen V_u : **35955,7** m³

Personenzahl: **750,0**

Innentemperatur: **20,0** °C

Interne Wärmequellen: **2,8** W/m²

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche			
Energiebezugsfläche:	6663,1 m ²		
Verwendet:	Monatsverfahren	PH-Zertifikat:	Erfüllt?
Energiekennwert Heizwärme:	10 kWh/(m²a)	15 kWh/(m²a)	ja
Drucktest-Ergebnis:	0,2 h⁻¹	0,6 h ⁻¹	ja
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Kühlung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	kWh/(m²a)	120 kWh/(m ² a)	
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	kWh/(m²a)		
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:	kWh/(m²a)		
Heizlast:	10 W/m²		
Übertemperaturhäufigkeit:	49 %	über 26 °C	
Energiekennwert Nutzkälte:	kWh/(m²a)	15 kWh/(m ² a)	
Kühllast:	10 W/m²		

Abbildung 26: Auszug aus dem Passivhaus-Nachweis

Der Primärenergiekennwert nach PHPP, der sämtliche Energieverbräuche im Gebäude erfassen würde (z.B. PCs, Küchengeräte etc.) wurde nicht ermittelt. Stattdessen wurde der spezifische Primärenergiebedarf Haustechnik über ein tabellarisches Berechnungsverfahren abgeschätzt (s. Kapitel 6.2).

Generell gilt, dass die Berechnung des Heizwärmebedarfs mit dem Programm PHPP berechnet wurde und der Heizwärmebedarf unter 15 kWh/m²a liegt. Dennoch handelt es sich nur um ein Gebäude in Passivhausqualität und nicht um ein zertifiziertes Passivhaus. Auf eine Passivhauszertifizierung wurde bewusst verzichtet, da hier ein zusätzlicher Aufwand für die Berechnung des Primärenergiebedarfs gemäß PHPP, für die Dokumentation der Wärmebrücken und Kosten für die Zertifizierungsstelle angefallen wären.

6.2 Primärenergiebedarf Haustechnik

Über ein von der Ingenieurpartnerschaft IP5 entwickeltes, an den „Leitfaden elektrische Energie im Hochbau“ des Landes Hessen (LEE) angelehntes tabellarisches Berechnungsverfahren wurde der Primärenergiebedarf für die Haustechnik abgeschätzt. Die Küche wurde bei diesen Berechnungen, wie mit der DBU seinerzeit vereinbart, nicht berücksichtigt.

Die Berechnung wurde ausführlich im Abschlussbericht [ABS 2008] dokumentiert.

Laut von IP5 übergebener Grafik und Tabelle vom 29.5.2009, lag der spezifische Primärenergiebedarf (PEB) Haustechnik der FOS/BOS Erding bei 54,8 kWh/m²a (Stand 11.3.08), bei 71,4 kWh/m²a (Stand 21.4.08) und bei 70,5 kWh/m²a (Stand 29.5.09). Abbildung 27 zeigt die übergebene Grafik vom 29.5.2009, die den spezifischen Primärenergiebedarf Haustechnik für verschiedene Planungsstände darstellt. Der spezifische Primärenergiebedarf Haustechnik für die FOS/BOS Erding wurde mit den entsprechenden Werten eines in Geometrie und Nutzung gleichen, aber mit Standardtechnologien erstellten Gebäudes verglichen - das „Standardgebäude“.

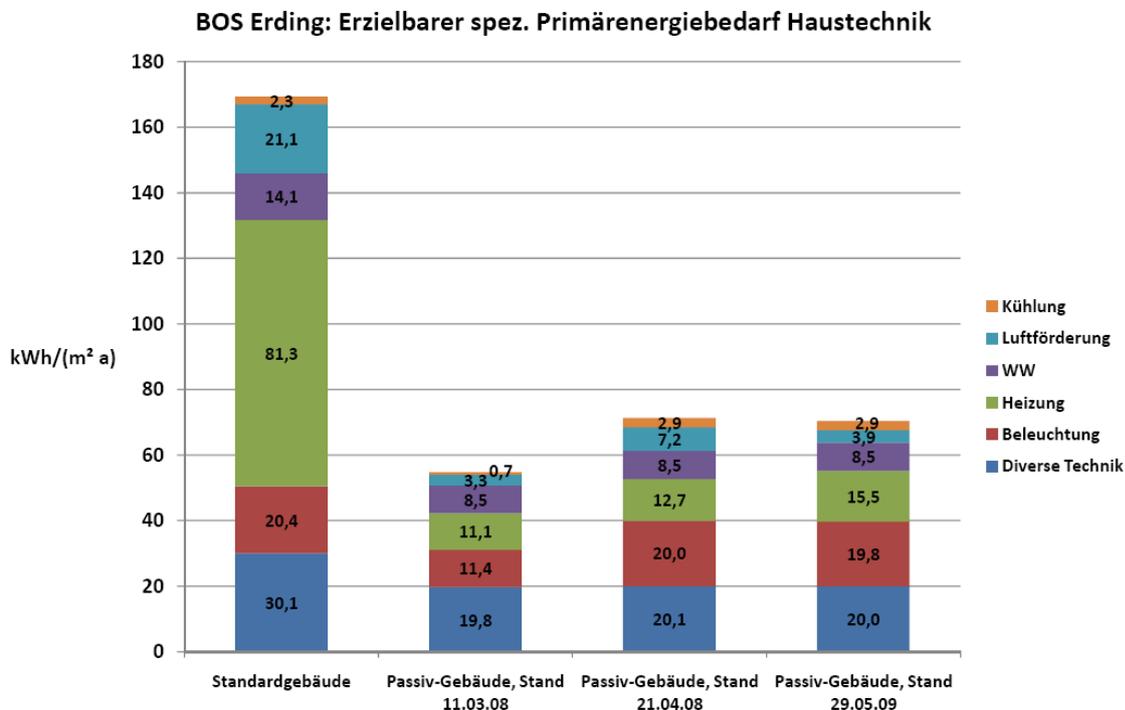


Abbildung 27: Spezifischer Primärenergiebedarf Haustechnik (Stand 29.05.09)

Im Zuge der Fortschreibung der Primärenergieberechnung ist aufgefallen, dass die Primärenergieberechnung bei der Übergabe am 29.5.2009, die unsere Basis für die Aktualisierung der Primärenergiebedarfsberechnung ist, nicht mit der Primärenergiebedarfsberechnung im Abschlussbericht übereinstimmt. Im Abschlussbericht vom 17.12.08 wurde die Primärenergieberechnung Stand 11.3.08 dargestellt. Warum bei der Primärenergieberechnung im Abschlussbericht nicht der damals aktuelle Wert genannt wurde, konnte trotz Aufforderung zur Stellungnahme an IP5 nicht geklärt werden. Da wir die Fortschreibung der Primärenergieberechnung erst 2009 übernommen haben, werden nachfolgend Änderungen ab Stand 29.05.09 dokumentiert. Die (End-)Berechnung findet sich in Anlage15.6.

- **Nettogrundfläche**

Die Nettogrundfläche und die Aufteilung auf die Zonen (Klassenzimmer, Fachräume, Gruppenräume, Büro, Nebenräume, Verkehrsflächen, Sanitär) wurde an die von kplan® AG aktu-

alisierte Nettogrundflächen-Berechnung angepasst. Die Nettogrundfläche (ohne Küche) beträgt 7.574 m².

- **Beleuchtung**

Für jede Zone wurde für exemplarische Räume die spezifische installierte Beleuchtungsleistung ermittelt und mit den Annahmen von IP5 abgeglichen. Abweichungen ergaben sich für die Zonen Büro (13,3 W/m² angesetzt; auf 8,8 W/m² geändert) und Sanitär (9,4 W/m² angesetzt; auf 7,2 W/m² geändert).

Die Betriebszeiten für die Beleuchtung wurden aus der ursprünglichen Berechnung übernommen.

Dadurch reduziert sich der spezifische Primärenergiebedarf für die Beleuchtung von 19,8 kWh/m²a auf 19,0 kWh/m²a.

- **Heizung**

Der Wärmebedarf wurde an den nach PHPP berechneten Heizwärmebedarf von 10,4 kWh/m²a angepasst. Auf Basis der von IB Baumann zur Verfügung gestellten Elektrischen Verbraucherliste (s. Anlage 15.9) wurde die Pumpenleistung für die Wärmeverteilung mit 0,92 kW angesetzt. Die Volllaststunden wurden mit 1.900 h abgeschätzt.

Angepasst wurden des Weiteren der Primärenergiefaktor und die CO₂-Emissionen für die Fernwärme Erding. Der im Dezember 2009 für die Fernwärme Erding der Evonik New Energies GmbH bescheinigte Primärenergiefaktor liegt bei 0,84 [PEF2011]. Die Bescheinigung ist bis Dezember 2012 gültig. Von Mitarbeitern der der Evonik New Energies GmbH wurde ein spezifischer Kohlendioxid-Emissionsfaktor von 177 g CO₂ je Kilowattstunde Wärme errechnet.

Durch diese Änderungen verringert sich der spezifische Primärenergiebedarf für die Heizung von 15,5 kWh/m²a auf 11,0 kWh/m²a.

- **Kühlen**

Der Kühlenergiebedarf setzt sich aus dem Strombedarf für die Brunnenpumpe für die Kühlung mit Grundwasser sowie für die Pumpen zur Kälteverteilung zusammen. Die Pumpenleistung wurde - analog der Wärmeverteilung - auf Basis der von IB Baumann zur Verfügung gestellten Liste der elektrischen Verbraucher (s. Anlage 15.9) ermittelt. Eine Pumpenleistung für die Kälteverteilung (RLT, Informatikräume, Serverraum) von insgesamt 0,8 kW wurde installiert.

Auf Basis eines von der Herstellerfirma zur Verfügung gestellten technischen Datenblattes konnte die elektrische Leistungsaufnahme der Pumpe in Volllast und im Teillastverhalten ermittelt werden. Die Brunnenpumpe hat eine elektrische Leistungsaufnahme von maximal 2,5 kW und minimal von 0,9 kW. Als Basis für die Abschätzung des Kühlbedarfs dienen die Wetter-Daten des Testreferenzjahres (Extremer Sommer, Region 13) des Deutschen Wetterdienstes.

Für die Ermittlung des Energiebedarfs der Brunnenpumpe wurden folgende Annahmen zugrunde gelegt:

- die Serverraumkühlung läuft das ganzjährig
- die RLT-Kühlung läuft, wenn die Außentemperatur höher als 17,5°C ist und die Schüler anwesend sind

- die Kühlung der Informatikräume läuft, wenn die Außentemperatur höher als 12°C ist und die Schüler anwesend sind.

Für den Betrieb der Brunnenpumpe wurde auf dieser Basis ein Strombedarf von 8.676 kWh/a errechnet. Die Brunnenpumpe würde nach dieser Berechnung zu 90 % für die alleinige Kühlung des Serverraums laufen. Bei einer Stromaufnahme von 0,9 kW ergibt sich hierfür ein Strombedarf von 7.300 kWh/a. Vom IB Baumann sind schon Optimierungslösungen vorgeschlagen worden (s.a. Kapitel 8). Da der endgültige Lösungsansatz noch nicht feststeht, fließen Optimierungsmaßnahmen nicht mehr in die Berechnung ein.

Dadurch erhöht sich der spezifische Primärenergiebedarf für die Kühlung von 2,9 kWh/m²a auf 4,1 kWh/m²a.

• Mechanische Lüftungsanlagen

Auf Basis der vom IB Baumann angegebenen Lastzeitprofilen (vgl. Anlage 15.10) wurden die von ip5 für die Ermittlung des Primärenergiebedarfs geschätzten Betriebsstunden angepasst: unter der Annahme von 200 Betriebstagen pro Jahr reduzieren sich die Betriebsstunden für "Klassenzimmer" von 1 680 auf 1 133 h/a. Da jedoch der spezifische Strombedarf im Teillastbetrieb nicht abnimmt (vgl. Anlage 15.7)), muss der Teillastfaktor von 0,7 auf 1 gesetzt werden. Da sich insgesamt zu den von IP5 auf dieser Basis ermittelten energieäquivalenten Volllaststunden pro Jahr von 1.176 nur eine geringfügige Änderung ergeben hätte, wurde dieser Wert beibehalten.

Die von IP5 abgeschätzten Leistungsaufnahmen der Ventilatoren von 5,2 kW für die Klassenzimmer, 0,5 kW für die Nachtlüftung und 0,36 kW für die Sanitärbereiche wurden durch die Leistungsaufnahmen gemäß den Auslegungsdaten der tatsächlich eingesetzten Lüftungsgeräte ersetzt. Es ergaben sich folgende Leistungsaufnahmen: 7,4 kW für die Klassenzimmer (5,0 kW im Sommerbetrieb ohne Wärmerückgewinnung), 0,6 kW für die Nachtlüftung und 0,73 kW für die Sanitärbereiche.

Auf dieser Basis ergibt sich ein Strombedarf für die Luftförderung von 14 342 kWh/a. Dadurch erhöht sich der spezifische Primärenergiebedarf für die Luftförderung von 3,9 kWh/m²a auf 5,1 kWh/m²a.

Die Ergebnisse dieser Aktualisierung im Vergleich zu einer baugleichen Standardschule mit Lüftungsanlage sind der folgenden Wertetabelle zu entnehmen. Die spez. Werte von der Standardschule wurden von [ABS2008] übernommen und über die Nettogrundfläche der absolute Wert ermittelt.

Tabelle 2: Zahlenwerte zum Vergleich des Primärenergiebedarfs für die FOS/BOS Erding und einen geometrie- und nutzungsgleichen Standardbau

	Standardschule mit LA		FOS/BOS Erding	
	PEB kWh/a	Spez. PEB kWh/m ² a	PEB kWh/a	Spez. PEB kWh/m ² a
Beleuchtung	154.573	20,4	143.839	19,0
Heizung	615.984	81,3	83.361	11,0
Luftförderung	159.468	21,1	38.723	5,1
Kühlung	17.252	2,3	31.343	4,1
Diverse Technik	227.965	30,1	155.828	20,6
Warmwasser	107.113	14,1	64.147	8,5
Summe	1.175.242	169,3	517.240	68,3

Der energetisch optimierte Neubau der FOS/BOS Erding im Passivhaus-Standard ermöglicht eine Senkung des Primärenergiebedarfs um mehr als 60 % im Vergleich zu einer Standardschule mit Lüftungsanlage.

Auf Basis des Endenergiebedarfs für Strom und Wärme lassen sich die jährlichen monetären und energetischen Einsparungen ermitteln (s. Tabelle 3). Die Jahreskosten wurden für einen Wärmepreis von 0,08 € und einen Strompreis von 0,24 € berechnet. Auf Basis von CO₂-Emissionsfaktoren für Strom und Wärme können analog die CO₂-Emissionen abgeschätzt werden. Die CO₂-Emissionen pro Kilowattstunde Strom wurde mit 628 g, pro Kilowattstunde Wärme 212 g für die Standardschule (Erdgasheizung) und 177 g (Fernwärme Erding) angesetzt.

Tabelle 3: Zahlenwerte zum Vergleich der Einsparungen und CO₂-Vermeidung für die FOS/BOS Erding und einen geometrie- und nutzungsgleichen Standardbau

	Standardschule mit LA	FOS/BOS Erding	Einsparung
Wärmeendenergiebedarf kWh/a	571.804	93.621	478.183
Stromendenergiebedarf kWh/a	253.752	162.444	91.308
Jahreskosten in €/a	106.645	46.476	60.169
CO₂-Emissionen in t/a	281	119	162

Im Vergleich zu einer Standardschule mit Lüftungsanlage können somit jährlich 162 t Kohlendioxid eingespart werden.

In Abbildung 28 wird Abbildung 27, die den spezifischen Primärenergiebedarf für verschiedene Planungsstände aufzeigt, um den aktuellen Planstand erweitert. Es zeigt sich, dass der rechnerisch ermittelte erzielbare Primärenergiebedarf des Gebäudes vom Planungsstand April 2008 bis zum gebauten Gebäude nicht angestiegen ist.

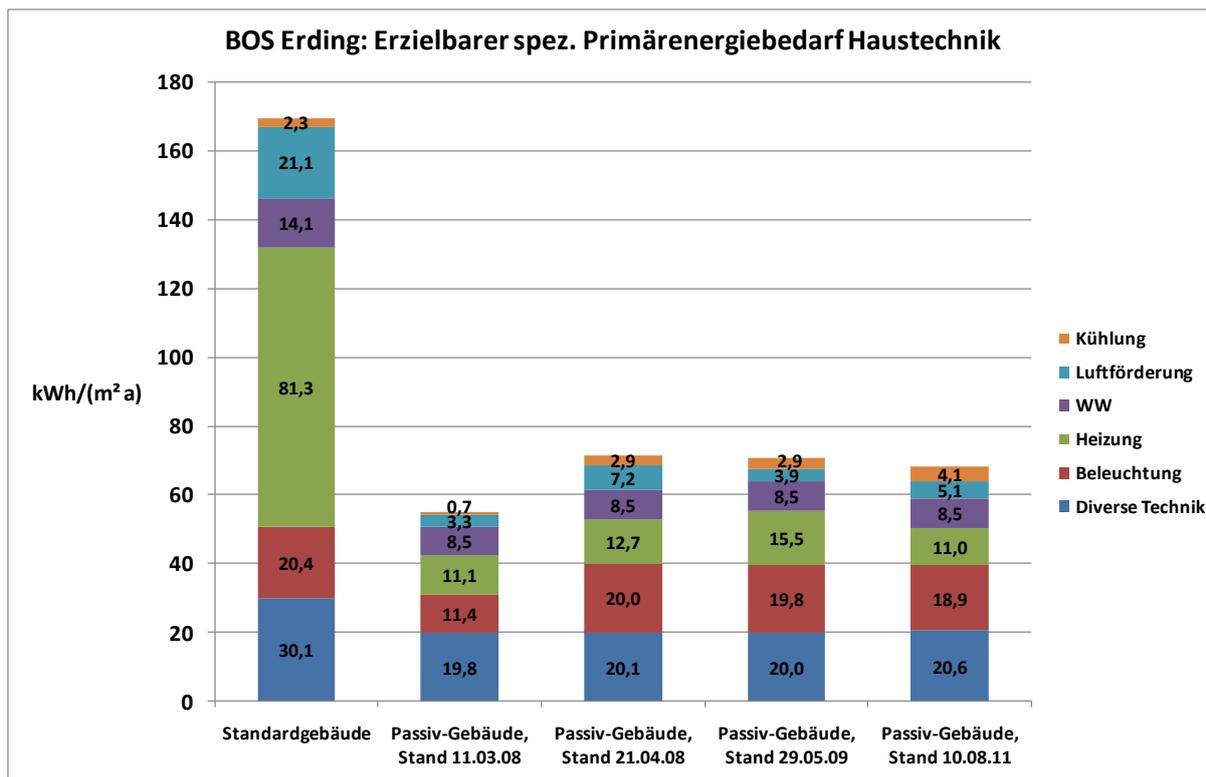


Abbildung 28: Spezifischer Primärenergiebedarf Haustechnik (aktualisiert)

6.3 EnEV-Nachweis

Für den Neubau der FOS/BOS Erding wurde ein bedarfsorientierter Energieausweis nach dem Regelverfahren für Nichtwohngebäude nach EnEV 2007, § 4 und Anlage 2, zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs und des auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmetransferkoeffizienten erstellt. Der Jahres-Primärenergiebedarf für Nichtwohngebäude wurde nach DIN V 18599 ermittelt.

Vier Berechnungen wurden in verschiedenen Projektphasen von ip5 durchgeführt: Vorabzug vom Juli 2008, Anpassung des Vorabzugs Juni und Dezember 2009 und Endabzug Juli 2011.

Der Primärenergiebedarf im Energieausweis vom Juli 2008 lag bei 65,2 kWh/m²a. Der Primärenergiebedarf gemäß Energieausweis vom Juni 2009 lag bei 89,3 kWh/m²a. Diese Erhöhung stand vor allem im Zusammenhang mit dem Einfluss des angesetzten Primärenergiefaktors für die Fernwärme. Bei der ersten Berechnung wurde der Primärenergiefaktor der Fernwärme mit dem Standardwert 0,7 (Fernwärme aus KWK-Anlagen mit fossilen Brennstoffen) angesetzt, da vom Versorger keine Angaben über den Primärenergiefaktor der Fernwärme Erding vorlagen. Zwischenzeitlich gab es von der Evonik New Energies GmbH Angaben zum Primärenergiefaktor für das Betriebsjahr 2005, für das der Primärenergiefaktor bei 0,98 lag, der jedoch nicht als Zertifikat vorlag. Im Energieausweis vom Juni 2009 hat ip5 mit einem Primärenergiefaktor von 1,06 gerechnet, der sich aus einer Zusammensetzung von "Nah-/Fernwärme aus Heizwerken" mit fossilem (PEF=1,3) und erneuerbarem Brennstoff (PEF=0,1), und zwar im Verhältnis 80/20 ergab.

Der errechnete Primärenergiebedarf vom Juli 2008 veränderte sich auch durch den Einbezug der Küche im Vergleich zur Berechnung vom Juni 2009. Allein für die Warmwasserbereitung hat sich der Primärenergiebedarf um 6,1 kWh/m²a erhöht. In der Realität ist die Erhöhung jedoch etwas geringer, da die Abwärme der Kleinkälteanlage in der Berechnung nicht berücksichtigt wurde. Auch der Antrieb der Küchenventilatoren und die Zuluftheizung und -kühlung führt zu einer Erhöhung des Primärenergiebedarfs.

Im Vorabzug vom Dezember 2009 wurde der nun als Zertifikat vorliegende Primärenergiefaktor von 0,98 angesetzt, womit sich der Primärenergiebedarf zu 83,1 kWh/m²a und der errechnete.

Beim Endabzug (s. Abbildung 29) des Energieausweises, der im Juli 2011 berechnet wurde, ergaben sich nur noch kleinere Änderungen. Die Nettogrundfläche wurde aktualisiert, die installierte Beleuchtungsleistung wurde auf Basis der Beleuchtungs-Bestandpläne der Fa. Elektro Brandhuber vom 12.4.2011 errechnet und exakt eingegeben.

Mittlerweile wurde der Primärenergiefaktor erneut errechnet und zertifiziert (s.a. Kapitel 6.2). Da bei einem Energieausweis jedoch der zum Zeitpunkt der Genehmigung des Gebäudes gültige Primärenergiefaktor entscheidend ist, blieb dies unberücksichtigt.

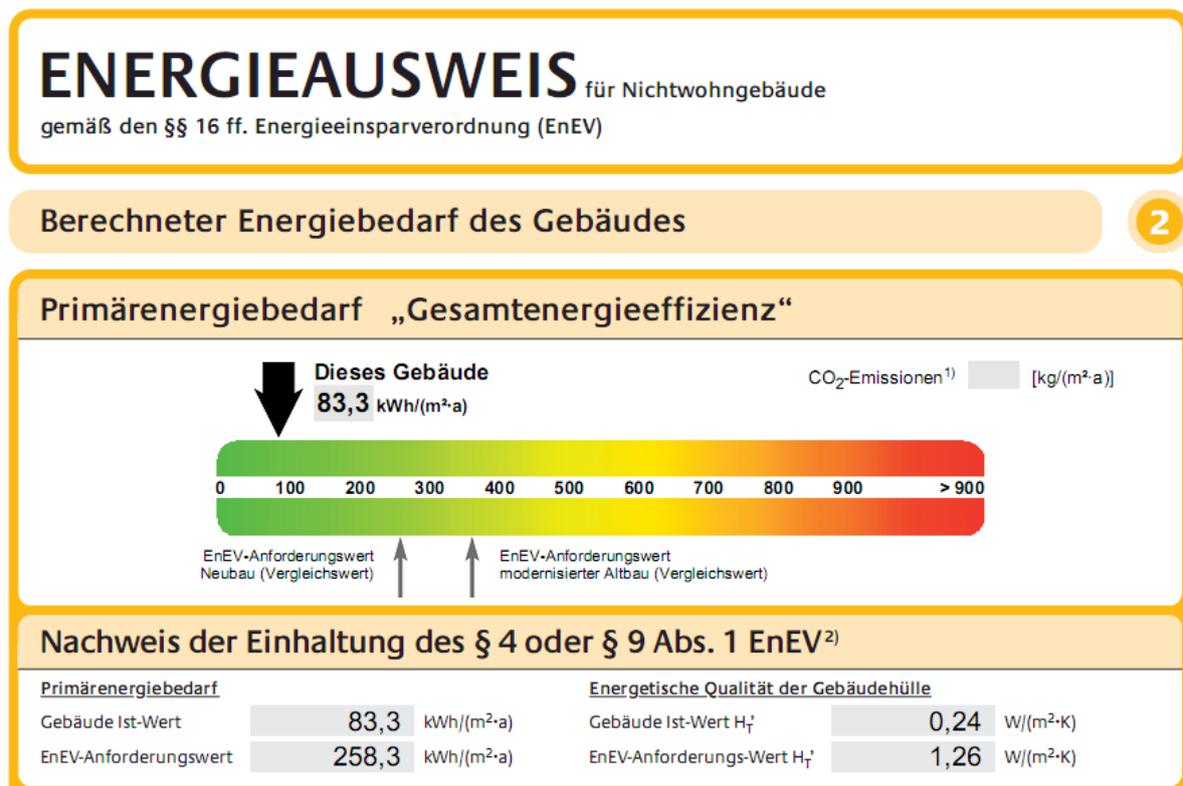


Abbildung 29: Ausschnitt EnEV-Nachweis im Endabzug (Juli 2011)

Die Anforderung an den Jahres-Primärenergiebedarf wird um 68 %, die an den Transmissionswärmetransferkoeffizienten sogar um 81 % unterschritten.

6.4 Überblick und Zusammenfassung

Die Überprüfung der gestellten Ziele anhand von Energiekennzahlen hat sich als gut handhabbares und wirksames Instrumentarium während der Bauausführung erwiesen. Auch die Auswahl der Energiekennzahlen (Energiekennwert Heizwärme nach PHPP, Primärenergiebedarf Haustechnik nach LEE sowie der öffentlich-rechtliche Nachweis nach DIN V 18599) haben sich als geeignete Kenngrößen erwiesen. Der Energiekennwert Heizwärme nach PHPP ist eine unabdingbare Kenngröße, sofern man Passivhaus-Standard erreichen will. Der Primärenergiekennwert nach PHPP bezieht in die Betrachtung sämtlichen Energiebedarf für Haustechnik aber auch sonstige Strombezüge (z.B. für Computer, Monitor, Drucker, Herd, Spülmaschine) innerhalb der Gebäudehülle mit ein. Dieser weitgefasste Primärenergiekennwert nach PHPP ist für die ganzheitliche energetische Optimierung – insbesondere von Wohngebäuden- sinnvoll, im vorliegenden Projekt mit dem Focus auf eine optimierte

Gebäudetechnik, war die Kenngröße Primärenergiebedarf Haustechnik nach LEE zielführender.

Der gesetzlich vorgeschriebene Energie-Nachweis nach EnEV 2007/DIN V 18599 schließlich ermöglicht die Berechnung des Schulgebäudes mit definierten Randbedingungen und Nutzungsprofilen, die unabhängig von den tatsächlichen Nutzungsbedingungen der FOS/BOS Erding vorgeschrieben sind.

Nachfolgende Tabelle fasst die Kenngrößen unter Angabe wichtiger Randbedingungen, den Ergebnissen und der Unterschreitung zum Grenzwert bzw. zu Referenzgebäuden zusammen.

Tabelle 4: Kenngrößen unter Angabe wichtiger Randbedingungen, den Ergebnissen und der Unterschreitung zum Grenzwert bzw. zum Referenzgebäude

Energiekennwert	Randbedingung	Grenz-/Standardwert	Endwert FOS/BOS Erding	Unterschreitung
Heizwärme (PHPP)	ohne Küche	15 kWh/m ² a	10,4 kWh/m ² a	31 %
Primärenergiebedarf Haustechnik (LEE)	ohne Küche	169 kWh/m ² a	68 kWh/m ² a	60 %
EnEV-Nachweis: H _T '		1,26 W/m ² K	0,24 W/m ² K	81 %
EnEV-Nachweis: Primärenergiebedarf		258 kWh/m ² a	83 kWh/m ² a	68 %

7 Wirtschaftlichkeits- und Nachhaltigkeitsuntersuchung

Die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung wurde von Herrn König, Ascona GbR, in Verbindung mit einer Bewertung der Nachhaltigkeit durchgeführt. Der Bericht von Herrn König „Fachoberschule und Berufsoberschule in Erding- „wie gebaut“, Projektzusammenstellung und Ergebnisse“ ist als Anlage 15.19 angefügt und wird nachfolgend zusammengefasst.

7.1 Ausgangslage und Aufgabenstellung

Ein umfassender Nachhaltigkeitsnachweis der Fach- und Berufsoberschule in Erding wurde in der Konzeptphase erstellt und im Abschlussbericht [ABS2008] dargestellt. Hier wurden der gesamte verursachte Stoffstrom und dessen Umweltbelastung für eine bestimmte Lebensdauer des Gebäudes berechnet.

Für die vorliegende Wirtschaftlichkeitsuntersuchung wurden die Arbeiten der Konzept- und Planungsphase an den Status angepasst, wie die Schule letztendlich gebaut wurde. Die Anpassung erfolgte auf der Basis einer durch das Büro K-Plan erstellten Synopseliste (alte Baubeschreibung im Vergleich zu „wie gebaut“).

Wie schon 2008 wurde für die Auswertung die Software und Datenbank „LEGEP“ eingesetzt. Durch die integrale Arbeitsweise des Programms, ist es möglich, eine Überprüfung und Validierung der Berechnungsergebnisse durch einen Vergleich mit den Arbeiten und Gutachten anderer Projektanten im Bereich Herstellungskosten und Energiebedarf durchzuführen.

Der integrale Ansatz der LEGEP-Software auf Basis der Elementmethode erlaubt mit einem gegenüber einer üblichen computergestützten Kostenermittlung geringem Mehraufwand eine komplexe Beschreibung und Beurteilung.

Nach der Eingabe eines Projektes mit Elementen stehen Informationen zu den Herstellungskosten, den Nutzungskosten, dem wärmetechnischen Verhalten, den Kosten der Ver- und Entsorgung, den Energie- und Stoffströmen und der Ressourceninanspruchnahme, sowie der resultierenden Umweltbelastung eines Gebäudes zu Verfügung.

Zusätzlich zu diesen Angaben soll die realisierte Schule mit einer Standardschule verglichen werden, die in der Größenordnung mit der gebauten Schule identisch ist, aber nur die Standardforderungen der Energieeinsparverordnung von 2007 einhält.

7.2 Projektauswertung

7.2.1 Kosten

Mit 7% Mehrinvestition für das gesamte Bauvorhaben (KGR 1-7) wird ein energetisch zukunftsfähiges Gebäude realisiert, das bezüglich des Nutzkomforts erhebliche Vorteile aufweist.

7.2.2 Ver- und Entsorgung

Der Endenergiebedarf ist für das Standardgebäude ca. 3 mal so hoch wie der Endenergiebedarf des realisierten Niedrigstenergiegebäudes. Es ergeben sich Ver- und Entsorgungskosten für das Niedrigstenergiegebäude, die um 50 % niedriger sind, als für das Standardgebäude.

7.2.3 Lebenszykluskosten

Die Lebenszykluskosten im Verlauf des Betrachtungszeitraums zeigen, dass die höheren Investitionskosten der realisierten Variante – ca. 800.000 € netto bei KGR 300/400 – durch die niedrigeren Versorgungskosten des Gebäudes ausgeglichen werden können. Dabei wird durch die vollständige Modellierung aller Folgekosten auch berücksichtigt, dass die realisierte Variante durch den höheren Technisierungsgrad höhere Wartungs- und Instandsetzungskosten aufweist.

Insgesamt werden bei dieser statischen Betrachtung (ohne Kostendynamisierung) die Betriebskosten um 4,3% unterschritten. Die dynamische Barwertberechnung nach den Regeln der Zertifizierung für das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen der Bundesregierung für Bundesbauten mindert den Effekt der höheren Versorgungskosten der Standardvariante für die späteren Lebenszyklusjahre ab. Trotz der Abzinsung über den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren ergibt sich ein günstigerer Barwert für die realisierte Variante mit einer Differenz von € 52,58 oder 3,3 %. Dieser Betrag bezieht sich nach den Regeln der Zertifizierung auf den Quadratmeter Bruttogrundfläche. Absolut wird bei einer BGF von 9.083 m² eine Differenz von 477.600.- € erreicht.

7.2.4 Ökobilanz

Das realisierte Niedrigstenergiegebäude unterschreitet die Werte der Standardvariante bei

- Nicht erneuerbare Primärenergie 46,7%
- Erneuerbare Primärenergie 53,8%
- Klimagaspotenzial 42,7 %
- Ozonabbaupotenzial 32,9%
- Ozonbildungspotenzial 40,76%
- Versauerungspotenzial 41,65%

- Überdüngungspotenzial 45,67%

Dieses Ergebnis unterstreicht deutlich die Entlastungspotenziale des Gebäudes für die Umwelt, bei nachgewiesener Wirtschaftlichkeit.

8 Inbetriebnahme (Stand August 2011)

Für einen optimalen Betrieb eines Gebäudes ist es erforderlich, dass ein großer Wert auf die Inbetriebnahme gelegt wird. Insgesamt ist die Inbetriebnahme gut verlaufen. Nachfolgend werden Sachverhalte zusammengestellt, bei denen es zu Problemen kam.

Aufgrund der Bauzeitverzögerungen im Winter 2009/2010 war die Baustelle mehrere Monate in Verzug. Der Bezug der Schule konnte nicht in diesem Maße nach hinten verschoben werden. Der Bezug der Schule fand ab dem 7.3.2011 statt. Zu diesem Zeitpunkt war die Schule zwar schon fertiggestellt, aber die Inbetriebnahme war noch nicht abgeschlossen.

Daher erfolgte die Inbetriebnahme teilweise erst nach dem Bezug der Schule. Folgende Aspekte wurden erst bei laufendem Schulbetrieb fertiggestellt bzw. optimiert:

- Die Küche war noch nicht fertiggestellt.
- Der Volumenstromregler der Pausenhalle war kontinuierlich auf einen minimalen Luftvolumenstrom eingestellt, obwohl die Lüftung der Pausenhalle nur bei der Mittagslüftung vorgesehen ist.
- Die Nachtlüftung hat anfangs gar nicht, später aufgrund eines defekten Axialventilators und einer nicht auffahrbaren Kuppel teilweise nicht funktioniert.
- Einige CO₂-Sensoren waren anfangs defekt und mussten ausgetauscht werden.
- Der Automatikbetrieb der Sonnenschutzsteuerung war noch nicht aktiviert und der Sonnenschutz konnte nur über die Raumbedienelemente bedient werden. Ein Teil der Sonnenschutzsysteme ließ sich überhaupt nicht bedienen.
- Die Gebäudeautomation war zum Zeitpunkt des Bezugs nur in den Grundfunktionen programmiert. Eine Anzeige an der GLT war noch nicht vorhanden.
- Für das Monitoring wurden keine Datenpunkte aufgezeichnet. Eine Fernübertragung für die Daten fehlte ebenfalls.
- Die Trendkurven an der GLT wurden anfangs noch nicht dargestellt.

8.1 Gebäudeleittechnik

Zum Bezugstermin war die Gebäudeleittechnik nur in Teilen umgesetzt. Für den Gebäudebetrieb wurde zunächst ein provisorischer Betrieb mit eher manueller Fahrweise umgesetzt. Im Zuge der Fertigstellung der GLT traten auch deren Defizite hervor. Die zur Verfügung stehende Visualisierung war etwas unhandlich.

Leider konnten zahlreiche einstellbare Sollwerte nur datenpunktweise verändert werden. Auch Kalenderfunktionen beziehen sich immer nur auf bestimmte Werte, übergeordnete Wochenkalender z. B. zur Verlängerung der Hauptgebäudebetriebszeiten sind nicht vorhanden.

Die Anlegung der Aufzeichnung von Daten für das Monitoring konnte nur sukzessive parallel zur Fertigstellung von Baugruppen und Sensorik umgesetzt werden. Gleichzeitig wurde ein Teil der Monitoring-Daten als historische Trends auf der GLT dargestellt, jedoch keine eigenständige Trendaufzeichnung angelegt. Für das Monitoring müssen die historischen Trends als Minutenwerte aufgezeichnet werden. Diese hohe Auflösung führt dazu, dass die Trenddatei an der GLT ca. alle 3 Wochen abgespeichert werden muss. Die Trenddarstellung erfolgt nur für die Daten seit der letzten Abspeicherung. Für das Monitoring konnte eine

funktionierende Fernübertragung erreicht werden. Alle übertragenen Daten werden in einer Onlinedatenbank visualisiert (s. a. Kapitel 9).

Von den vorgesehenen Lüftungsbetrieben wurden nur ein Taglüftungsbetrieb und ein Nachtlüftungsbetrieb umgesetzt.

8.2 Lüftung

• Lüftung der Klassenzimmer

Das grundsätzliche Konzept sieht vor, dass je Person 20 m³/h konstante Außenluft über die zentralen RLT-Anlagen gefördert werden. In der Ausgangssituation waren 750 Personen vorgegeben. Durch eine intelligente Einzelraumregelung folgen die Luftmengen der Personenanzahl (s.a. Kapitel 4.3). Zusätzlich befindet sich in jedem Klassenzimmer ein öffnenbares Fenster. Die ersten Betriebserfahrungen haben gezeigt, dass der Umgang mit einer mechanischen Lüftung nicht selbsterklärend ist. Anfangs waren die Lehrer mit der Luftqualität in den Klassenzimmern nicht zufrieden. Eine Ursache hierfür war, dass die Luftmenge in einigen Klassenzimmern nicht korrekt war. Dies lag hauptsächlich an folgenden Gründen:

- Verkürzte Inbetriebnahme durch die Bauzeitenverzögerung. Hierdurch musste auf die vorgesehene Testphase verzichtet werden, wie sie von Anfang an von den Planern gefordert worden war.
- Bedienungsfehler
- Ein Teil der CO₂-Sensoren war defekt.
- Die CO₂-Sensoren gaben bei mehr als 2000 ppm Kohlendioxid eine erhöhte Spannung von mehr als 10 V aus, was vom Einzelraumregler als Störung umgesetzt wurde. Dementsprechend haben die Volumenstromregler geschlossen. (Hinweis: Der Mangel wurde Ende September behoben.)

Des Weiteren war die empfundene Luftqualität in den Klassenzimmern recht schlecht, da in der Anfangszeit der Sonnenschutz von den Lehrern noch nicht geschlossen wurde (Automatikbetrieb Sonnenschutz und Nachtlüftung war noch nicht aktiviert), wodurch es in den Klassenzimmern zu vergleichsweise hohen Raumtemperaturen kam und die Schüler zu schwitzen begonnen haben. Der vorhandene Luftwechsel reichte nicht aus, um die Geruchsbelastung abzuführen.

Ein weiteres Problem stellt die Teilbelegung von vielen Klassenzimmern dar. Weil die Lüftungsanlage auf eine Frischluftmenge von 20 m³/Person ausgelegt wurde, fehlt dann die Luftmenge in vollbelegten Klassenzimmern.

Generell stellt sich die Frage der optimalen natürlichen Lüftung in der FOS/BOS Erding. Das haustechnische Konzept sieht vor, dass die Fenster normalerweise geschlossen bleiben. Nur so wird ein definierter Luftvolumenstrom erzeugt, der von den Klassenzimmern in die Nebenräume und anschließend ins Atrium überströmt. Bei geöffnetem Fenster strömt die Zuluft nicht mehr in die Nebenräume sondern direkt nach draußen. Dadurch werden die Nebenräume nicht mehr ausreichend mit Frischluft versorgt.

Aus energetischer Sicht ist es vorteilhaft, wenn in der Übergangszeit die Fenster geöffnet werden. Die CO₂-Konzentration sinkt durch die Fensterlüftung unter den eingestellten Sollwert und der Volumenstromregler reduziert den Luftvolumenstrom auf den eingestellten Minimalwert. Dadurch wird letztendlich der Strombedarf für die Ventilatoren abgesenkt.

Auch aus Gründen der Behaglichkeit ist eine Fensterlüftung in der Übergangszeit vorteilhaft, Zum einen wird durch die Fensterlüftung (unter den meisten Außenluftbedingungen) ein deutlich höherer Luftwechsel erzielt, wodurch sich die Luftqualität im Klassenzimmer verbessert. Außerdem wird zu bestimmten Zeiten (wenn die Außentemperatur niedriger als die Raumtemperatur ist und gleichzeitig die Raumtemperatur zu hoch ist) durch die Fensterlüftung die Raumtemperatur abgesenkt.

Daher ist es aus Sicht des Ingenieurbüros Hausladen sinnvoll, den Lehrern in der Übergangszeit zu einer ergänzenden Fensterlüftung zu raten. Im Winter, wenn Heizbedarf besteht, und im Sommer, wenn Außentemperatur über der Raumtemperatur liegt, sollten die Fenster geschlossen bleiben.

Nachteilig ist, dass bei geöffnetem Fenster die Nebenräume nicht mehr ausreichend belüftet werden. Ein Beispiel hierfür ist das Sekretariat und der angrenzende Raum 1.19. Die Sekretärin öffnet in der Übergangszeit regelmäßig die Fenster. Der angrenzende Raum 1.19 wird als Vorbereitungsraum von Lehrern häufig genutzt. Aufgrund der Fensterlüftung wird der Raum 1.19 nicht mehr mit Frischluft versorgt, da die Zuluft über die Fenster nach draußen strömt. Zusätzlich wird an der GLT angezeigt, dass die Luftqualität in dem Raum 1.19 zu schlecht ist und die mechanische Lüftungsanlage versorgt das Büro der Sekretärin mit der maximalen Luftmenge. Daher sollte den Lehrern dieser Zusammenhang erläutert werden, dass bei schlechter Luftqualität in den Nebenräumen das Fenster in den angrenzenden Zulufräumen geschlossen werden sollte.

Zu der Thematik der Fensterlüftung besteht noch Diskussionsbedarf. Sinnvoll ist diese, wenn die Anlagentechnik versagt oder wenn (tendenziell morgens) die Außentemperatur außerhalb der Heizperiode knapp unterhalb der Innentemperatur liegt. Empfehlungen hierzu sollten im Rahmen des Monitorings erarbeitet werden.

- **Luftmengenmessungen**

Im Rahmen der Abnahme wurden die Lüftungsgeräte durch einen Sachverständigen geprüft und festgestellt, dass die Anlagen den vorgesehenen Gesamtvolumenstrom erzeugen können. Diese Messung erfolgte bei 100% geöffneten Volumenstromreglern.

Die Abnahmeprüfbedingung entspricht jedoch nicht der üblichen Betriebsweise des Gebäudes. Im Normalbetrieb der RLT Nord und Süd sind nicht alle Räume belegt und der Volumenstromregler der belegten Räume zu max. 80% geöffnet (Auslegungsvolumenstrom). Eine repräsentative Randbedingung wäre beispielweise die Volumenstromregler zu 80 % bei einer der Gesamtluftmenge entsprechenden Zahl von Klassenzimmern zu öffnen und die anderen Volumenstromregler geschlossen zu halten. Es wäre empfehlenswert auch für repräsentative Betriebszustände zu überprüfen, ob der geforderte Gesamtvolumenstrom erreicht wird (Sonderleistung). Des Weiteren könnte hierbei kontrolliert werden, ob sich der in den Klassenzimmern einstellende Zuluftstrom dem Sollwert entspricht.

Eine weitere Fragestellung ist die Verteilung der Frischluftzufuhr bei Überbelegung. Bei der Lüftungsanlage Süd gibt es 14 Klassenzimmer. Wenn alle Klassenzimmer belegt sind und die Volumenstromregler auf Auslegungsvolumenstrom (entspricht 80 %) stehen, dann beträgt die Sollluftmenge pro Klassenzimmer 660 m³/h. Insgesamt ergibt sich daraus eine Gesamtluftmenge von 9 240 m³/h. Die Anlage wurde jedoch nur auf 6 100 m³/h ausgelegt, da davon ausgegangen wurde, dass nie alle Klassenzimmer belegt sind. Dennoch sollte der Fall betrachtet werden, wenn ausnahmsweise doch z.B. alle Süd-Klassenzimmer belegt sind. Hierbei stellt sich die Frage, wie sich die Luftmenge bei Vollbelegung auf die Klassenzimmer verteilt. Ziel wäre, dass bei Vollbelegung (die nicht so oft vorkommen wird), die Luft auf alle Klassenzimmer gleichmäßig verteilt und nicht, dass ein paar Klassenzimmer voll belüftet werden und die anderen Klassenzimmer keine Luft mehr bekommen. Daher wird empfohlen, auch eine Kontrolle der Volumenströme für die einzelnen Klassenzimmer bei Vollbelegung durchzuführen. Für diesen Test müsste man alle Volumenstromregler auf 80 % stellen und dann die Volumenströme in allen Klassenzimmern kontrollieren. Falls sich hierbei herausstellt, dass sich die Luftmengen bei Überbelegung nicht gleichmäßig verteilen, könnte an der GLT eine Funktion einprogrammiert werden, die die Öffnung der Volumenstromregler aller Klassenzimmer so reduziert, dass die Summe der Sollvolumenströme in den Klassenzimmern die verfügbare Gesamtluftmenge nicht überschreitet.

Im Rahmen des Monitorings ist zu prüfen, wie die Personenbelegung verteilt ist und, ob das Lüftungskonzept gemäß Planung umgesetzt werden kann.

- **Lüftung in den Sanitärbereichen**

Aufgrund der Intervallschaltung und der Abschaltung der Lüftungsanlagen bei zu geringen Zulufttemperaturen ist die Luftmenge in den Sanitärbereichen deutlich geringer als üblich. Vereinzelt gab es Beschwerden der Nutzer bezüglich Geruchsbelästigung. Es sollten die Betriebserfahrungen des kommenden Winters abgewartet werden und im Rahmen des Monitorings überprüft werden, ob die Belüftung der Sanitärbereiche ausreicht.

8.3 Kühlung

Bei der Berechnung des Energiebedarfs für die Kühlung mit Grundwasser (s. Kapitel 6.2), wurde festgestellt, dass die Brunnenpumpe zu 90% allein wegen der Serverraumkühlung läuft. Die restlichen 10 % der Pumpenlaufzeit würden zusätzlich die Informatikräume und z. T. die RLT-Kühlung betreiben. Ursache dieses ungünstigen Verhältnisses ist eine Umplanung. Der Serverraum sollte zu Planungsbeginn eigentlich nur ein Netzwerkverteilterraum sein.

Von IB Baumann wurde die Betriebsweise der Grundwasserförderung geändert und über die GLT Sperrzeiten für die Brunnenpumpe bei alleiniger Serverraumkühlung eingefügt, so dass die Brunnenpumpe nur stundenweise betrieben wird.

Ein weiterer Optimierungsvorschlag von IB Baumann wäre, den Serverraum mit Luft aus dem Atrium zu kühlen und somit gleichzeitig dem Atrium auch Wärme zu zuführen.

8.4 Sonnenschutz

Bei der Inbetriebnahme des außenliegenden Sonnenschutzes gab es massive zeitliche Verzögerungen, die im Wesentlichen darauf zurückzuführen sind, dass die Gesamtverantwortung für die Erstellung des Bauvorhabens nicht in der Hand eines Generalunternehmers, sondern einer großen Anzahl von Einzelunternehmern bestand, die wiederum Aufträge an Subunternehmer vergeben haben. Die mit den Sonnenschutzanlagen beauftragte Firma aus Niederbayern hat ihrerseits den Sonnenschutz an die weitaus größere und wirtschaftlich potentere Firma, der Firma Schüco, vergeben. Im Laufe des Verfahrens hat die Firma Schüco die Tätigkeit im Sonnenschutzbereich eingestellt und diese Sparte an die Firma Warema weiterverkauft. Aus bisher noch ungeklärten Gründen kam es zwischen der Firma Schüco als Subunternehmer der niederbayerischen Firma mit dieser zu einer juristischen Auseinandersetzung, die damit endete, dass die Firma Schüco der niederbayerischen Firma, die als Auftraggeber fungierte, die Leistung verweigerte. Erschwerend kam noch dazu, dass die Firma Schüco ihrerseits wiederum die Leistung der Steuerung und die Leistung der Elektroinstallation an weitere Subunternehmer vergeben hat, die ihrerseits, allerdings nicht gegenüber der Firma Breu, sondern gegenüber der Firma Schüco, verantwortlich waren.

Um trotzdem – auch mit erheblichen Verzögerungen – zu einem funktionierenden Sonnenschutz zu kommen, musste nach einem Beweissicherungsverfahren die Firma Schüco mit der Fortsetzung der Arbeiten beauftragt werden, die ihrerseits wiederum die Firma Warema, der die Fa Schüco die Geschäftssparte verkauft hatte, ebenso wie weiteren Subunternehmern, die Restarbeiten übertragen hat.

Der vorliegende Fall dürfte ein klassisches Exempel dafür sein, dass bei hochkomplizierten komplexen Aufgaben, die noch dazu (Schule) unter terminlichen Druck stehen, die Einzelgewerksvergabe wirtschaftlich nachteilig ist.

Die Sonnenschutzsteuerung ist derzeit noch nicht programmiert. Die Firmen wurden jedoch zur Umsetzung der vorgesehenen Sonnenschutzsteuerung beauftragt. Es ist davon auszugehen, dass die Arbeiten bis Oktober 2011 abgeschlossen sind. Konzeptionell handelt es sich um weiße Lamellenbehänge mit hoher Reflexion, die mit präziser Steuerung der Motoren über Inkrementalgeber exakt ohne nennenswerte Überdeckung den Cut-off-Winkel nach-

fahren können. Dies und ein Mindestwinkel von 46° (einstellbarer Sollwert) sollen eine tageslichtoptimierte Fahrweise für jede Verschattungszone ermöglichen. Wegen der autarken Kunstlichtsteuerung und für die Minimierung des Stromverbrauches für Beleuchtung ist eine gute Tageslichtnutzung unabdingbar.

8.5 Kunstlicht

• Lichtsteuerung Klassenräume

In der ursprünglichen Planung war vorgesehen, dass die Kunstlichtsteuerung automatisch erfolgt. Manuell wäre es möglich gewesen, das Licht auszuschalten. Auf Bauherrenwunsch wurde die Möglichkeit der manuellen Bedienung ausgeweitet. Mit der oberen Bedienstelle ist es nun möglich, das Licht „manuell“ mit einem langen Tastendruck AUF bzw. AB zu dimmen. Die „AUTO“ Stellung wird wieder mit Betätigen der unteren Taste erreicht oder nach Abschalten der Präsenzmelder, d.h. in den Klassenräumen wird die manuelle Lichtsteuerung, wenn keine Präsenz gemeldet wird, wieder auf Automatik geschaltet. Die Möglichkeit, das Licht manuell „hochzufahren“, war im Konzept nicht vorgesehen und ist bislang nicht in die Primärenergie-Berechnungen eingeflossen. Diese könnte zu einer Erhöhung des Beleuchtungsstroms führen.

Für die Nutzer ist es ungewohnt, dass bei Tageslicht beispielsweise die fensternahen Lichtreihen nicht angehen, so dass die Versuchung besteht, durch Übersteuerung alle Lichtreihen anzuschalten. Wichtig wäre daher eine Einweisung der Lehrer in die Steuerung der Beleuchtung mit dem Hinweis, im Normalfall auf die manuelle Bedienung zu verzichten.



Abbildung 30: Lichtschalter in den Klassenzimmern

• Lichtsteuerung Verkehrsflächen

Die Kunstlichtregelung in den tageslichtversorgten Bereichen wie dem Eingangsbereich und den Fluren erfolgt mittels Präsenzmeldern und unterschiedlich programmierten Helligkeitswerten. Die Umsetzung des energiesparenden Beleuchtungskonzepts sollte noch optimiert werden, da die Beleuchtung hier am lichten Tage fast ununterbrochen an ist, obwohl die Versorgung mit Tageslicht in vielen Bereichen ausreichend wäre. Dies liegt vermutlich an den nach hinten versetzten Bereichen, die weniger mit Tageslicht versorgt werden. Werden hier die Präsenzmelder aktiviert, so gehen wegen der Gruppenschaltung auch Leuchten an, die durch Tageslicht versorgt sind (s.a. Foto Abbildung 31).

Nach Rücksprache mit der ausführenden Firma gäbe es diesbezüglich folgende Optimierungsmöglichkeit: Eine relativ einfach umzusetzende Möglichkeit, die Situation zu verbessern, wäre, über die einstellbare Dämmerungsschwelle der Bewegungsmelder in den dunkleren Bereiche zu erreichen, dass die Bewegungsmelder bei Tageslichteinfall weniger empfindlich reagieren. Die Stromkreise sind bei den Verkehrsflächen so aufgebaut, dass immer jede zweite Leuchte an einem Stromkreis angeschlossen ist. Dies könnte evtl. für eine Realisierung einer Stufenschaltung genutzt werden.



Abbildung 31: Kunstlicht-Beleuchtung bei Tageslicht im Flur

- **Lichtsteuerung Pausenhalle**

In der Pausenhalle (Raum 1.35) wurde aufgrund der hohen Frequentierung durch Schüler auf eine Automatikschaltung über Präsenzmelder verzichtet. In diesem Bereich ist eine manuelle Schaltung der Beleuchtung vorgesehen. Sofern durch den Bediener/Hausmeister vergessen wird, die Beleuchtung manuell auszuschalten, erfolgt dieses automatisiert mittels einer einstellbaren Digitalzeit über die LON-BUS-Anlage. Bei Veranstaltungen ist es dem Hausmeister möglich, die Abschaltung manuell zu deaktivieren.

Die einstellbare Digitalzeit für das automatische „Licht-Aus“ (z.B. um 22.00 Uhr) ist noch einzugeben und der Hausmeister ist in die Möglichkeit der manuellen Deaktivierung für Sonderveranstaltungen einzuweisen. Abbildung 32 zeigt die Pausenhalle.



Abbildung 32: Pausenhalle

Es ist des Weiteren zu prüfen, ob es nicht zielführender wäre, auch in der Pausenhalle eine Kunstlichtsteuerung über Präsenzmelder zu installieren, da das manuelle Ein- und Ausschalten des Kunstlichts organisatorisch für den Hausmeister aufwendig ist.

8.6 Einweisung Lehrer

Es wurden mehrere Veranstaltungen durchgeführt, mit denen die Lehrer auf die Besonderheiten des Gebäudes hingewiesen wurden. Dennoch wäre es empfehlenswert ein Nutzerhandbuch zu erstellen, in dem das Gebäudekonzept und die Raumbedienelemente erläutert werden. Des Weiteren sollten in dem Nutzerhandbuch Empfehlungen für eine optimale Bedienung des Gebäudes (z.B. Fensteröffnung, Sonnenschutz, Beleuchtung) zusammengestellt werden.

8.7 Energiemanager und Hausmeister

Wesentlich für das Gelingen des Projektes ist wegen des hochtechnisierten Gebäudes auch die Einbeziehung eines fundiert ausgebildeten Energiemanagers und eines Hausmeisters mit technischem Know-how.

Vom Landkreis Erding als Bauherrn war von Anfang an geplant einen Energiemanager des Landkreises Erding einzusetzen. Dieser sollte nicht nur für den energieoptimierten Gebäudebetrieb der FOS/BOS Erding zuständig sein, sondern auch in die Optimierungsphase einbezogen werden. Der dafür vorgesehene Energiemanager ist nach der Einarbeitungsphase in das Projekt längerfristig erkrankt und kann daher die begonnene Arbeit nicht fortführen. Der Landkreis Erding sucht hier nach Lösungsmöglichkeiten.

Durch Schulungen des Hausmeisters konnte dieser fundiert in die Gebäudetechnik eingewiesen werden, so dass dieser den Gebäudebetrieb und die jeweiligen Eingriffsmöglichkeiten versteht.

8.8 Verfahrensrechtliche Überlegungen

Komplexe Projekte mit einer nahe an Forschung und Entwicklung heranreichenden Aufgabenstellung sind verfahrensrechtlich schwer, sowohl in der gängigen Honorarordnung (HOAI), als auch im Verfahren zur Vergabe freiberuflicher Leistungen (VOF) und den Verfahren zur Vergabe von Bauleistungen (VOB), einzuordnen. Nicht ohne Grund gibt es in den meisten Verordnungen einen besonderen Passus, wenn es um Forschung und Entwicklung geht und in diesen Bereichen dann eine Lockerung der Vorschriften der Vergabeverfahren.

Beim vorliegenden Projekt ist der Landkreis Erding als Bewilligungsempfänger der DBU und gleichzeitig von FAG-Mitteln auf ähnliche Probleme gestoßen. Die Aufgabe, die Fach- und Berufsoberschule in Erding als nachhaltiges Passivhaus mit extrem niedrigem Primärenergiebedarf zu errichten, setzt – wie der vorliegende Bericht beweist – eine straffe in die verschiedenen Bereiche übergreifende Projektabwicklung voraus. Dass die interdisziplinäre Zusammenarbeit sich dabei nicht auf den bei klassischen Projekten üblichen Rahmen, sondern aufgrund der Förderzielen und Fördervoraussetzungen im Rahmen der Innovation bei gleichzeitiger Gewährleistung der Wirtschaftlichkeit wesentlich weiter geht, versteht sich von selbst.

Insgesamt waren bei dem Projekt 21 verschiedene Fachdisziplinen mit entsprechenden Spezialisten beteiligt. Unter diesem Gesichtspunkt wurde mit dem Landkreis Erding nach optimierten Möglichkeiten der Projektorganisation gesucht. Dabei standen folgende Modelle der Projektorganisation zur Verfügung.

1. Vergabe der Aufgaben mit Einzelverträgen an Vertreter verschiedener Fachdisziplinen (Architektur, Heizung und Sanitär, Lüftung, Brandschutz etc.), sowie die Vergabe der Bauleistungen in Einzelgewerken
2. wie unter 1., nur unter zusätzlichem Einsatz eines für die Aufgabe spezialisierten Projektsteuerers
3. Ausschreibung und Vergabe an einen Totalunternehmer, also einen Unternehmer, der die LPH 3 bis 9 und die gesamten Aufgaben des Leuchtturmprojektes einschließlich Planung und Bauausführung übernimmt
4. Ausschreibung und Vergabe an einen Gesamtplaner und Vergabe der Bauleistungen an einen GU

Auf die Umsetzbarkeit der aufgezählten Modelle soll nachfolgend näher eingegangen:

Zu 1.) Vergabe an Einzelplaner

Die Einzelvergabe der verschiedenen Fachdisziplinen scheidet aufgrund der interdisziplinären Komplexität des Projektes sowohl aus technischen als auch aus wirtschaftlichen Gründen, aus. Die Gemeinde verfügt weder über die personelle Kapazität noch über die Erfahrung, die notwendig ist, um ein solches Projekt im Sinne der Vorgaben der DBU unter gleichzeitiger Berücksichtigung der zeitlichen Rahmenbedingungen zu steuern.

Die Gründe liegen vor allem darin, dass die DBU eine umfassende Dokumentation des Planungsprozesses mit dem Ziel der Weitergabe der Ergebnisse an die Fachwelt verlangt. Es bleibt offen, wer diese bei Variante 1 erstellt, verantwortet und koordiniert.

Zu 2.) Vergabe in Einzeldisziplinen und Einzelgewerken unter Einsatz eines Projektsteuerers

Es stellt sich damit die Frage der Vergabe an Einzelplaner und anschließend auch an Einzelunternehmer unter Einsatz eines für energetisch nachhaltige Leuchtturmprojekte spezialisierten Projektsteuerers. Allerdings müsste für eine derartige gesonderte externe

Projektsteuerung mit einem Honorar von rund 400.000,00 € gerechnet werden. Dies würde aber weder mit FAG-Mitteln noch von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert, so dass diese Variante aus wirtschaftlichen Gründen ausscheidet.

Zu 3) Ausschreibung und Vergabe an einen Totalunternehmer

Eine weitere Möglichkeit wäre, dass nach Abschluss der Vorentwurfsphase ein Totalunternehmer mit den weiteren Arbeiten, einschließlich der Erstellung des Forschungsendberichts zur Simulationsphase sowie der Zuschussantragsstellung für den Teil 2 (Planung und Bauausführung) übergeben wird. Dieses Verfahren hat den Nachteil der fehlenden externen Kontrolle der Einhaltung und Verwirklichung der Projekt- und Förderziele im Rahmen der Bauphase. Eine solche Vergabe ist aber auch nicht wirtschaftlich, da die Overheadkosten entsprechender Baufirmen in der Regel noch deutlich über den Kosten eines Projektsteuerers liegen.

Zu 4) Generalplaner

Die Beauftragung eines Gesamtplaners, die auch von der DBU begrüßt wurde, hat den Vorteil, dass die Gesamtverantwortung für die zeitlichen technischen und wirtschaftlichen Projektbedingungen in einer Hand liegt und damit die größte Gewähr für die Erreichung der sozialen, umweltbezogenen, energetischen und pädagogischen Ziele und Fördervorgaben bietet. Die Erreichung dieser Ziele setzt bei der gegebenen Komplexität zwangsläufig eine einheitliche Schnittstellenverantwortlichkeit voraus.

Der Gesamtplaner steht bei einer solchen Verfahrensweise in der Verantwortung, den in der Konzeptionsphase erarbeiteten „roten Faden des Modellvorhabens“ bewilligungsgemäß umzusetzen.

Ein Vorteil dieser Verfahrensweise liegt auch darin, dass sie ein ausgewogenes Mittel zwischen wirtschaftlichsten Ausschreibungsergebnissen, Berücksichtigung lokaler klein- und mittelständischer Unternehmen, Erhöhung der Qualifikation dieser Betriebe durch Beteiligung am Modellvorhaben und damit unmittelbarer Transfer der Projektergebnisse auf andere Bauvorhaben gewährleistet.

Der Einsatz eines erfahrenen Gesamtplaners ist auch deutlich günstiger als der Einsatz eines Projektsteuerers. Grundsätzlich ist schon nach der Honorarordnung der Planer verpflichtet, die an der Planung beteiligten Disziplinen zu koordinieren. Selbst wenn der planende Koordinator hierfür ein zusätzliches Honorar für die Gesamtkoordination verlangt, reicht dieses wertmäßig nicht an die Leistung eines Projektsteuerers heran. Das ist auch dadurch zu erklären, dass die vertraglich geschuldeten Koordinierungsleistungen der Einzelplaner in der Regel an den Gesamtplaner abgetreten werden und dieser damit seinen Aufwand ohne wesentliche Mehrkosten für seine Arbeit generiert.

Neben den genannten Aspekten spricht für diese Variante die von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt ebenfalls fördervertraglich festgelegte Verpflichtung der Kontrolle, der Verbreitung und der Fortführung der Forschungsergebnisse, die die vollständige Detailkenntnis des Projektes voraussetzt.

Dabei sind neben den regelmäßigen Sitzungen, die mit Schülern, Lehrer und Eltern organisiert und koordiniert werden müssen, folgende Einzelmaßnahmen zu erledigen:

1. Erstellung der Zwischenberichte und des Endberichts mit Auswertung und Besprechung in wissenschaftlichen Medien, Fachzeitschriften, Internetportalen
2. Einrichtung einer Homepage und der ständigen Information über die Planung und die Realisierungsschritte
3. Redaktion für die Veröffentlichung der Leuchtturmprojektergebnisse, die sich vor allem an Fachleute richtet

4. Regelmäßige Einbeziehung von Schüler, Eltern und Lehrer in gemeinsamen Konferenzen
5. Führung mit Fachleuten und Ausschüssen anderer Kommunen und Interessenten im Beisein des Planungs koordinators und der wesentlichen Planungsträger
6. Ständiges Nachhalten und Kontrolle der Ergebnisse im Laufe des Monitoringprozesses, insbesondere der Schnittstellenprobleme, die sowohl im Laufe des Verfahrens als auch in der Monitoringphase auftreten. Dazu ein Beispiel: Um Wärmebrücken zu vermeiden und optimale Ergebnisse zu erzielen, darf das Projekt nicht in Berührung mit unkontrollierter Außenluft kommen. Diese Prüfung wird durch mehrere Blower-Door-Tests schon während der Bauphase zur Kontrolle durchgeführt. Die Feststellung, wer im Einzelfall für Fehler zuständig ist, bewegt sich in der Bandbreite vom Architekten über den Lüftungsplaner, über den Brandschützer, über den Elektroplaner, über den Rohbauer, den Fensterbauer, den Türbauer etc.

Diese Schnittstellen zu ermitteln, entsprechend zuzuordnen, und den/die Verantwortlichen zur Fehlerbeseitigung zu veranlassen und die Erledigung zu kontrollieren und zu dokumentieren, ist ebenfalls eine Aufgabe, die die Gemeinde Kommune nicht leisten kann.

Ähnlich wie die Frage des Generalplaners stellt sich bei der vorgenannten Komplexität des Projektes auch die Frage des Einsatzes eines Gesamtunternehmers. Nach § 97 Abs. 3 GWB sind die mittelständischen Interessen bei der Vergabe öffentlicher Aufträge vornehmlich zu berücksichtigen. Leistungen sind in der Menge aufgeteilt (Teillose) und getrennt nach Art oder Fachgebiet (Fachlose) zu vergeben. Mehrere Teillose oder Fachlose dürfen zusammen vergeben werden, wenn wirtschaftliche und technische Gründe das erfordern.

Der Landkreis Erding hat sich bereits frühzeitig auf den Standpunkt gestellt und dies gegenüber der staatlichen Verwaltung auch klargestellt, dass ein nachhaltiges Passivhausprojekt mit niedrigstenergetischen Anforderungen in Einzelgewerken auszuschreiben, wirtschaftlich nachteilig ist, weil die komplizierten technischen Verbindungen zwischen den einzelnen Gewerken Schnittstellenprobleme hervorrufen, die letztlich zu einem erheblichen Kostenrisiko führen. In einem Gespräch mit der Bayer. Obersten Baubehörde und der Regierung von Oberbayern wurde zwar zugestanden, dass eine Generalunternehmerausschreibung möglich wäre, diese de facto aber durch nicht erfüllbare Auflagen verhindert. So sollte für die Mehrleistung des Generalunternehmers nur ein Zuschlag von rund 6 % gegenüber dem vom Landkreis Erding errechneten 14,5 % zugelassen werden. Der Landkreis Erding hat daraufhin auf die Generalunternehmerausschreibung verzichtet. Im Nachhinein lässt sich feststellen, dass dem Landkreis dadurch folgende wirtschaftliche Nachteile entstanden sind:

- **Insolvenz Gewerk Innentüren → vorr. Mehrkosten ca. 45.000 €**

Wegen Insolvenz der ausführenden Firma musste nach Vorgabe VOB-Stelle das öffentliche Ausschreibungsverfahren wiederholt werden. Das Verfahren hatte keine Auswirkungen auf den Terminablauf, die neue Auftragssumme war jedoch höher als die Ursprüngliche.

- **Insolvenz Gewerk Dachdichtung → vorr. Mehrkosten ca. 85.000 €**

Wegen Insolvenz der ausführenden Firma im Januar war gemäß VOB eine beschränkte Ausschreibung für die Restarbeiten durchzuführen. Die Insolvenz wurde im Januar 2010 angezeigt. Durch die Standzeit der bisher erbrachten Teilleistung bei winterlichen Bedingungen musste die bisher ausgeführte Leistung mit erheblichem Aufwand überprüft und nachgebessert werden. Bereits angeliefertes Dämmmaterial konnte nicht weiter verwendet werden. Die für das BVH wesentlichen Dachkuppeln mussten direkt beim Hersteller

zu wesentlich höheren Preisen bezogen werden. Durch unterschiedliche AN für Lieferung, Einbau, E-Anschluss ist das Thema Gewährleistung wesentlich erschwert.

Der Zeitverlust von ca. 2 Monaten hatte Auswirkungen bis zur Inbetriebnahme, insbesondere für die Gewerke Lüftung und MSR. Die Dachabdichtung wurde erst Juli 2011 fertiggestellt.

- **Teilkündigungen Gewerk Kücheneinrichtung → vorr. Mehrkosten ca. 20000 € (ohne Planer- und Bauleitungsaufwendungen)**

Eine Hängepartie mit der ausführenden Firma seit Beauftragung, mit dem Ergebnis von Terminverzug und Teilkündigungen ab November 2010 bis März 2011. Die Firma hat weitere NU eingeschaltet, die Vorgaben der Planung und Ausschreibung wurden in vielen Punkten nicht umgesetzt. Einzelne Elektro-Geräte wurden vom Bauherrn direkt beim Hersteller bezogen. Die Küche konnte nicht bis Schulbeginn 03/2011 fertiggestellt werden, sondern erst 2 Monate später. Das Thema Kosten ist noch nicht abgeschlossen, es sind weiterhin Mängel noch nicht abgearbeitet. Eine juristische Nachbetrachtung ist zu erwarten

- **Teilkündigung Gewerk Sonnenschutz → vorr. Mehrkosten: noch offen**

Die Ausführung ist noch nicht abgeschlossen, daher können die Mehrkosten nur abgeschätzt werden: ca.50.000 € (ohne Planeraufwendungen)

Der Auftrag Sonnenschutz wurde als Ergebnis einer öffentlichen Ausschreibung im 1 Quartal 2010 auf Basis des Systems Schüco an einen Kooperationspartner von Schüco erteilt. Die Fa. Schüco hat sich September 2010 vom Markt zurückgezogen. Aufgrund interner Kündigung stand der bisherige Ansprechpartner der Fa. Schüco ab 12/2010 nicht mehr zu Verfügung. Die erforderliche Planungs- und Beratungsleistung konnte der AN Sonnenschutz ohne Schüco nicht leisten. Dies wurde gegenüber Bauherrn und Bauleitung nicht kommuniziert und auch nicht, dass der Kooperationsvertrag zwischen AN und Schüco gekündigt wurde. Alle Besprechungsergebnisse die in 4 Besprechungen im November 2010 mit IB Hausladen und ZAE Bayern erarbeitet wurden, wurden firmenintern vom AN Sonnenschutz und Fa. Schüco nicht weitergeleitet.

Die Sonnenschutzanlagen waren bis Ende 2010 komplett montiert.

Der Nachauftrag für die automatische Steuerung wurde wegen firmeninterner Streitigkeiten jedoch nicht vergeben, so dass zum Schulstart 03/2011 nur ein manueller Betrieb des Sonnenschutzes in den Klassenzimmern möglich war. Flur und Giebelseiten, sowie die Dachmarkisen konnten nicht bedient werden. Wegen fehlender Überprüfung und Abnahme konnten die Notraffbehänge bei den Fluchttüren für den Betrieb nicht freigegeben werden (Hinweis: Die Fluchttürsicherungen sind seit 19.10.11 in Betrieb).

Ein Schlichtungsversuch zwischen AN und Fa. Schüco mit juristischer Beteiligung ist nicht gelungen. Der Bauherr war gezwungen, eine Teilkündigung auszusprechen und die Restleistungen systembedingt direkt an Fa. Schüco zu vergeben. Diesem Vorrang voraus ging ein aufwendiger Beratungs- und Abstimmungsmarathon mit Behörden, externen Gutachtern und allen sonstigen Beteiligten.

Die für die Sommerferien geplanten Restarbeiten konnten nicht zu 100% erledigt werden. Seitens des Bauherrn wurde zusätzlich die Einschaltung eines TÜV Gutachters gefordert.

Die fehlende automatische Steuerung des Sonnenschutzes hat bis heute Auswirkungen auf den Heiz- und Lüftungsbetrieb, und damit auf den eigentlichen Start des Monitorings und die Optimierung des Betriebes mit der Folge von anhaltenden Beschwerden seitens Schulleitung, Schülern und Schülereltern.

Die Nottraffbehänge sind erst seit Mitte Oktober 2010 in Betrieb. Die automatische Steuerung wird voraussichtlich ab Anfang November 2011 vollständig in Betrieb sein.

Eine juristische Nachbetrachtung ist zu erwarten.

Erschwerend zu diesen bereits erheblichen wirtschaftlichen Nachteilen kommen auch noch die weiter unten beschriebenen Probleme (s. Kapitel 8), die sich durch den Rechtsstreit des Lieferanten der Sonnenschutzanlage mit der Firma Schüco ergeben haben. Bei der Verantwortlichkeit nur eines Unternehmers wären die Schnittstellenprobleme im Sonnenschutzbereich zwischen dem Lieferanten der Sonnenschutzanlage, der Steuerung der Sonnenschutzanlage, des Anschlusses der Sonnenschutzanlage an das Monitoringsystem und der elektrischen Installation, die zu erheblichen wirtschaftlichen Nachteilen geführt haben, nicht entstanden.

9 Monitoring

Für den Neubau der Fach- und Berufsoberschule in Erding ist eine zweijährige Monitoringphase nach Fertigstellung des Gebäudes vorgesehen. Dabei handelt es sich schwerpunktmäßig um eine energetische Optimierung des Gebäudebetriebs bei Erfüllung der Komfortanforderungen sowie einer anschließenden energetischen Evaluierung im optimierten Betrieb.

Im Rahmen eines DBU-Workshops am 3.2.2009 am ZAE Bayern wurden verschiedene Aspekte zum Thema Passivhaus-Schulgebäude diskutiert. In Folge wurde in mehreren iterativen Fachgesprächen ein erweitertes Monitoringkonzept ausgearbeitet, bei dem das zunächst hauptsächlich auf energetischen Gesichtspunkten basierende Maßnahmenpaket um weitere Gesichtspunkte erweitert wurde. Das am 2.6.2009 vorgeschlagene Gesamtkonzept beinhaltet dabei Arbeitspunkte zu den Projektzielen des Landkreises Erding, die mit den Oberbegriffen Gesundheit, Behaglichkeit, Nutzereinbindung / Öffentlichkeitsarbeit, Betriebsoptimierung, Energieeffizienz und Nachhaltigkeit definiert wurden. Eine Übersicht hierzu ist in Abbildung 33 dargestellt.

Während des gesamten Projektes sollen die Nutzer in den Optimierungsprozess eingebunden werden. Hierzu sind insbesondere Abstimmungsgespräche sowie Informations- und Diskussionsveranstaltungen vorgesehen.

9.1 Vorbereitungsphase und Messdatenerfassung

Das Landratsamt Erding beauftragte frühzeitig das Bayerische Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern) mit der Durchführung des Monitorings, so dass Konzept, technische Anforderungen und erste Optimierungspotenziale rechtzeitig in den Planungs- und Bauablauf eingebracht werden konnten.

In dieser Vorbereitungsphase wurden insbesondere die Arbeitspakete Messtechnikkonzept, Einbindung in den Planungsprozess und Realisierung der Messdatenerfassung abgearbeitet.

Nach Prüfung des Planungsstandes erfolgte die Konzeption für eine Messdatenerfassung mit entsprechender ergänzender Sensorik. Diese wurde in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern vollständig in die Gebäudeleittechnik integriert. Ebenso wurden technische Spezifikationen zur MSR-Technik, Anlagentechnik sowie die Konzepte zur Regelstrategie von Gebäude und Anlagentechnik abgestimmt.

Schwerpunkte der Messdatenerfassung bilden

- die Erfassung von Klimadaten mit einer verbesserten Erfassung der meteorologischen Parameter

- die flächige Erfassung von Sensoren zu Komfort und Nutzung, insbesondere Temperaturen und Luftqualität
- die genaue Vermessung ausgewählter Einzelräume und Zonen zur Bewertung von operativer Raumtemperatur, Wärmeverbrauch, Stromverbrauch, Tageslichtnutzung und Kunstlicheinsatz. Dabei wurden ein Klassenraum 1. OG Süd, ein Klassenraum 2. OG Nord und ein EDV-Schulungsraum im UG ausgewählt sowie das Atrium und verschiedene Beleuchtungszonen betrachtet.
- die redundante Vermessung von allen Energieverbräuchen in der zentralen Anlagentechnik
- die Vermessung der Betriebszustände der gesamten Anlagentechnik zur Beurteilung der Anlageneffizienz

Eine vereinfachte Übersicht zu den vorgesehenen Sensoren und erfassten Datenpunkten ist in Tabelle 5 dargestellt. Insgesamt handelt es sich um etwa 800 im Minutentakt aufgezeichnete Datenpunkte.

Die umfangreiche Datenerfassung der gesamten Sensorik und der Betriebszustände erfolgt vor Ort auf dem GLT-Server und wird täglich auf einen für die Leittechnik nicht erforderlichen Industrierechner übertragen. Die Messdaten werden auf dem lokalen Rechner gespeichert und als Tagesdatensatz auf gesicherte Server an das ZAE Bayern übertragen. Dort werden diese Daten in einer Datenbank abgelegt, auf Plausibilität geprüft und vorausgewertet. Auf diese Weise sind eine hohe Datenverfügbarkeit und eine rasche Auswertung gewährleistet. Weiterhin wurde das am ZAE Bayern entwickelte Web-Browser-basierte Softwarepaket MEDLIX eingesetzt, das die graphische Darstellung des zeitlichen Verlaufs der in der Datenbank abgelegten Messdaten erlaubt. So können ohne großen Aufwand aktuelle und historische Daten miteinander verglichen werden. Somit konnten Zugangsberechtigungen via Internet-Zugriff für im Projekt beteiligte Personen eingerichtet werden, mit der jederzeit von einem externen Rechner Einsicht in die in der Datenbank gespeicherten Messdaten genommen werden kann.

Die zweijährige Erfassung der Messdaten wird bezüglich Kontinuität überwacht. Für Störungen des Datentransfers wurde eine Kontrollroutine eingerichtet, die per E-Mail eine Fehlermeldung anzeigt. Sukzessive werden zusätzlich Rechenkanäle eingerichtet, die einerseits zur Kontrolle der Daten und des Gebäudebetriebs dienen, andererseits z. B. Leistungen und Energiebilanzen berechnen.

Tabelle 5: Übersicht zur für das Monitoring vorgesehenen Datenerfassung

Klima

Strahlungsmessung Globalstrahlung	1 Pyranometer horizontal, 4 Pyranometer in 4 Fassadenrichtungen vertikal auf Fassade eingebaut
Helligkeit	bereits für Gebäudebetrieb geplant
Außentemperatur	bereits für Gebäudebetrieb geplant
Fassadenlufttemperatur Süd	1 Temperatursensor
relative Luftfeuchte	bereits für Gebäudebetrieb geplant
Niederschlag	bereits für Gebäudebetrieb geplant
Windgeschwindigkeit	bereits für Gebäudebetrieb geplant
Windrichtung	bereits für Gebäudebetrieb geplant
Sonnenstand	aus Verschattungsanlage
Luftdruck	1 Absolutdruckaufnehmer

Raumweise Messdatenerfassung

Raumlufttemperatur	bereits für Gebäudebetrieb geplant
Präsenz	bereits für Gebäudebetrieb geplant
Raumluftqualität (Mischgas und CO ₂)	bereits für Gebäudebetrieb geplant
Betonkerntemperatur	bereits für Gebäudebetrieb geplant
Fensterschließkontakte (Oberlichter motorisch)	bereits für Gebäudebetrieb geplant

Einzelraumvermessung von 3 Referenzräumen

(1 Klassenraum Süd, 1 Klassenraum Nord, 1 EDV-Schulungsraum UG)

zusätzliche Raumlufttemperatur	je 1 Temperatursensor
relative Raumluftfeuchte	je 1 Feuchtesensor
Oberflächentemperaturen	je 3 Anlegefühler für Seitenwände und Fassade
Helligkeit in Richtung Fassade	je 1 Sensor
Helligkeit in Richtung Tischflächen	je 1 Sensor
Fensterschließkontakte (Fenster manuell)	je 1 Sensor
Wärmemengenzähler (2 Klassenräume)	je 1 WMZ
Datenpunkte Zuluftsteuerung	

Datenpunkte Verschattungsanlage	
Datenpunkte Lichtsteuerung	
Stromverbrauch (Kunstlicht, Steckdosen, Steuerung, Aktortechnik, IT)	insgesamt 10 Zähler
Vermessung Atrium	
Raumlufttemperatur	bereits für Gebäudebetrieb geplant
relative Raumluftfeuchte	1 Sensor
Luftdruck	bereits für Gebäudebetrieb geplant
Stromverbräuche (Atrium, Eventbereich, Café)	3 Zähler
Zentrale Technik:	
alle relevanten Temperaturen	bereits für Gebäudebetrieb geplant
1 Wärmemengenzähler Fernwärme (Q, P, V, T1, T2)	bereits für Gebäudebetrieb geplant
Wärmemengenzähler aller relevanten Verbraucherkreise (Q, P, V, T1, T2)	5 WMZ, 4 WMZ/KMZ
1 Kältemengenzähler Grundwasserkühlung (Q, P, V, T1, T2)	bereits für Gebäudebetrieb geplant
Kältemengenzähler aller relevanten Verbraucherkreise (Q, P, V, T1, T2)	2 zus. KMZ (für insgesamt 6 Kreise)
RLT-Temperatur und rel. Feuchte Zuluft	bereits für Gebäudebetrieb geplant
RLT-Temperatur und rel. Feuchte Abluft	bereits für Gebäudebetrieb geplant
RLT-Temperatur Frischluft	je 1 Sensor
RLT-Temperatur Fortluft	je 1 Sensor
RLT1-Feuchte Frischluft	1 Sensor
RLT1-Feuchte Abluft	1 Sensor
RLT1-Volumenströme	2 Differenzdruckaufnehmer
Gesamtverbrauch Trinkwasser	1 Zähler
Gesamtverbrauch Regenwassernutzung	1 Zähler
Nachspeisung Regenwassernutzung	1 Zähler
Stromverbrauch gesamt	1 Zähler
Stromverbrauch Hauptverteilung	9 Zähler (+1 Reserve)
Stromverbrauch Heizungstechnik	1 Zähler
Stromverbrauch Gebäudekühlung	1 Zähler
Stromverbrauch RLT-Anlagen	6 Datenpunkte
Stromverbrauch Speicherladesystem Küche	1 Zähler
Stromverbrauch Trinkwasser/Regenwasseranlagen	1 Zähler
Stromverbrauch Schmutzwasserpumpe	1 Zähler
Stromverbrauch Beleuchtung von 2 Referenzzonen	2 Zähler
Exemplarische Stromverbräuche (WC, Putzraum, Teeküche, Serverraum etc.)	5 Zähler
Gebäudeleittechnik (GLT)	
Diverse Ist- und Sollwerte der übergeordneten GLT	
Diverse Ist- und Sollwerte der RLT-Anlagen	
Exemplarische Ist- und Sollwerte der Verschattungsanlage	
Exemplarische Ist- und Sollwerte der Lichtsteuerung	

9.2 Projektbegleitende Unterstützung und Optimierung des Gebäudebetriebs

Durch Analyse der Messdaten und den erfassten Regelzuständen der GLT werden Fehlverhalten und Fehlerquellen der technischen Gewerke und der GLT detektiert und Optimierungsvorschläge ausgearbeitet. In enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern sollen diese dann zeitnah umgesetzt werden. Während der Optimierungsphase, die vor allem im ersten Jahr des Monitorings stattfindet, ist eine enge Zusammenarbeit mit den Projektpartnern, insbesondere den Nutzern des Gebäudes erforderlich.

Überprüft werden die Komfortbedingungen sowie die Funktion und Wirksamkeit der Gebäude- und Anlagentechnik. Hierzu zählen der bedarfsgerechte Betrieb von Lüftung, Kühlung, Heizung, Brauchwarmwasser, Nachtauskühlung, Beleuchtung und Verschattung.

Zur Optimierung des Gebäudebetriebs werden zusätzlich vor Ort zu verschiedenen Zeitpunkten Prüfungen des Gebäudebetriebs, der Ausführung von Gebäudehülle und technischen Einrichtungen und des Stromverbrauchs von Einzelgeräten durchgeführt.

Durch die in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Randbedingungen wurde bisher schwerpunktmäßig an der Herstellung eines komfortgerechten Automatikbetriebs aller Anlagen gearbeitet.

Nachdem am 14.3.2011 der Schulbetrieb aufgenommen wurde, musste die Anlagentechnik zunächst in weiten Teilen manuell gesteuert werden, Hierzu wurde die Schule seitens des ZAE Bayern unterstützt, hierfür sinnvolle Vorgehensweisen für diesen Interimsbetrieb umzusetzen. Dadurch konnten mögliche Probleme für den Schulbetrieb minimiert werden.

In den folgenden Monaten konnte schrittweise der Anlagenbetrieb in den Automatikbetrieb überführt werden. Dabei traten sowohl hardwareseitige Unzulänglichkeiten wie auch softwareseitige Defizite auf. Bei der Detektion von Unzulänglichkeiten konnten auch die Optimierungspotenziale insbesondere für den Sommerbetrieb ermittelt werden und die Visualisierung der GLT optimiert werden.

Zunächst wurde die GLT umgestellt, der hier implementierte Gebäudebetrieb der GLT basiert nicht mehr primär auf den Außentemperaturen, sondern auf den gemessenen Betonkerntemperaturen. Weiterhin wurde die Parametrierung der GLT angepasst, so wurde z. B. die Wärmequelle von Fernwärme-Vorlauf auf Fernwärme-Rücklauf gestellt sowie Sollwerte und Grenzwerte für die RLT-Anlagen angepasst.

Sukzessive konnten Taglüftung, Nachtlüftung, Luftvorkonditionierung und Verschattung in einen automatischen Betrieb gehen, wobei bis August 2011 ein komfortgerechter und technisch fehlerfreier Betrieb noch nicht vollständig erreicht wurde. Die vorhandenen Defizite sind analysiert und können rasch abgearbeitet werden. Ebenso gilt dies für die Verschattungsanlage, deren Abnahme noch nicht erfolgt ist, in deren Regelungskonzept jedoch schon eine tageslichtoptimierte Parametrierung implementiert wurde.

Für den Zeitraum ab September 2011 ist vorgesehen,

- soweit witterungsbedingt möglich, den fehlerfreien Betrieb aller Anlagen und der Monitoring-Sensorik zu verifizieren
- mit den Projektpartnern eine Erweiterung der bisherigen Lüftungsbetriebsmodi zu konzipieren und zu verifizieren
- in Abstimmung mit den Nutzern eine energetische Optimierung der Kunstlichtsteuerung vorzunehmen
- eine Optimierung der Parametrierung der Verschattungsanlage durchzuführen
- Maßnahmen zur Nutzung der energetischen Optimierungspotenziale für die Gebäude- und Serverkühlung auszuarbeiten
- den Winterbetrieb und dessen Optimierungspotenziale zu analysieren

Als Ziel der Optimierungsphase ist vorgesehen, dass alle Anlagen automatisch und komfortgerecht bei möglichst geringem Energiebedarf laufen. Darüber hinaus soll die Funktionsweise durchschaubar bleiben und die Bedienung nutzerfreundlich.

9.3 Evaluierung

Nach der Optimierungsphase wird als Erfolgskontrolle eine umfangreiche einjährige Evaluierung durchgeführt.

- **Energetische Evaluierung und Komfort**

Für die energetische Evaluierung werden durch Analysen der aufgezeichneten Messdaten und Messungen vor Ort die Komfortanforderungen, die Energieeffizienz und die Energieverbräuche untersucht. Wichtige Punkte dabei sind:

- Erfüllung der Komfortanforderungen für ausgewählte Einzelräume bezüglich operativer Raumtemperatur und Luftfeuchte, CO₂-Konzentration
- durch Auswertung der Übersteuerungen, aber auch durch Untersuchungen vor Ort soll der Einfluss der Nutzer auf den Gebäudebetrieb und seinen Energieverbrauch untersucht werden
- zur visuellen Behaglichkeit sollen zu verschiedenen Uhrzeiten und Jahreszeiten die Aspekte Beleuchtung durch Tageslicht und Kunstlicht, gesundheitlich ausreichende Tageslichtversorgung und Blendwirkungen für verschiedene Klassenräume und EDV-Schulungsräume untersucht werden
- Erfüllung der Komfortanforderungen im ganzen Gebäude bezüglich Temperaturen und CO₂-Konzentration
- Energiebilanzen und detaillierte Aufstellung zum Jahres-Energieverbrauch für Energiezentrale und ausgewählte Einzelräume bezüglich Wärme, Kälte, Strom und Wasser, jeweils nach Nutzungsarten aufgeschlüsselt
- Durch lokale Messdaten klimabereinigter Energiebedarf für ein Referenzjahr und Vergleich mit den Vorgaben
- Berechnungen zum Jahres-Primärenergiebedarf und CO₂-Äquivalent-Emissionen
- Vergleich der Ergebnisse mit den Planungsvorgaben

Hierbei werden nicht nur die Plan- und Berechnungswerte bei Fertigstellung verglichen, es sollen auch Vorarbeiten, wie die Lebenszyklusanalyse (Graue Energie) berücksichtigt werden.

Bei der energetischen Bilanzierung (s. a. Abbildung 34) werden zunächst die in die Anlagentechnik eingebrachten Energieträger und die weiter verteilten Energieströme vollständig und redundant gemessen und ausgewertet. Weiterhin ist die Bilanzierung von Einzelräumen und Einzelanlagen vorgesehen.

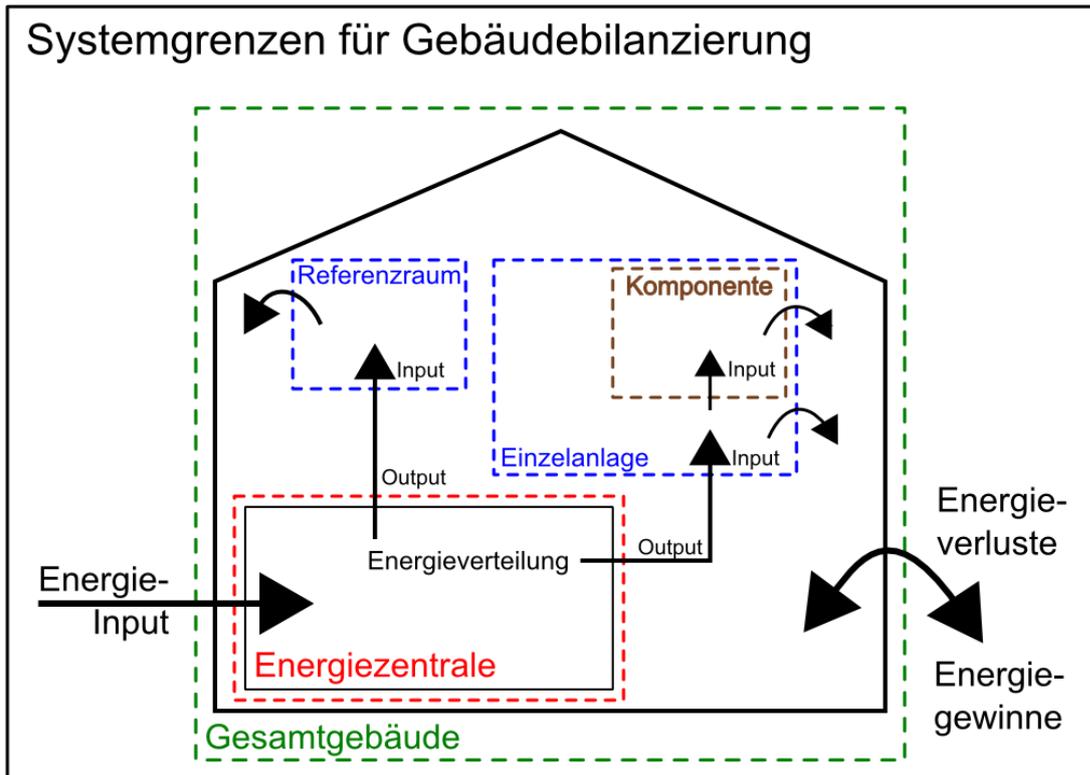


Abbildung 34: Systemgrenzen zur Gebäudebilanzierung. Energieinput und -output der zentralen Technik

- **Nutzerbefragung**

Ein wichtiger Baustein der Evaluierung stellt die vorgesehene professionelle Nutzerbefragung dar. Dabei werden alle Nutzer des Gebäudes (Schüler, Lehrer, Verwaltung) in erster Linie zu Themen des Raumkomforts, aber auch zu Themen wie Ergonomie, Architektur oder Konzentration befragt. Die Befragung wird elektronisch und anonym einmal im Sommer und einmal im Winter des Evaluierungsjahres durchgeführt. Ziel ist es, Aspekte wie Nutzerakzeptanz, Zufriedenheit mit dem erzielten Komfort und Probleme der Nutzer mit dem Gebäudebetrieb zu ermitteln.

Im Jahr 2010 wurde hierzu zunächst von der Hochschule Kufstein in Zusammenarbeit mit dem ZAE Bayern ein projektspezifischer Fragebogen entwickelt. Dieser wurde in Abstimmung mit der Schule in einer Testbefragung mit 146 Schülern getestet und evaluiert. Auf dieser Basis wurde der Fragebogen weiter optimiert und für eine Vorherbefragung im Februar 2011, also kurz vor Bezug des Neubaus, erfolgreich durchgeführt. Diese Vorherbefragung dient als Referenzmessung für die subjektive Wahrnehmung und Bewertung, zeigt aber auch eine Bewertung der bisher genutzten Standorte.

- **Gesundheit**

Durch die bereits genannten Untersuchungen der Ascona GbR zu den eingesetzten Materialien sollen Gesundheitsrisiken in Innenräumen in Bezug auf die Emissionen von Inhaltsstoffen minimiert werden.

Zur Qualitätsprüfung der Raumluft soll im Rahmen der Evaluierung im Jahr 2012 in verschiedenen Klassenräumen und EDV-Schulungsräumen die Konzentration von typischen organischen Schadstoffen bestimmt werden. Schwerpunkt sind dabei flüchtige Schadstoffe wie Lösungsmittel, Weichmacher und Bestandteile aus Reinigungsmitteln. Die Maßnahme wird zunächst nur einmal durchgeführt.

- **Ausblick**

Die Qualitätskontrolle zur Gebäudedichtheit (Blower-Door-Tests) wurde bereits im Zuge der Fertigstellung erfolgreich durchgeführt. In Abbildung 35 ist ein Übersichtsprojektzeitplan dargestellt. Die Ergebnisse des Monitorings werden nach Abschluss des Projektes in einem weiteren Abschlussbericht dokumentiert.

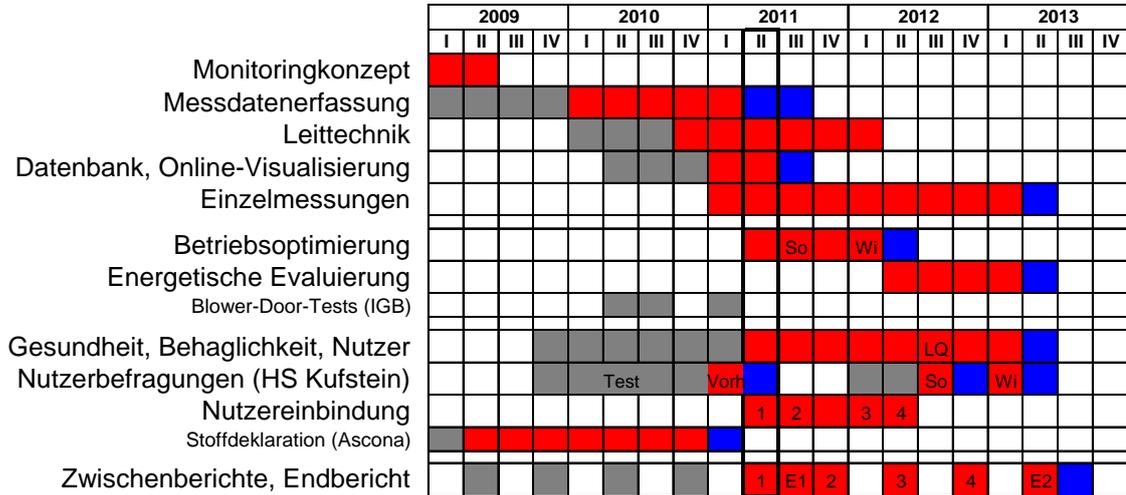


Abbildung 35: Übersichts-Projektzeitplan. Stand Juni 2011

10 Minimierung von Risikostoffen

Aufgrund der Vielzahl der angebotenen Produkte und Systeme ist in der Regel der Planer, Berater oder Anbieter selten in der Lage, einen neutralen und sachlichen Überblick über die Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit der Produkte vorzulegen. Die möglichen Eingrenzungen in der Produktauswahl mit entsprechenden Festlegungen wie z.B. die RAL-Vergabegrundlagen für „Blaue Engel-Produkte“ [BLAU2006] oder die Giscod [GIS2006] und Emicod [EMI2007] Klassifizierungen haben sich nur in einzelnen Produktsektoren durchgesetzt. Die Anforderungen werden in Ausschreibungen selten angewendet und die Ergebnisse der Produktauswahl werden für das Gebäude nicht dokumentiert. Bezüglich der Vorteilhaftigkeit dieser Produkte für Handwerker und Gebäudenutzer gelten aber Einschränkungen, sobald es sich um spezielle Verbrauchergruppen handelt (z.B. Allergiker). Der Schwerpunkt muss hier auf einer umfassenden Produktinformation liegen, damit Gefahrenpotenziale frühzeitig erkannt werden können.

Für einen, auf bestimmte Innenräume begrenzten, Bauproduktnachweis wurden in der Planungsphase der Berufsoberschule in Erding entsprechende Informationen für die Ausschreibung, die Auswahl und Dokumentation systematisch erhoben.

Im Zeitraum September 2009 – November 2010 wurden in Zusammenarbeit mit dem Planungsbüro und der Bauleitung für das Objekt die notwendigen Arbeitsschritte durchgeführt.

- In der Planungsphase wurden die Ausschreibungstexte vorbereitet.
- Nach Auswahl der ausführenden Firmen wurden diese um entsprechende Informationen zu den eingesetzten Produkten gebeten.
- Die erhaltenen Produktunterlagen wurden auf potenzielle Risikostoffe geprüft.
- Bei Problemen wurden die Firmen aufgefordert entsprechende Substitutionen vorzunehmen.

Insgesamt wurden 60 Einzelmaterialien von 9 Unternehmen in die Prüfung einbezogen.

Die Nachhaltigkeitsuntersuchung wurde von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert.

10.1 Aufgabenstellung

Die Untersuchung der Bauprodukte und ihrer Inhaltsstoffe dient zu einer Risikobegrenzung in Bezug auf die Emissionen von Inhaltsstoffen in den Innenräumen. Dazu werden die eingesetzten inneren Oberflächenmaterialien von drei Aufenthaltsraumtypen bestimmt. Erfasst werden sollen Baumaterialien bis zu einer Bauteiltiefe von zwei bis fünf Zentimeter. Nach Festlegung der erfassten Bauteilschichten, bestimmt das ausführende Planungsbüro die eingesetzten Bauprodukte durch die Spezifikation der Ausschreibung, bzw. nach Rücksprache mit den ausführenden Firmen.

Eventuell betroffene Bauteilschichten:

- Wand- und Deckenanstrich 2 Produkte
- Putz, Trockenbau 3 Produkte
- Abdichtungen, Fugenmaterial 2 Produkte
- Oberfläche Fenster 1 Produkt
- Technische Bauteilverkleidungen 3 Produkte
- Fußbodenbelag 3 Produkte
- Türen 2 Produkte

- Innenausbau 3 Produkte
- Sanitär 1 Produkt

Daraufhin werden die Hersteller angeschrieben und um produktspezifische Angaben gebeten. Abgefragt werden

- Sicherheitsdatenblätter
- Etikettdeklarationen
- Ausführungshinweise
- Inhaltsstoffdeklaration.

Sollten diese Informationen nicht gegeben werden, ist das Produkt von der Anwendung im Objekt auszuschließen.

Auf Basis dieser Angaben werden die Inhaltsstoffe einer Prüfung bezüglich sicherheitsrelevanter Inhaltsstoffe unterzogen. Das Ergebnis wird mit dem AG besprochen die Bauproduktliste beschlossen bzw. Alternativen festgelegt. Für die Alternativen muss die Prozedur wiederholt werden.

10.2 Werkzeuge zur Risikostoffminimierungsstrategie

Zur Minimierung der Schadstoffeinträge in ein Gebäude können verschiedene Werkzeuge eingesetzt werden.

10.2.1 Ausschreibungsempfehlungen des Umweltbundesamtes (UBA) zu den „Blauen Engel“ Produkten

Die Ausschreibungsempfehlungen verbieten bestimmte Inhaltsstoffe und legen für andere Grenzen fest. Mit diesen Empfehlungen wird zusätzlich der Nachweis des Anbieters, dass er die dortigen Vorschriften einhält zur zwingenden Forderung. Damit ist in einem konkreten Bauprojekt eine Schadstoffminimierungsstrategie umsetzbar.

Empfehlungen des UBA liegen vor für die Bereiche:

- Ausschreibungsempfehlung Lacke+Lasuren.pdf
- Ausschreibungsempfehlungen_Wandfarben.pdf
- Ausschreibungsempfehlung_ Tapeten.pdf
- Ausschreibungsempfehlung_ elastische_Bodenbeläge.pdf
- Ausschreibungsempfehlung_ mineralische_Bodenbeläge.pdf
- Ausschreibungsempfehlung_textile_Bodenbeläge.pdf
- Ausschreibungsempfehlungen_Möbel.pdf
- Ausschreibungsempfehlung_ gepolsterte_Bürostühle_und_Polstermöbel.pdf

10.2.2 Die Gefahrensymbole

Die Gefahrensymbole werden durch die in der EU-Richtlinie 67/548/EWG – Anhang II festgelegten Piktogramme dargestellt und durch die Gefahrenbezeichnung ergänzt, anhand derer die Gefährdungen die von einem Stoff oder einer Zubereitung ausgehen können auf einen Blick erkennbar werden. Diese Kennzeichnungen sind innerhalb der Europäischen Union gültig und verbindlich einzuhalten. Die Kontrollen obliegen dem European Chemicals Bureau

(ECB) .

- **Die R- und S-Sätze**

Die R- und S-Sätze („Risiko- und Sätze“) sind kodifizierte Warnhinweise zur Charakterisierung der Gefahrenmerkmale von einzelnen Gefahrstoffen, chemischen Elementen, chemischen Verbindungen, sowie daraus hergestellten gefährlichen Zubereitungen, welche sich aus der Einstufung dieser Substanzen ergeben. Sie sind zusammen mit den Gefahrensymbolen (Piktogramme) und Gefahrenbezeichnungen die wichtigsten Hilfsmittel für die innerhalb der EU vorgeschriebenen Gefahrstoffkennzeichnungen.

Der Wortlaut der R- und S-Sätze ist aus dem Anhang III und IV der EU-Richtlinie 67/548/EWG für die jeweilige EU-Sprache normiert. Diese Angaben sind auf den Verpackungen in der oder den jeweiligen Landessprachen (Verkehrssprachen) der Länder, in denen der gefährliche Stoff oder die Zubereitung in Verkehr gebracht wird, verbindlich zu verwenden. Im Warenverkehr innerhalb der EU ist es deshalb notwendig, dass diese Texte vom Exporteur in den Verkehrssprachen der jeweiligen Importländer auf der Verpackung angebracht werden. Zusätzlich ist auch die Angabe der Sätze im Sicherheitsdatenblatt vorgeschrieben. Die R- und S- Sätze beschreiben lediglich Gefahrenmerkmale, welche aus den chemischen Eigenschaften der Substanzen resultieren, also keine Radioaktivität oder Infektionsgefahren.

- **Die Sicherheitsdatenblätter (SDB)**

Bei der Inverkehrbringung von Gefahrstoffen innerhalb der Europäischen Union ist den nachgeschalteten Anwendern ein Sicherheitsdatenblatt mit den Hinweisen zu den gefährlichen Stoffen unaufgefordert gemäß der REACH-Verordnung 1907/2006-Anhang II und der TRGS 220 zur Verfügung zu stellen. Nachgeschaltete Anwender sind die weiteren gewerblichen Abnehmer die diesen Stoff oder die daraus hergestellten Zubereitungen oder Erzeugnisse verwenden.

Eine Checkliste für Sicherheitsdatenblätter wurde im Rahmen von GISBAU [GISB2007] veröffentlicht und soll eine Hilfestellung leisten für die Prüfung der Angaben. Das 16-seitige Dokument zeigt die Komplexität der Angaben. Vom Verfasser wurden diejenigen Stellen im Dokument gelb gekennzeichnet, die besonders häufig falsch und unvollständig angegeben werden.

- **Das GHS-System**

Die UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung (UNCED) hat im Jahre 1992 in Rio den Anstoß gegeben, ein global harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von gefährlichen Chemikalien - das GHS - zu entwickeln. Dies hatte den Hintergrund, durch ein einheitliches Kommunikationssystem im Chemikalienbereich Handelshemmnisse abzubauen sowie weltweit Verbesserungen in Gesundheits- und Umweltschutz zu ermöglichen. Von Vielen noch unbemerkt, stehen auch die Auswirkungen des GHS (**Globally Harmonized System**) kurz bevor.

Das GHS dient dazu, Chemikalien weltweit einheitlich einzustufen und zu kennzeichnen. Dabei handelt es sich keineswegs — wie oft angenommen — um chemikalien-bezogene Regelungen allein für das Transportrecht, sondern es werden auch im Chemikalienrecht erhebliche Veränderungen beim Inverkehrbringen von Zubereitungen und Erzeugnissen (Produkte) zu verzeichnen sein.

Beispielsweise wird es zu ganz neuen Kennzeichnungen von Gebinden kommen; hier lösen viele neue Symbole die alten Gefahrensymbole ab. Auch wird es durch geänderte Einstufungsgrenzen zu einer Fülle von Umstufungen von Stoffen kommen; so ist zum Beispiel mit einem massiven Anwachsen der Zahl als giftig eingestufte Stoffe zu rechnen. Derzeit bestehende Systeme, z.B. die in Europa geltende Kennzeichnung für Gefahrstoffe werden durch das GHS ersetzt. Da es sich hier um unterschiedliche Konzepte handelt, ist eine Einbindung in das bestehende System nicht möglich. Dies hat massive Folgewirkung auf die bestehende Einstufung von Zubereitungen.

Neben einer komplett neuen Einstufung/Kennzeichnungsmethodik und den daraus resultierenden veränderten Ergebnissen werden auch keine R-Sätze mehr zur Klassifizierung genutzt. Zudem werden mit dem GHS neue Gefahrstoffsymbole eingeführt. Anpassungen innerhalb des Gefahrgutrechts sind ebenfalls notwendig, wobei sich die Veränderungen vom bestehenden ADR-Recht nicht so erheblich unterscheiden. Eine gravierende Veränderung ist die Aquatische Umweltgefährdung.

Das GHS sieht so genannte Gefahrenklassen (**hazard classes**) vor, welche die Natur einer Gefahr beschreiben:

- Physikalische Gefahr (z.B. Explosionsgefahr, Entzündungsgefahr)
- Gesundheitsgefahr (z.B. Giftigkeit, Gefahr der Verätzung)
- Umweltgefahr (z.B. Fischgiftigkeit)

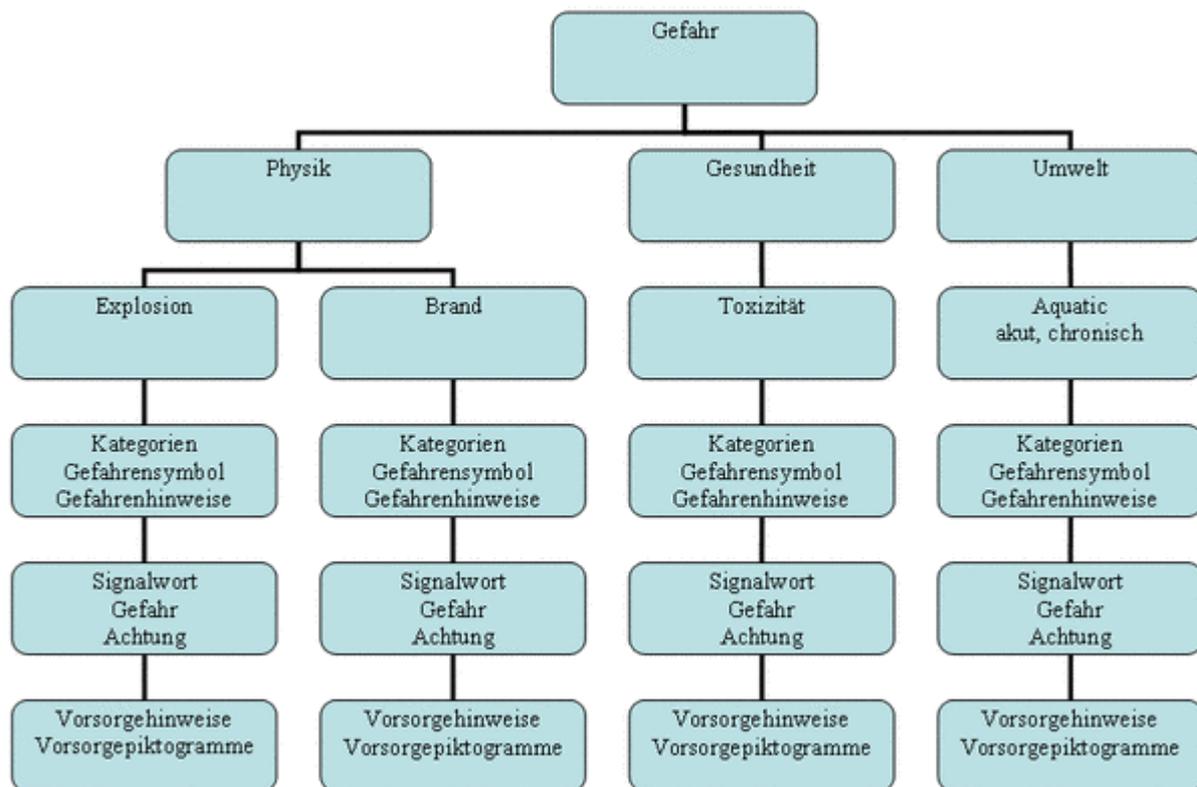


Abbildung 36: Gefahrenklassen des GHS

Insgesamt sind dies 16 Gefahrenklassen für physikalisch-chemische, 10 für die menschliche Gesundheit und 1 für die aquatische Umwelt.

Die Gefahrenklassen werden in Abhängigkeit vom Gefährdungspotential eines Stoffes in:

- **Gefahrenkategorien (hazard category)** unterteilt. So werden beispielsweise entflammbare Flüssigkeiten in Abhängigkeit vom Flammpunkt in vier Gefahrenkategorien unterteilt. Je nach Gefahrenkategorie werden einem Stoff ein bestimmtes
- **Gefahrensymbol (Piktogramm -> ersetzt die Gefahrensymbole)**, ein
- **Signalwort** (entweder Gefahr (**danger**) oder Achtung (**warning**)) und
- **Gefahrenhinweise (hazard statement -> ersetzt die R-Sätze)** zugewiesen. Zusätzlich gibt es
- **Vorsorgehinweise (precautionary statements, protective measures -> ersetzt die S-Sätze)** möglich auch mit
- **Gebotszeichen, Vorsichtsmaßnahmen (precautionary pictograms)**.



Abbildung 37: Piktogramme GHS [GHS06]

Nach neuem Chemikalienrecht gibt es sieben Piktogramme, die durch 67 Gefahrenhinweise (R-Sätze) und 64 Sicherheitsratschläge (S-Sätze) ergänzt werden. Im GHS gibt es neun Piktogramme; und es wird 71 Gefahrenhinweise und 135 Sicherheitsratschläge geben. Ändern gegenüber der heutigen Kennzeichnung wird sich unter anderem die Bedeutung des Totenkopfs. Dies Symbol warnt nach Chemikaliengesetz vor akut und chronisch wirkenden Giften wie Formaldehyd oder Nikotin. Unter der GHS-Regelung wird mit dem Totenkopf nur auf akut wirkende Giftstoffe aufmerksam gemacht. Auf chronisch wirkende Gifte und krebs-erzeugende Stoffe wird ein neues Piktogramm hinweisen, mit Brust und Kopf eines Men- schen, dessen Inneres zerfällt.

Das Andreaskreuz, welches nach neuem Chemikalienrecht vor reizenden oder gesundheits- gefährdenden Stoffen wie Natriumcarbonat oder Koffein warnt, wird im GHS durch ein Aus- rufezeichen ersetzt. Nach Chemikaliengesetz gilt ein Stoff als "giftig", wenn die Hälfte aller Ratten beim Verschlucken von weniger als 200 mg der Substanz pro 1 kg Körpergewicht stirbt - die so genannte LD50-Dosis (oral, Ratte).

Nach GHS beginnt diese Einstufung bei weniger als 300 mg. Das heißt, solche Stoffe, die nach Chemikaliengesetz mit einem LD50 von 250 mg als "gesundheitsschädlich" eingestuft sind, gelten global bereits als "giftig" und werden somit als gefährlicher als nach Chemika- liengesetz.

Mit GHS werden künftig jedoch nicht alle Chemikalien und Zubereitungen automatisch welt- weit einheitlich gekennzeichnet. Das GHS lässt den Regierungen Spielraum für die Umset- zung offen. So darf eine zweiprozentige Lösung der Substanz Glutardialdehyd auf zwei Weisen etikettiert werden. Die Lösung kann wie die reine Substanz bewertet werden und gilt dann wie heute in den USA als "gesundheitsgefährdend" bei Hautkontakt. Die gleiche Lö- sung kann auch als Verdünnung angesehen werden und würde dann wie heute nach Che- mikaliengesetz nicht als "gesundheitsgefährdend" eingestuft. Bei den entzündbaren Flüssigkeiten und giftigen flüssigen und festen Stoffen gibt es Änderungen. Das Chemika- liengesetz wird sukzessive an GHS angepasst.

10.2.3 Giscode - Emicode

Der Giscode ist eine Einteilung von Baustoffen hinsichtlich ihrer chemisch gefährlichen Inhaltsstoffe. GiscodeS gibt es in der Parkettbranche für Verlegewerkstoffe (Vorstriche, Bodenbelagsklebstoffe) und Oberflächenbehandlungsmittel (Lacke, Öle, Wachse). Vor allem geht es um den Lösemittelgehalt. Vorgenommen wurde die Klassifizierung von GISBAU (Gefahrstoff-Informationssystem der Bauberufsgenossenschaften) - bei Klebstoffen in Gemeinschaft mit der TKB (Technische Kommission Bauklebstoff des Industrieverbandes Klebstoffe). Im Blickpunkt steht die Gesundheit des Verarbeiters. Der Giscode besteht aus einer Buchstaben- Zahlen-Kombination. Mit dem Buchstaben wird auf das Bindemittel verwiesen, in der Zahl sind Lösemittelgehalt und Lösemittelzusammensetzung verschlüsselt.

Der Emicode ist ein weiteres Klassifizierungssystem. Hier werden Verlegewerkstoffe nach ihrem Emissionsverhalten in drei Klassen eingestuft. Im Gegensatz zu den Inhaltsstoffen beim Giscode wird also bewertet, was heraus dünstet. Daher ist dieses Zeichen auch für den Endverbraucher interessant.

- Emicode EC1 - sehr emissionsarm
- Emicode EC 2 – emissionsarm
- Emicode EC 3 - nicht emissionsarm

Vergeben wird der Emicode [EMI2007] von der GEV (Gemeinschaft Emissionskontrollierte Verlegewerkstoffe) an eigene Mitglieder, deren Produkte ein unabhängiges Prüfkammer-Verfahren absolviert haben. Voraussetzung ist eine bereits erfolgte Einteilung nach Giscode. Gegründet wurde die GEV 1997 von namhaften Klebstoffherstellern. In der Praxis werden eigentlich nur Produkte mit einer Emicode-Bezeichnung versehen, die das Güte Merkmal EC 1 "sehr emissionsarm" erreicht haben. Der Begriff "emissionsfrei" wird von der GEV abgelehnt, da alle organischen Materialien eine nachweisbare Menge flüchtiger Stoffe (VOC) abgeben. Produkte zur Oberflächenbehandlung sind nicht mit dem Emicode versehen.

10.2.4 AgBB-Schema

In einer konzertierten Aktion haben 1997 die Landes- und Bundesbehörden den AgBB (Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten) [AGBB05] gegründet, um einheitliche Bewertungsmaßstäbe für Schadstoffe aus flüchtigen organischen Stoffen (VOC) und deren summarische Anhäufungen (TVOC) in Innenräumen zu ordnen und damit die Gesundheit der Gebäudenutzer sicherzustellen.

Von dem seitens des Umweltbundesamtes geleiteten Ausschuss wurden im Oktober 2000 die Bewertungskriterien für innenraumrelevante Bauprodukte dem Sachverständigenausschuss "Gesundheit und Umweltschutz" vorgelegt, der beim DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) angesiedelt ist. Grundlage der vorgelegten Berechnungsverfahren sind die organisch-chemischen Stoffkonzentrationen, die in der Luft einer genormten Prüfkammer nach 3 Tagen und nach 28 Tagen gemessen werden. Dieses Verfahren gilt allerdings nur für einzelne, flächenförmig eingesetzte Bauprodukte. Eine qualifizierte Aussage das Belastungspotenzial lässt sich demnach erst mit den Untersuchungen der Einzelsubstanzen (VOCs) und "pragmatischen Lösungsansätzen", d.h. umfangreichen messtechnischen Erfahrungen, identifizieren und quantifizieren.

Aus der Erkenntnis, dass mit steigenden TVOC Werten allein keine nachteiligen gesundheitliche Auswirkungen herzuleiten sind, wurde von der AgBB eine Methodik entwickelt die auf der Basis von VOC-Emissionen die nicht ermittelbaren Restmengen (TVOC-Konzentrationen) zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten eingrenzt. Voraussetzung für eine AgBB-Prüfung ist, dass die Einzelstoffkonzentrationen (VOC) einen Wert von 0,005 mg/cbm bzw. 5µg/cbm erreichen oder übersteigen und keine CMR-Stoffe (cancerogene, mutagene oder reproduktionstoxische Stoffe) im Produkt enthalten sind oder in die Umgebungsluft abgeben. Zur Ermittlung der Grenzwerte werden im Anhang die NIK-Werte (Niedrigst Interessierende Konzentration) aus dem ECA (European Collaborative Action) -Bericht Nummer 18 aufgeführt, die auf CAS Nummern begründet, insgesamt 163 Sub-

stanzen mit ihren maximalen tolerablen Emissionsgrenzen definiert. In dem Rechenverfahren für die Produktbewertungen dürfen die festgelegten Grenzwerte nicht überschritten werden.

Es darf also davon ausgegangen werden, dass künftig die Bauprodukte die weder als empfehlenswert, noch als brauchbar zu klassifizieren sind, nicht mehr zugelassen werden. Wohlgemerkt gilt dies nur für Produkte, die eine neue Zulassung beantragen, nicht aber für bereits zugelassene Produkte oder solche deren Zulassung zu verlängern ist. Alle nach DIN-Normen gefertigten Produkte dürften demnach ebenfalls außerhalb dieser Emissionswert-Festlegungen liegen.

Die generelle Anforderung an jedes Bauprodukt ist, dass es praktisch keine kanzerogenen, mutagenen oder reproduktionstoxischen Stoffe emittieren soll. Eine Abgabe kanzerogener Stoffe gemäß Kategorie 1 und 2 der EU-Richtlinie 67/548/EWG wird erstmalig an dieser Stelle des Ablaufschemas untersucht. Stoffe mit mutagenen oder reproduktionstoxischen Eigenschaften sowie Stoffe mit möglicher kanzerogener Wirkung gemäß EU-Kategorie 3 werden im Rahmen des NIK-Konzepts geprüft und ggf. mit höheren Sicherheitsfaktoren belegt. Kanzerogene sind substanzspezifisch zu quantifizieren.

Die Summe aller nach 3 Tagen detektierten Kanzerogene der EU-Kategorie 1 und 2 [EU-Richtlinie 67/548/EWG] darf 0,01 mg/m³ nicht übersteigen.

Als Maßstab für die erste Prüfung nach 3 Tagen werden folgende TVOC-Werte gefordert:

≤	1,0 mg/cbm (1.000 µg/cbm)		empfehlenswert
≤	10,0 mg/cbm (10.000 µg/cbm)	brauchbar	
>	10,0 mg/cbm (10.000 µg/cbm)	abgelehnt	

Dies bedeutet, dass ab 10 mg/cbm keine weiteren Prüfungen mehr durchzuführen sind und dem Produkt die Zulassung zu verwehren ist.

Nach diesem festgelegten Ablaufschema der Kammerprüfungen nach 3 Tagen und weiteren sensorischen Prüfungen sind die TVOC-Werte aus der Kammerprüfung nach 28 Tagen ausschlaggebend dafür, in welche Kategorien ein Bauprodukt eingeordnet wird.

Nach der zweiten Kammerprüfung werden folgende TVOC-Grenzwerte als Voraussetzung für eine Produktzulassung empfohlen:

≤	0,2 mg/cbm (200 µg/cbm)		empfehlenswert
≤	1,0 mg/cbm (1.000 µg/cbm)	brauchbar	
>	1,0 mg/cbm (1.000 µg/cbm)	abgelehnt	

Für den Fall, dass trotz hoher TVOC-Werte keine bewertbaren VOC zu analysieren sind, wurde festgelegt, dass die Summe dieser nicht bewertbaren VOC nach 28 Tagen in der Prüfkammer, einen Anteil von 10 % des TVOC-Wertes nicht übersteigen darf.

Für diese nicht bewertbaren TVOC-Anteile gelten demnach folgende Grenzwerte:

≤	0,02 mg/cbm (20 µg/cbm)		empfehlenswert
≤	0,1 mg/cbm (100 µg/cbm)	brauchbar	
>	0,1 mg/cbm (100 µg/cbm)	abgelehnt	

Um die von der Weltgesundheitsorganisation WHO 1989 definierten schwerflüchtigen organischen Verbindungen (SVOC) mit einem Siedepunkt von über 260 °C zu erfassen, darf nach 28 Tagen in der Prüfkammer die Summe der SVOC 0,1 mg/cbm bzw. 100 µg/cbm nicht übersteigen.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass bei den TVOC-Untersuchungen und Analysen in der Prüfkammer die möglichen mikrobakteriellen Belastungen (MVOC) die vor Ort und bei der Verarbeitung entstehen können nicht erfasst werden.

10.2.5 Leitfaden des Umweltbundesamtes

Das Umweltbundesamt hat einen Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden [UBA2008] veröffentlicht. Darin werden wesentliche Anforderungen für die Hygiene der Innenraumluft in Schulen beschrieben und Empfehlungen für die Einhaltung von Grenzwerten bei Risikostoffen gegeben.

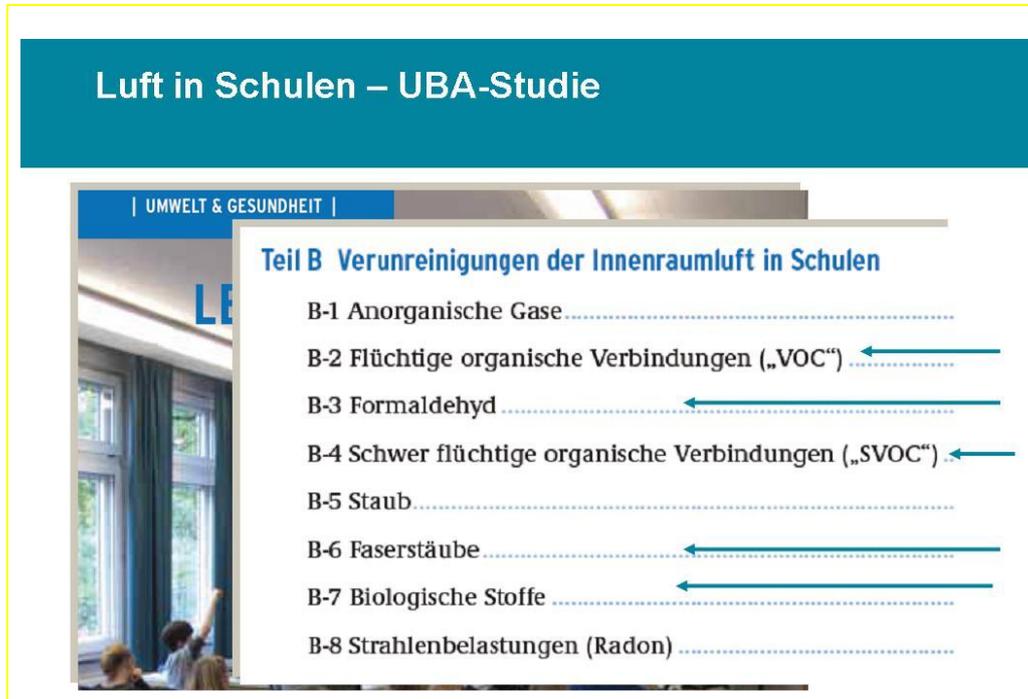


Abbildung 38: Luftbelastungen in Schulräumen

The image shows a document titled "UBA-Empfehlung Innenraumluft" with the logo "Kplan AG". It contains a table with the following data:

Tabelle 5: Richtwerte für die Innenraumluft der Ad-hoc-AG IRK/AOLG (Stand 2008); die Aufstellung enthält neben VOC auch SVOC (vgl. Abschnitt B-4) und einen Richtwert für quecksilberhaltige Dämpfe

Verbindung	RW II (mg/m ³)	RW I (mg/m ³)	Jahr der Festlegung
Toluol	3	0,3	1996
Dichlormethan	2 (24 h)	0,2	1997
Kohlenmonoxid	60 (1/2 h)	6 (1/2 h)	1997
	15 (8 h)	1,5 (8 h)	
Pentachlorphenol	1 µg/m ³	0,1 µg/m ³	1997
Stickstoffdioxid	0,35 (1/2 h)	–	1998
	0,06 (1 Woche)	–	
Styrol	0,3	0,03	1998

Abbildung 39: Richtwerte Innenraumluft

10.3 Arbeitsmethodik und Ablauf der Maßnahme

Um das Schutzniveau in Gebäuden zu verbessern ist es notwendig die Gefahrstoffe entsprechend ihren Verwendungen in den einzelnen raumumschließenden Bauteilen zu erfassen, einzuordnen und zu bewerten.

Aufbauend auf der erwähnten Methodik und Informationstechnologie soll eine Arbeitssystematik für den Bauprozess entwickelt werden, die es dem Planer erlaubt während des Entwurfs- und Bauprozesses auf der Basis der Gebäudekatalogisierung nach DIN 276 ein produktscharfes Stoffkataster anzulegen, in dem die legal eingestufteten Gefahrstoff bereits gekennzeichnet sind. Dieser Gebäudestoffkatalog kann als Dokument in die Baudokumentationsakte des Architekten eingebunden werden.

Die bisher eingeleiteten Maßnahmen und Verfahren, die in der Regel auf analytischen Untersuchungsmethoden basieren, sollen die Herstellerinformationen und die Legaleinstufungen ergänzen und vertiefen.

Sowohl das AgBB-Schema (Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten) [AgBB2005], als auch das VEK-Konzept (Verwendungs- und Expositions-kategorien) [UBA-VEK2004] im REACH-Implementierungs-Projekt [REACH-RIP] können weiterführende Informationen liefern.

Durch die seit 1. Juni 2007 geltende REACH-Verordnung kann davon ausgegangen werden, dass innovative Unternehmen an den Qualitätssicherungsmaßnahmen interessiert sind und mit der Deklaration von Gefahrstoffen das Risiko im Umgang mit Chemikalien minimieren und ihr Firmenportfolio verbessern.

10.3.1 Standardanschreiben

Für die Informationsbeschaffung der Bauprodukte hat unser Büro ein Standardanschreiben entwickelt, das dem Anbieter auf den Umfang seiner Auskunftspflicht hinweisen soll. Dieses Anschreiben wurde zum Erstkontakt eingesetzt. Das Anschreiben hat folgenden Wortlaut:

Betrifft: Stoffinformationen zur Produktgruppe x

Sehr geehrte Damen und Herren,

wir sind seitens des Landratsamtes Erding beauftragt die Innenraumprodukte, die beim Bau der FOS(BOS Erding zum Einsatzkommen sollen bezüglich der Inhaltsstoffe zu untersuchen und zu deklarieren. Wir sollen damit den Auftraggeber bei den Entscheidungen zur Produktauswahl unter dem Aspekt der Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit zu unterstützen. In Ihrem Fall benötigen wir Informationen der eingesetzten Produkte im Gewerk

XXXXXXXXXXXXXX:

- x
- x
- x
- x
- x
- x

Mit dem Inkrafttreten der REACH-Verordnung (EG-Nr.1907/2006) ist seit 1.6.2007 der Inverkehrbringer eines Produktes gefordert, die Gefährdungen die von Stoffen und deren Verwendung ausgehen können allen weiteren, nachgeschalteten Akteuren der Entscheidungs- und Lieferketten zur Überprüfung zur Verfügung zu stellen.

Um die in der neuen Chemikalien-Verordnung GHS (EG-Nr.1272/2008) beschriebenen Aufgaben bezüglich der Ermittlungspflicht, sowie die stofflichen Prüfpflichten zur Einstufung und Kennzeichnung von Zubereitungen und Erzeugnissen und ggf. stoffliche Substitutionen durchführen zu können, bitten wir die Hersteller und Inverkehrbringer, die produktspezifischen Stoffdaten in absteigender Zugabemenge bereit zu stellen.

Dies betrifft alle Chemikalien und Gefahrstoffe, vor allem die besonders besorgniserregenden Stoffe, wie z.B. CMR-Stoffe, PBT-Stoffe, biozide Wirkstoffe, sowie alle sensibilisierend wirkenden Stoffe, die je nach Anwendung und Einsatz mit anderen Stoffen auch mit der synergetischen Auswirkung von den nachgeschalteten Akteuren zu verantworten sind.

Damit wir gegenüber unseren Auftraggebern diese neuen Prüfpflichten sorgfältig durchführen und ggf. in entsprechenden Dokumenten festhalten können, sind wir als Planer, Berater und Entscheider gefordert, alle relevanten Stoffdaten zur Verfügung zu stellen und zu dokumentieren. Hierzu gehört auch die Überprüfung der REACH-Registrierungen gemäß den PRS-Anmeldefristen.

Um diese Maßnahmen durchführen zu können, sind wir auf Ihre Mitwirkung angewiesen und bitten deshalb gemäß der Technischen Regeln für Gefahrstoffe TRGS 200- Anhang I, um folgende Informationen zu den o.g. Produkten:

- Kennzeichnungsschild bzw. Produktetikett
- Technisches Datenblatt in aktueller Fassung mit Datumsangabe
- Sicherheitsdatenblatt in aktueller Fassung mit Datumsangabe
- Einstufung der Wassergefährdungsklasse (WGK)
- Rahmenrezeptur auf freiwilliger Basis oder ggf. als vertrauliche Information
- Gefahrstoffdeklarationen mit Mengenanteilen (Gew.%) im Produkt
- Hautverträglichkeitsgutachten
- Zulassungen oder Prüfzeugnisse
- Musterbetriebsanweisung für Anwender oder Entscheider
- Mustergefährdungsbeurteilung, anwendungsspezifisch
- Verträglichkeit mit anderen Produkten oder Werkstoffen
- Angabe der Entsorgungswege bzw. Recyclingung mit Abfallschlüsselnummer (EAK)
- Stoffdatenerfassung gemäß beiliegender Stoffinventarliste

Darüber hinaus sind in Zubereitungen und Erzeugnissen gemäß der REACH-Verordnung, Artikel 57 die besonders besorgniserregenden Stoffe auszuweisen, die mit einem gesetzlich geregelten Gefahrstoffanteil (Legaleinstufung) oder in Anteilen von über 0,1 Gew. % enthalten sind. Hierfür sind auf Anfrage gemäß Artikel 33 die erforderlichen Informationen zur Verwendungen und ggf. Entsorgung innerhalb von 45 Tagen zur Verfügung zu stellen.

Für die Bearbeitung und Zusendung der Unterlagen, nach Möglichkeit in elektronischer Form

bis zum XXXXXXXXXX

bedanken wir uns im Voraus und würden uns freuen, wenn Sie mit dazu beitragen, dass mit diesen Informationen der Umwelt- und Gesundheitsschutz unserer Projekte und Leistungen verbessert werden.

Die Informationen zu den Ressourcen benötigen wir für die Bilanzierung der Ressourcen-Inanspruchnahme und Ressourceneffizienz nachhaltiger Bauwerke, wie z.B. DGNB.

Wenn Sie es wünschen stellen wir Ihnen gerne weitere Vorlagen und Informationsquellen zur Verfügung, um eine konforme Stoffdatenerfassung sicherzustellen, wie z.B.

<http://www.umweltbundesamt.de/bauprodukte/umweltdeklaration.htm>

Anhang:

Informationspflichten in der Lieferkette

Der Zweck von REACH ist, die Ansprüche von gewerblichen Abnehmern an dem Lieferanten bezüglich qualifizierter Sicherheitsdatenblätter sicher zu stellen. REACH stellt in Artikel 35 Forderungen, dass ein nachgeschalteter Abnehmer (Arbeitgeber) Sicherheitsdatenblätter seinen Mitarbeitern zu Verfügung stellen muss. In REACH ist ebenfalls geregelt, dass ein Lieferant grundsätzlich alle nachgeschalteten Abnehmer jeweils mit den aktuellen Sicherheitsdatenblättern (SDB) ohne besondere Anforderung versorgen muss.

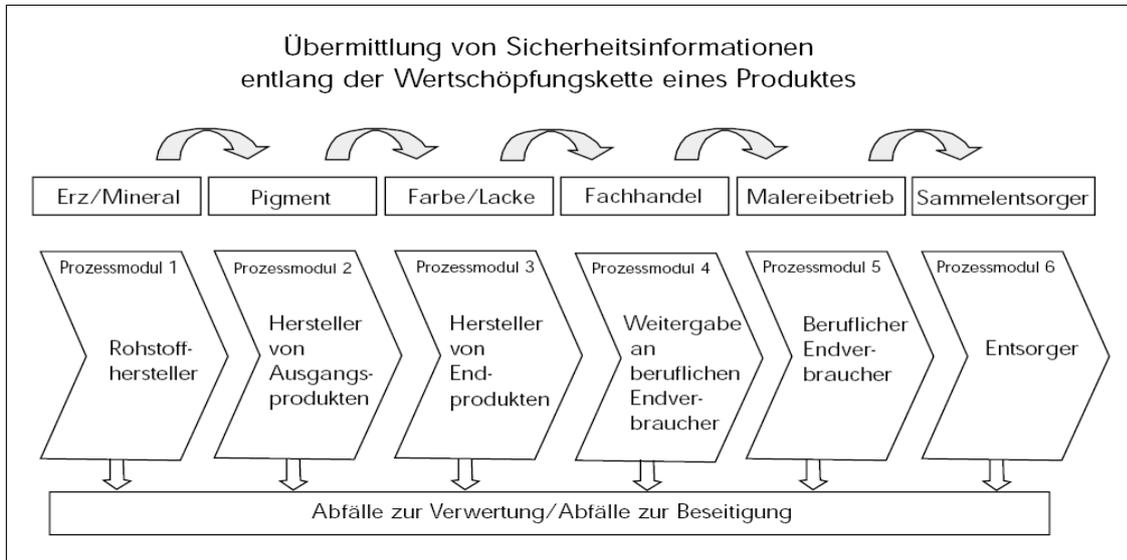


Abbildung 40: Informationskette nach REACH

Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel für eine betriebsinterne Stoffdatenerfassung.

Untersuchungsauftrag LRA Erding



2 Innenräume = 80 % der Fläche

Bauprodukte in den ersten **2 cm Bautiefe**

20 Bauprodukte

Wand: Anstrich, Spachtelung, Fugendichtung

Fenster: Einbaumaterial Fenster, Oberfläche, Dichtung

Innenwand: Trockenbaumaterial, Spachtelung, Fugendichtung, Türblatt, Türzarge

Decke: Anstrich, Spachtelung, abgehängte Decken,

Boden: Bodenbelag, Kleber, Randleiste, Fugendichtung

Ausstattungsgegenstände: Tische, Stühle, Waschbecken

Abbildung 42: Aufstellung des Untersuchungsbereichs

Durchführung



8 Bauteilgruppen: z.B. Bodenbelag

15 Einzelbauteile: z.B. Linoleum, Teppichboden

60 Einzelmaterialien: z.B. Kleber, Fugendichtung

9 Einzelfirmen: z.B. Fußbodenleger

Zeitraum: Sept. 2009 bis November 2010

Abbildung 43: Aufstellung der Bauprodukte

Die Beauftragung durch den Landkreis Erding erfolgte mit Schreiben vom 31.8.2009.

Da das Bauvorhaben sich bereits im Frühjahr 2009 in der Ausschreibungsphase befand, wurden bereits im Mai 2009 erste Anfragen durch das Planungsbüro k-Plan gestellt, obwohl der Auftrag noch nicht erteilt war.

- **Mai 2009**

Mit Schreiben vom 12.5.2009 wurde durch den Bauleiter Herrn Wild eine CD-Rom mit 16 Ausschreibungsgewerken übersandt. Die gelisteten Gewerke betrafen vor allem den Aushub, den Rohbau und den technischen Ausbau, so dass keine innenraumrelevanten

Gewerke enthalten waren. Die Abgrenzung des Arbeitsauftrags auf bestimmte Bauprodukte, die im Innenraum die risikorelevanten Schadstoffe beinhalten mußte in den nächsten Monaten noch mehrmals erläutert werden.

Herr Wild wies in diesem Schreiben bereits auf die kommenden Ausschreibungen für die folgenden Gewerke hin:

- Hohlraumboden
- Schiebewandelemente
- Kücheneinrichtung
- Außenjalousien.

Weiterhin wurden Informationen erbeten zu den Materialien:

- Türzargen, Türblätter
- Deckenplatten aus Holzwolle
- Gipskarton
- Linoleum, Nadelfilz, Kleber.

Anfang Juli 2009 wurden dem Büro k-Plan eine Stellungnahme zu den übersandten Ausschreibungsunterlagen folgender Gewerke übersandt.

- Gewerk 22 Metalltüren innen
- Gewerk 23 Schiebewandelement
- Gewerk 24 Sonnenschutz
- Gewerk 25 Hohlraumboden
- Gewerk Küchenausstattung.

Es wurde daraufhingewiesen, dass die Vorbemerkungen zu den Ausschreibungen bereits eindeutige Kriterien der gewünschten Bauproduktqualität enthalten müssen, um den Anbieter zur Auswahl der gewünschten Produkte anzuhalten.

Mit diesem Schreiben wurden auch die Ausschreibungsempfehlungen des UBA für verschiedene Gewerke und Bauprodukte übersandt mit dem Hinweis, diese Empfehlungen künftig den Ausschreibungen voranzustellen. Es wurden dafür die UBA-Ausschreibungsempfehlungen zu 6 Produktgruppen zu Verfügung gestellt:

- Elastische Bodenbeläge
- Textile Bodenbeläge
- Wandfarben
- Lacke und Lasuren
- Möbel
- Gepolsterte Bürostühle.

Zusätzlich wurden in mehreren Anlagen zum Schreiben auf verschiedene Werkzeuge und Regulierungen hingewiesen, die bei der Ausschreibung und bei der Bauproduktkontrolle einzusetzen sind.

Vorbemerkungen so gestalten, dass der Auftragnehmer im Beweiszwang bezüglich der Produktqualität ist.
Die Formulierung muß **EU-rechtskonform** sein.

Ausschreibungsempfehlung für die öffentliche Beschaffung „Public Procurement“ der EU.
In Deutschland **Ausschreibungsempfehlungen des Umweltbundesamtes (UBA)**.

Abbildung 44: Rechtskonforme Gestaltung der Ausschreibung

Während des 2. Halbjahres 2009 wurden seitens des Planungsbüros k-Plan eine Fülle an Unterlagen zu Bauprodukten übersandt, die teilweise aber nicht Gegenstand des Prüfauftrags waren.

Informationen zu Bauprodukten, die nicht geprüft werden sollten:

- Informationen zu Treppenstufen
- Informationen zu Dichtfolien Außenanschlag Fenster
- Informationen zu Dämmplatten im Außenbereich
- Detailplanung Fassade mit Fassadenanschlüssen
- Information Außenanstrich Holzfassade
- Information Schiebewandelemente Aula
- Ausführung Innentüren der Flurbereiche Zargen und Türblatt

Information zu Bauprodukten, die geprüft werden sollten:

- Information zu Kleber der Bodenbeläge
- Information zu Deckensegel, bzw. abgeh. Decken
- Informationen zu Teppich Nadelfilz
- Information zu Teppich Schlingenware
- Information zu Linoleum
- Informationen zu Möbeln
- Informationen zu Fa. Brillux und deren Produkte
- Informationen Fa. Caparol

- **September 2009**

Am 4.9.2009 hielt Herr König einen Vortrag beim Planungsbüro k-Plan mit dem Titel: Umweltbelastungsforschung und Gesundheitsvorsorge im öffentlichen Hochbau, der zum

Ziel hatte die Sensibilität der Mitarbeiter des Planungsbüros für die Fragen nach Umweltbelastung und Gesundheitsrisiken durch Baumaßnahmen zu wecken.

Mitte September fand auf der Rohbau-Baustelle in Erding ein Bemusterungstermin statt, bei dem interessierten Lehrern und Schülern mögliche Materialkonzepte für die Oberflächen des Innenausbaus vorgestellt wurden. Unser Büro forderte dann für die vorgesehenen Materialien Informationen an, die Ende September zu Verfügung gestellt wurden:

- Betonwände – Fa. Brillux
- Möbel – Innenraumplanung abgeschlossen, Produkte noch nicht entschieden
- Trockenbau – Produkte der Fa. Knauf

Frau Wochselander betonte, dass viele Materialien noch in der Vorbereitung zur Ausschreibung nicht eindeutig festgelegt worden waren.

• **November 2009**

Anfang November wurde eine gemeinsame Besprechung von Herrn König, Herrn Wild und Frau Wochselander in Abensberg abgehalten. Herr König hatte als Gesprächsbasis eine Tabelle erstellt, in der die für einen Klassenraum wesentlichen inneren Oberflächenschichten der ersten zwei Zentimeter Bautiefe aufgeführt waren (Dokument 091103Tabelle-Material.xls). In die Tabelle mit den zu prüfenden Bauprodukten waren alle bislang gegebenen Informationen eingearbeitet worden. Bei der Besprechung machte er deutlich, dass die bislang übersandten Unterlagen zwar vielfältig waren und den Eindruck erweckten, daß die einige Hersteller mit der Vorlage von privaten Prüfzeugnissen oder Labels umweltfreundliche oder allergikergerechte Produkte anbieten. Bei genauer Prüfung stellte sich in fast allen Fällen heraus, dass die meisten Labels eine extrem einseitige oder beschränkte Aussage verfolgen. Eine Deklaration der relevanten Inhaltsstoffe war aber in keinem Falle bereitgestellt worden. Herr König regte nochmals an allen Ausschreibungen die Empfehlungen des UBA voranzustellen um die Informationsbereitstellung zu verbessern.

Ergebnis der Besprechung:

Dies bedeutet, dass die Herstellerfirmen bezüglich ihrer Produktinhaltsstoffe angeschrieben werden müssen. Um den damit verbundenen Arbeitsaufwand zu begrenzen ist die Produktauswahl einzugrenzen und für jede Schicht ein gewähltes Produkt und der damit verbundene Hersteller zu nennen. Dazu wird die ergänzte Tabelle (Dokument 091111Tabelle-Material-ERG.xls) übersandt.

Das Informationsschreiben vom 9.7.2009 (Dokument 090709WILD-Innenaum.doc) ist als Grundlage der Ausschreibungen zu betrachten.

Weiterhin übersendet Herr König eine Basisinformation zur „Umweltfreundlichen Beschaffung des UBA, das Grundlage aller Ausschreibungen der öffentlichen Hand sein sollte (Dokument: 09011INFOINNENAUSSTATTUNG-UBA.doc). Darin sind die wichtigsten Dokumente zur Innenausstattung von Räumen zusammengestellt.

Mitte November wurde der erste Zwischenbericht zu den bisher durchgeführten Arbeitsleistungen abgegeben.

2. Schritt Erfüllung abfragen, SDB

2 Mögliche Gefahren

· Gefahrenbezeichnung:  Xi Reizend

· Besondere Gefahrenhinweise für Mensch und Umwelt: Das Produkt ist kennzeichnungspflichtig auf Grund des Berechnungsverfahrens der "Allgemeinen Einstufungsrichtlinie für Zubereitungen der EG" in der letztgültigen Fassung.
Wirkt narkotisierend.
R 10 Entzündlich.
R 43 Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich.
R 67 Dämpfe können Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.
Enthält Isocyanate. Hinweise des Herstellers beachten.

· Klassifizierungssystem: Die Klassifizierung entspricht den aktuellen EG-Listen, ist jedoch ergänzt durch Angaben aus der Fachliteratur und durch Firmenangaben.

· GHS-Kennzeichnungselemente

 Warnung
2.6/3 - Flüssigkeit und Dampf entzündbar.

 Warnung
3.1/1 - Kann allergische Hautreaktionen verursachen.
3.8/3 - Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.

Copyright Ascona GbR Moosweg 9 86757 Karlsfeld www.legep.de info@legep.de

Abbildung 45: Beispiel für die Information eines SDB

- **Dezember 2009-Januar 2010**

In den Monaten Dezember und Januar mußte die Bauproduktfrage bei der Beschichtung der Holzverschalung an der Außenfassade bearbeitet werden, da die ausführende Firma Alternativen für die Beschichtung vorschlug, die von der Ausschreibung abwichen. Die Informationsbeschaffung zeigte den Beteiligten im Planungsbüro auf, wie komplex und schwierig Zusammenarbeit mit den Herstellerfirmen sich gestaltete.

- **April - Mai 2010**

Im April wurden die ersten Gewerke für die Oberflächen des Innenraum vergeben, Bodenbelagsarbeiten Fa. Schandert

- Trockenbauarbeiten Fa. Hecher
- Innentüren Klassenräume Fa. Geuß

Kurz darauf wurden die Firmen von uns angeschrieben und um Auskünfte zu den vorgesehenen Bauprodukten befragt. Die ersten Unterlagen trafen vier bis sechs Wochen später ein. Nach Sichtung der Unterlagen war es notwendig bei verschiedenen Herstellerfirmen noch weitere Informationen einzuholen.

Weitere Produktabfragen bezogen sich auf ein Polyestervlies als schalldämmendes Material auf den Deckensegeln.

- **Juni – Juli 2010**

Weitere Produktabfragen bezogen sich auf einen PE-Randstreifen beim Naßestrich anstatt der Mineralwolle und die Oberflächenbehandlung mit Spachtelmassen.

Dem Planungsbüro und dem Bauleiter wird kontinuierlich über die Probleme bei der Informationsbeschaffung unterrichtet. Es zeigt sich, dass viele Anbieterfirmen immer noch nicht auf qualitätsbezogene Risikostoffinformation vorbereitet sind.

- . Unkenntnis
- . Unvollständige Information - Zeitverlust
- . Blockade – hoher Zeitverlust

Lösung:
**Produktnachweis mit der Ausschreibung
vorlegen lassen**

Abbildung 46: Informationsprobleme

- **September - Oktober 2010**

Weitere Produktabfragen bezogen auf die

- Innentüren Fa. Geuß bzw. Hersteller Fa. Schörghuber bezogen auf die Beschichtung der Stahlzargen, der Türkanten und der HPL-Schichtstoffplatten
- Trockenbauarbeiten Fa. Hecher bezogen auf die Heraklithplatten, den Füllspachtel für die Gipskartonarbeiten, die Schalldämmung der Flure und die Schalldämmung der Flure
- Betonspachtelarbeiten der Fa. H & Z für die Spachtelmassen
- Beschichtungen der Fa. Gela Bautenschutz bezogen auf die Beschichtungen der Wände, Decken, Trockenbauplatten
- Bodenbelagsarbeiten der Fa. Schandert bezüglich Teppichboden, Dichtstoffe und Kleber.

Submission Möblierung

Treffen mit Außendienstmitarbeiter der Fa. VS am 27.10.2010. Hinweis auf die Vorlage von Sicherheitsdatenblättern für verwendeten Materialien wie Holzwerkstoffe, Beschichtungen, Bezugstoffe usw.

Alle ausgewählten Bauprodukte wurden auf Basis der vorgelegten Dokumente beurteilt und das Ergebnis dem Planungsbüro mitgeteilt.

3. Schritt Berechnen + Bewerten



- **Beschreiben**
durch den Hersteller mit Hilfe einer Stoffdatenbank
- **Berechnen**
mit Hilfe eines Programms (läuft auch bei Hersteller lokal)
- **Bewerten**
durch die gültigen Gesetze, Verordnungen, Normen, Label, Testpublikationen (in Programm implementiert)

Abbildung 47: Bewertung der Bauprodukte

- **März-April 2011**

Die Ergebnisse der Projektbearbeitung wurden im März im Landratsamt Erding und im April auf einer Tagung der DBU zum Thema Schulen in der katholischen Akademie in München vorgestellt.

Arbeitsergebnis



- 5 Einzelprodukte:** Volldeklaration aller Inhaltsstoffe
- 25 Produkte Blauer Engel-Nachweis:** Erfüllung der Ausschreibungsempfehlung, bzw. VOC-Nachweise, bzw. andere Testate PEFC bei Holz usw.
- 30 Produkte:** Plausibilitätskontrolle des Sicherheitsdatenblatts
- In Zukunft:** Eidesstattliche Versicherung, dass bestimmte Inhaltsstoffe nicht enthalten sind.

Abbildung 48: Arbeitsergebnis

10.4 Ergebnis der Untersuchung

Mit der vorliegenden Forschungsarbeit konnte gezeigt werden, dass eine Erfassung der eingebauten Bauprodukte, der Prüfung der Inhaltsstoffe und der Bewertung nach festgelegten Kriterien möglich ist. Gleichzeitig wurde deutlich, dass diese Art und Weise der Produktprü-

fung allen am Bau Beteiligten ungewohnt ist. Dadurch stößt die Umsetzung des Anspruchs einer Risikominimierung auf unerwartete Widerstände.

Die vorgefundene Realität in der Arbeitswelt der Architekten und Bauunternehmen ist extrem widersprüchlich. Einerseits ist der Schadstoffbereich in Bauprodukten extrem geregelt durch europäische und nationale Normen und Verordnungen. Andererseits werden die geforderten Informationen von keinem der am Bauprozess Beteiligten angefordert, bereitgehalten oder geliefert.

Die in diesem Projekt aufgezeigte Vorgehensweise ist zielführend und hat sich bewährt. Um die Intention eines risikominimierten Gebäudes durchsetzen zu können, müssen vor allem die Anforderungen an die Informationsbereitstellung früher umgesetzt werden.

- Die Ausschreibungstexte sind mit eindeutigen Hinweisen für die Qualitätsanforderungen an die Produkte auszustatten.
- Vor der Auftragsvergabe sind die Informationen für die vorgesehenen Bauprodukte seitens des Unternehmers bereitzustellen. Diese Unterlagen sind in Hinblick auf die Qualitätsanforderungen zu prüfen und gegebenenfalls die Produkte zu substituieren.
- Der Produktkatalog ist Teil der Auftragsvergabe.
- Die Produkte sind auf der Baustelle zu überprüfen. Eine eidesstattliche Zusicherung der Produktqualität ist vom Unternehmer auszustellen.
- Ein Bauproduktkataster ist seitens des Unternehmers aufzustellen.

11 Öffentlichkeitsarbeit

11.1 Projektvorstellungen und Führungen

Ein wesentliches Augenmerk lag auf der Einbindung der Schüler, der Lehrer und der Öffentlichkeit in das Bauvorhaben. Es wurden regelmäßige Projektvorstellungen und Führungen durch das Gebäude durchgeführt. Dies führt zu einer hohen Identifikation mit dem Gebäude und dem Gebäudekonzept. Des Weiteren wurde der Neubau auch in den Unterricht einbezogen und die Schüler konnten bei den Führungen praktische Erfahrungen sammeln.

Bei den Führungen durch das Gebäude war auch häufig die lokale Presse anwesend und hat über den Baufortschritt berichtet. Zusätzlich hat der Landkreis Erding durch Pressemitteilungen über das Gebäude informiert. Des Weiteren wurde auf der Internetseite des Landkreises Erding das Projekt vorgestellt. Dadurch wurde auch ein hoher Bekanntheitsgrad des Projektes in der Öffentlichkeit erzielt.

Am 29.5.2009 war die Grundsteinlegung, die groß gefeiert wurde. Am 15.6.2009 und am 21.9.2009 fanden Projektvorstellungen und Führungen durch den Rohbau statt, zu denen interessierte Schüler, Lehrer und Öffentlichkeit eingeladen wurden.



Abbildung 49: Rohbaubesichtigung am 15.6.2009



Abbildung 50: Rohbaubesichtigung am 21.9.2009

Am 3.5.2010 fand eine Projektvorstellung mit Führung durch die Baustelle statt, zu denen interessierte Schüler, Lehrer und Öffentlichkeit eingeladen wurden.



Abbildung 51: Besichtigung am 3.5.2010

Im Juni 2010 kamen Vertreter der Marktgemeinde Peißenberg kommen zum Informationsbesuch und der Ausschuss für Bauen und Energie besichtigte ein Musterzimmer.

Am 11.10.2010 fand die fünfte Projektvorstellung für Schüler, Lehrer und Öffentlichkeit statt. Im Dezember 2010 besuchte eine Delegation chinesischer Bauingenieure die FOS/BOS.

Ein weiterer wahrer Höhepunkt war die Einweihungsfeier mit Festredner Staatsminister Dr. Ludwig Spaenle am 20.05.2011. Zu diesem Anlass wurde eine sehr gelungene Festschrift erstellt, in der die Eckdaten des Baus zusammengestellt sowie das architektonische als auch energetische Konzept erläutert wurden.

11.2 Fachkonferenzen

Des Weiteren wurde das Projekt bereits mehrfach bei Fachkonferenzen präsentiert.

Bei der Veranstaltung „Schulbau im Kontext von Ökonomie und Ökologie“ vom 27. bis 28. September 2010 in Osnabrück wurde die FOS/BOS Erding in einem Vortrag von Frau Jacobsen einem interessierten Fachpublikum vorgestellt. Veranstalter waren die DBU, der Bund Deutscher Architekten Niedersachsen e.V. und die Architektenkammer Niedersachsen.

Am 14.04.2011 fand die Fachkonferenz „Schulbauten für die Zukunft– wirtschaftlich, energieeffizient, nachhaltig und pädagogisch“ in München statt. Ein Schwerpunkt der Fachkonferenz war die Vorstellung von interessanten Schulneubauten und –sanierungen. Die FOS/BOS Erding wurde hierbei ausführlich in mehreren Vorträgen vorgestellt. Das Programm umfasste auch Vorträge zu den Themen Förderschwerpunkte der DBU, Pädagogische Architektur sowie zu wirtschaftlichen und vergaberechtlichen Aspekten. Eine anschließende Podiumsdiskussion rundete die Konferenz ab. Veranstalter der sehr gelungenen Fachkonferenz waren der Landkreis Erding, die Deutsche Stiftung Umwelt und die bayerische Architektenkammer.

12 Auszeichnungen

Die FOS/BOS Erding hat bei der Preisverleihung des E.ON Bayern Umweltpreises 2009 den Hauptpreis in Höhe von 50 000,- € gewonnen. Gründe für die Auswahl des Projektes für den Umweltpreis waren die deutliche Senkung des Energieverbrauchs gegenüber einem Neubaustandard und die Verwendung umweltschonender Materialien (s. Anlage 15.15).

13 Fazit

Die Zielvorgaben hinsichtlich des Passivhausstandards und Primärenergiebedarfs konnten trotz notwendiger Änderungen während der Planungs- und Bauphase eingehalten werden. Auch die Durchführung der Dichtigkeitsmessung in drei Phasen mit der Möglichkeit des Aufspürens bestehender Undichtigkeiten hat sich als sehr gut erwiesen.

Die Berechnung der Lebenszykluskosten nach Projektabschluss zeigt, dass die höheren Investitionskosten im Vergleich zu einem Standardgebäude von ca. 800.000 € netto (KGR 300/400) durch die niedrigeren Versorgungskosten des Gebäudes ausgeglichen werden können.

Das gute Ergebnis ist im Wesentlichen auf eine überdurchschnittliche Präsenz und Kontrollarbeit des bauleitenden Architekten der kplan® AG, des sehr kompetenten Heizungs- und Lüftungsbüros IB Baumann sowie das Einbeziehen einer energetischen Bauleitung (Ingenieurbüro Hausladen) zurückzuführen.

Durch die eingesetzten, komplexen Techniken, die für die Minimierung des Energiebedarfs notwendig sind, ist für den langfristigen Erfolg des Projektes die energetische Optimierungen in der zweijährigen Monitoringphase durch das ZAE äußerst wichtig.

Die Einbeziehung der Nutzer in die Planungs- und Bauphase durch Projektvorstellungen und Führungen hat zu einer hohen Akzeptanz dieses innovativen Bauvorhabens geführt. Insbesondere die Einbeziehung der Lehrer hat sich hierbei als sehr wichtig herausgestellt, weil sie zur positiven Einstellung zum neuen Gebäude beigetragen haben.

Das Projekt kann durch interessante technische Ansätze überzeugen: es konnte aufgezeigt werden, wie sich weitreichende Energiesparpotentiale ausschöpfen lassen. Das Projekt ist in diesem Sinne richtungsweisend, was auch an den vielen Fachbesuchern deutlich wird. Durch die Darstellung des Projektes bei Fachkonferenzen wurde das Konzept der FOS/BOS Erding auch in weiten Fachkreisen bekannt.

Durch die Förderung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt war es möglich, ein derart zukunftsweisendes Projekt zu realisieren.

14 Literaturverzeichnis

- [ABS2008] Abschlussbericht „Neubau der Fach- und Berufsoberschule in Erding: Nachhaltiges Passivhaus mit extrem niedrigem Gesamt-Primärenergiebedarf“, K. Rohlfss, H. König, M. Baumann, R. Wieder, H. Gruber, H.-P. Kirchmann, Karlsruhe/Abensberg/Erding, 17.12.2008
- [AGBB05] Ausschuss für gesundheitliche Bewertung von Bauprodukten (AgBB): Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC und SVOC) aus Bauprodukten; Aktualisierte NIK-Werte-Liste 2005.
- [BLAU2006] RAL gGmbH, Der Blaue Engel, St. Augustin 2006
- [EMI2007] GEV–Gemeinschaft Emissionskontrollierte Verlegewerkstoffe, Klebstoffe und Bauprodukte e.V., Düsseldorf 2007
- [GHS06] (<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/1/14/Gefahrstoffsymbole.jpg>)
- [GIS2006] GISBAU-Gefahrstoff-Informationssystem der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, Frankfurt 2006
- [GISB2007] Hilmer, Anita/Kugler, N. Checkliste für Sicherheitsdatenblätter gemäß Verordnung (EG) 1907/2006, Frankfurt 2007
- [UBA2008] Moriske/Szewzyk, Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden Berlin 2008