

Ascona GbR Gesellschaft für ökologische Projekte

Ascona König – Jama GbR

Gesellschaft für ökologische Projekte

Architekt Dipl. Ing. Holger König

Eschenriederstr. 65, 82194 Gröbenzell

☎ 0049 (0) 8131-276983

📠 0049 (0) 8131 – 276985

✉ mail@ascona-koenig.de

Forschungsvorhaben:

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für
Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische
Bewertung von Gebäuden

Abschlußbericht

Gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt
Aktenzeichen: Az. 25952

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt
bei dem Autor
Dipl. Ing. Architekt Holger König

Gröbenzell, Juli 2011

06/02		1 Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt			
Az	25952				
Antragstitel		Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden			
Stichworte		Orientierungswerte, Zielwerte, ökologische Gebäudebewertung			
Laufzeit		Projektbeginn		Projektende	
24 Monate		7.11.2007		7.11.2010	
Zwischenberichte		Juni 2009			
Bevollziehungsempfänger		Ascona GbR, Gesellschaft für ökologische Projekte Eschenriederstr. 65 82194 Gröbenzell		Tel 08131-276983 Fax 08131-276985	
				Projektleitung Holger König	
				Bearbeiter Holger König	
Kooperationspartner					
<p>Zielsetzung und Anlass des Vorhabens Aufbauend auf einem Elementkatalog und einer integralen Programmtechnik zur Berechnung von Herstellungskosten, Energiebedarf, Nutzungskosten und Umweltbelastung sollen Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung des Sektors Wohnungsbau entwickelt werden. Die Berechnung und Kommunikation dieser Werte bei Bauherren, Investoren, Planern und Architekten wird als notwendiger Schritt angesehen, die ökologische Qualität von Gebäuden neben den Herstellungskosten, dem Energiebedarf und den Nutzungskosten als Entscheidungskriterium zu etablieren.</p> <p>Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden Voraussetzung für die Ermittlung und Erstellung von lebenszyklusbezogenen Grenz- und Zielwerten ist eine ausreichende Anzahl vollständig erfasster Gebäude. Durch die Erfassung aller Bauteile analog der Methodik der DIN 276 zur Kostenplanung von Gebäuden und der DIN 18960 zur Erfassung der Kosten der Nutzungsphase, sind nach Eingabe und Berechnung bzw. Dokumentation die Voraussetzungen für die Festlegung ökologischer Grenz-, Ziel- und Orientierungswerte geschaffen worden. Im methodischen Bereich konzentrierte sich das Projekt auf die Beschreibung von Gebäudequalitäten, die im Bereich Kosten und Energiebedarf zu unterschiedlichen Leistungen (Performance) führen. Um die Quantität der Gebäude sinnvoll begrenzen zu können, wurde die Methodik des Typvertreter angewendet. Für die bekannten Gebäudetypen wie alleinstehendes Einfamilienhaus, Doppelhaus, Reihenmittelhaus, Mehrfamilienhaus als Punkthaus, Laubenganghaus und Spännerhaus sind Typvertreter entwickelt worden, die repräsentativ die Gebäudetypen abbilden. Der Nachweis der Repräsentanz wurde über Plausibilitätsprüfungen mit den Angaben von Gebäudeclustern anderer Gebäudekataloge geführt. Die Modellierung der Typvertreter in Bezug auf Bauweise, Materialwahl, Ausstattungsgrad oder energetisches Bedarfsniveau hat einen Gebäudepool geschaffen, der ein breites Spektrum an Möglichkeiten abbildet. Dieses Spektrum führte nach der Berechnung zu Wertekorridoren, die eine Auswertung hinsichtlich der Referenz-, Grenz- und Zielwerte ermöglichen. Die Anwendung von integralen Werkzeugen erleichtert die Systematisierung der Qualitäten in den empirisch vertrauten Sektoren und erlaubt eine Überprüfung der ökologischen Berechnungsergebnisse auf signifikante Unterschiede. Dieser Arbeitsansatz vermeidet die Schwächen monofunktionaler Studien, die ihre Ergebnisse nur schwerlich Plausibilitätsprüfungen unterziehen können.</p>					

Ergebnisse und Diskussion

Die Verzögerung der Fertigstellung der Forschungsarbeit wurde durch den Aufbau eines Zertifizierungssystem für Gebäude in Deutschland durch die DGNB e.V. und das Bauministerium für Verkehr, Bauen und Stadtentwicklung (BMVBS) verursacht, an dem der Autor beteiligt war. Dadurch wurde es möglich die im Zertifizierungssystem für den Kriterienblock „Ökobilanz“ festgelegten Regeln den in dieser Forschungsarbeit angewendeten Berechnungen zu Grunde zu legen. Gleichzeitig werden durch diese Berechnungsregeln die bisher übliche Beliebigkeit der Wahl der Szenarien, Indikatoren, Betrachtungszeiträume oder Bezugskennwerte stark eingeschränkt und die Berechnungsergebnisse vergleichbar. Damit sind die Ergebnisse in den Zertifizierungssystemen von BMVBS und DGNB anwendbar.

Die Plausibilitätsprüfung der Typvertreter „Wohnen“ durch den Vergleich mit Daten anderer Gebäudedokumentationssysteme führte zu einem positiven Ergebnis. Damit konnte diese effiziente Methodik der Gebäudemodellierung als Grundlage für die Erzeugung belastbarer Daten eingesetzt werden. Die berechneten Werte für die Ökobilanz haben in der Gesamtauswertung sinnvolle und plausible Wertekorridore ergeben. Über- und Unterschreitungen lassen sich auf spezifische Konstruktionen oder Betriebsmittel zurückführen.

Ein deutlicher Unterschied ist zwischen den Ein- und Mehrfamilienhäusern inklusive Betrieb festzustellen. Die Abweichung ist nach Indikator unterschiedlich und bewegt sich zwischen 24 % – 80% (vom niedrigeren Wert des MFH). Da die Referenzwerte für die Gebäude ohne Betrieb nur geringfügig abweichen, ist der Unterschiede in der Betriebsphase begründet. Da der Betrieb von Einfamilienhäusern wesentlich unwirtschaftlicher ist, als bei Mehrfamilienhäusern, ist dieses Ergebnis plausibel. Bei Entwicklung von Bewertungssystemen für Einfamilienhäuser ist dies zu berücksichtigen.

Die eingesetzten Faktoren zur Ermittlung von Ziel- und Grenzwerten haben sich als weitgehend identisch mit der ermittelten Standardabweichung bewiesen. Beim Indikator Überdüngungspotenzial muss der Faktor für den Grenzwert von 1,4 auf 2 erhöht werden, wenn man die höheren Werte der Holzpelletkessel nicht abwerten will. Diese Diskussion wurde in früheren Jahren bereits beim Indikator Ozonabbaupotenzial in Bezug auf die strombetriebenen Wärmepumpen geführt. Hier wurde der Grenzwert-Faktor im BNB-System auf 2 gesetzt.

Deutlich sind in den Auswertungen die Unterschiede in der energetischen Qualität der Gebäude zu erkennen. Die Niedrigstenergiegebäude erreichen bei fast allen Indikatoren gute Werte. Werden diese Gebäude mit nachwachsenden Rohstoffen gebaut, erreichen sie sehr gute Werte.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Die Berechnungsmethoden und –ergebnisse wurden bereits in der Auditorenausbildung des Bauministeriums für das Bundessystem Nachhaltiges Bauen und in der Auditorenausbildung der Architektenkammern für die DGNB vorgestellt. Beispielhafte Ergebnisse wurden im Buch „Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung“ veröffentlicht. Die Ergebnisse bilden außerdem die Grundlage für das Forschungsprojekt des Bauministeriums „Entwicklung von Bewertungsmaßstäben für das Bewertungssystem Nachhaltiger Wohnungsbau“. Im Herbst 2011 werden die Ergebnisse auf dem Kongress Sustainable Building 2011 in Helsinki unter dem Titel „LCC-LCA-Benchmark for the certification of buildings in Germany“ vorgestellt.

Fazit

Die eingesetzte Methode und die Erstellung eines umfangreichen Gebäudepools haben belastbare Referenz-, Ziel- und Grenzwerte für die Ökobilanzbewertung von Gebäuden der Nutzungskategorie „Wohnen“ erzeugt. Damit wurden die Ziele des Forschungsprojekts erfüllt.

Die in diesem Forschungsprojekt entwickelten Methoden können für die Wertermittlung der Ökobilanzierung anderer Nutzungskategorien z.B. Schulen, Hotels oder Industriegebäuden eingesetzt werden

Inhaltsverzeichnis

1	PROJEKTKENNBLETT	2
2	GLOSSAR	9
2.1	ALLGEMEINE BEGRIFFE.....	9
2.2	ÖKOLOGISCHE BEGRIFFE	9
2.3	ÖKOBILANZ.....	10
2.4	DEKLARATIONEN	15
2.5	ORGANISATIONEN, NORMEN, VERORDNUNGEN, INSTITUTIONEN.....	16
3	ZUSAMMENFASSUNG	18
4	EINLEITUNG	19
5	ORIENTIERUNGS-, GRENZ- UND ZIELWERTE FÜR DIE ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG VON GEBÄUDEN	22
5.1	STAND DER NORMUNG UND FORSCHUNG.....	22
5.1.1	<i>Einschlägige internationale Normen</i>	22
5.1.2	<i>CEN TC 350</i>	23
5.1.3	<i>Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden in Deutschland</i>	24
5.1.4	<i>Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen (DGNB)</i>	25
5.2	ORIENTIERUNGSWERTE FÜR GEBÄUDEPÄSSE	25
5.2.1	<i>Gebäudedokumentation</i>	25
5.2.2	<i>Informationen zur Ökobilanz</i>	26
5.2.3	<i>Zusammenfassung</i>	30
6	AUSWAHLKRITERIEN FÜR TYPVERTRETER - WOHNEN	31
6.1	BAUWERKSZUORDNUNG.....	31
6.1.1	<i>Einteilung der Bauwerke nach Statistischem Bundesamt</i>	31
6.1.2	<i>Diverse Bauwerkszuordnungskataloge</i>	33
6.1.3	<i>Zusammenfassung</i>	34
6.2	RAHMENBEDINGUNG FÜR BERECHNUNG.....	34
6.3	WOHNBAUTYPOLOGIE.....	34
6.3.1	<i>Nutzung</i>	38
6.3.2	<i>Baujahr</i>	38
6.3.3	<i>Verhältnis BGF-NGF-NF</i>	38
6.4	SYSTEMGRENZE UND QUALITÄT DER FUNKTIONALEN EINHEIT	39
6.4.1	<i>Baukonstruktion</i>	39
6.4.2	<i>Technische Anlagen</i>	39
6.4.3	<i>Bauphysikalische Qualität: Wärme, Feuchte, Schall, Brand</i>	40
6.4.4	<i>Baukosten</i>	40
6.5	BERECHNUNGSPROGRAMM	41

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

7	TYPVERTRETER WOHNGBÄUDE	42
7.1	REFERENZGBÄUDE - TYPVERTRETER	42
7.2	TYPVERTRETER EINFAMILIENHAUS.....	43
7.2.1	<i>Alleinstehendes Einfamilienhaus EFH</i>	43
7.2.2	<i>Vergleichsgebäude alleinstehende Einfamilienhäuser unterkellert (BKI)</i>	44
7.2.3	<i>Ergebnis für alleinstehende Einfamilienhäuser</i>	46
7.2.4	<i>Typvertreter Doppelhaus DHH</i>	46
7.2.5	<i>Vergleichsgebäude Doppel- und Reihenendhäuser (BKI)</i>	48
7.2.6	<i>Ergebnis Doppelhäuser</i>	49
7.2.7	<i>Typvertreter Reihenmittelhaus RMH</i>	50
7.2.8	<i>Vergleichsgebäude Reihenhäuser (BKI)</i>	51
7.2.9	<i>Ergebnis Reihenmittelhaus</i>	52
7.3	MENGENGERÜST BAUTEILE	53
7.3.1	<i>Mengengerüst Einfamilienhaus</i>	53
7.3.2	<i>Mengengerüst Doppelhaus</i>	54
7.3.3	<i>Mengengerüst Reihenmittelhaus</i>	55
7.4	TYPVERTRETER MEHRFAMILIENHAUS.....	56
7.4.1	<i>Vergleichsgebäude Mehrfamilienhäuser (BKI)</i>	56
7.4.2	<i>Typvertreter Mehrfamilienhaus MFH</i>	57
7.4.3	<i>Ergebnis Mehrfamilienhaus</i>	58
7.4.4	<i>Typvertreter Mehrfamilienhaus Ergänzung</i>	59
7.5	GEBÄUDEKONSTRUKTIONEN UND AUSSTATTUNGEN.....	61
7.5.1	<i>Konstruktionstypen</i>	62
7.5.2	<i>Ausstattungsstandards Baukonstruktion</i>	64
7.5.3	<i>Ausstattungsstandards Technische Anlagen</i>	65
7.5.4	<i>Annahmen für die Berechnung nach EnEV 2009</i>	65
7.6	GESAMTÜBERSICHT.....	66
8	RECHENREGELN FÜR DIE ÖKOBILANZ (LCA)	70
8.1	DATENBASIS FÜR DIE ÖKOLOGISCHE BEURTEILUNG VON ELEMENTEN UND BAUWERKEN	70
8.1.1	<i>Sachbilanz, Energie- und Stofffluss</i>	71
8.1.2	<i>Wirkungsbilanz</i>	71
8.2	RAHMENBEDINGUNGEN FÜR DIE ÖKOBILANZIERUNG.....	72
9	BERECHNUNGSERGEBNIS ÖKOBILANZ	73
9.1	AUSWERTUNG EINFAMILIENHÄUSER.....	74
9.1.1	<i>Wirkungskategorie Treibhauspotenzial</i>	74
9.1.2	<i>Wirkungskategorie Ozonabbaupotenzial</i>	74
9.1.3	<i>Wirkungskategorie Sommersmogpotenzial</i>	75
9.1.4	<i>Wirkungskategorie Versauerungspotenzial</i>	75

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

9.1.5	Wirkungskategorie Überdüngungspotenzial	76
9.1.6	Inputkategorie Primärenergie nicht erneuerbar	76
9.1.7	Inputkategorie Gesamt-Primärenergie	77
9.1.8	Verhältnis Primärenergie erneuerbar zur Gesamtprimärenergie.....	78
9.1.9	Ergebnis der Ökobilanz für EFH	78
9.2	AUSWERTUNG MFH - LAUBENGANGTYP	79
9.3	AUSWERTUNG MFH - PUNKTHAUSTYP	82
9.4	AUSWERTUNG MFH - ZWEISPÄNNER	83
9.5	AUSWERTUNG MFH - VIERSPÄNNER	86
9.6	ZUSAMMENFASSUNG GEBÄUDEAUSWERTUNG	86
9.7	ZIEL-, ORIENTIERUNGS- UND GRENZWERTE MEHRFAMILIENHAUS	87
9.7.1	Wirkungskategorie Treibhauspotenzial.....	87
9.7.2	Wirkungskategorie Ozonabbaupotenzial.....	88
9.7.3	Wirkungskategorie Sommersmogpotenzial	88
9.7.4	Wirkungskategorie Versauerungspotenzial.....	88
9.7.5	Wirkungskategorie Überdüngungspotenzial	89
9.7.6	Inputkategorie Primärenergie nicht erneuerbar	89
9.7.7	Inputkategorie Gesamt-Primärenergie	90
9.7.8	Verhältnis Primärenergie erneuerbar zur Gesamtprimärenergie.....	91
9.7.9	Ergebnis der Ökobilanz für MFH	91
10	ZUSAMMENFASSUNG DER FORSCHUNGSERGEBNISSE	93
11	AUSBLICK.....	94

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 4-1:	Zerlegung des Gebäudes in Elemente, Positionen, Materialien.....	21
Abb. 5-1:	CEN Normungsarbeit in TC 350/TC351/TC183, WG=Working Groups in TC 350.....	23
Abb. 5-2:	Werkzeuge zur Ökobilanzierung von Gebäuden .in Europa	24
Abb. 6-1:	Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland.....	31
Abb. 6-2:	Flächenzuordnung nach DIN 277.....	39
Abb. 7-1:	Einfamilienhaus EFH - LEGEP	44
Abb. 7-2:	Grundriss Einfamilienhaus EG	44
Abb. 7-3:	Vergleich der Größen BRI, BGF und WF/NF der Einfamilienhäuser	46
Abb. 7-4:	Doppelhaus DHH - LEGEP	47
Abb. 7-5:	Grundriss Doppelhaushälfte EG.....	48
Abb. 7-6:	Vergleich der Größen BRI, BGF und WF/NF der Doppelhaushälften	50
Abb. 7-7:	Reihenmittelhaus RMH - LEGEP.....	51
Abb. 7-8:	Grundriss Reihenmittelhaus EG.....	51
Abb. 7-9	Vergleich der Größen BRI, BGF und WF/NF der Reihenmittelhäuser	53
Abb. 7-10:	Mengengerüst Bauteile Typvertreter Einfamilienhaus – BKI	54

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

<i>Abb. 7-11: Mengengerüst Bauteile Typvertreter Doppelhaus – BKI</i>	55
<i>Abb. 7-12: Mengengerüst Bauteile Typvertreter Reihenmittelhaus</i>	55
<i>Abb. 7-13: Punkthaus, eingebaut Block 4+D</i>	58
<i>Abb. 7-14: Zweispänner, gereiht Zeile 3+D</i>	58
<i>Abb. 7-15: Vergleich der auf 10 WE normierten Größen BRI, BGF und WF/NF der Mehrfamilienhäuser</i>	59
<i>Abb. 7-16: Laubengangtyp, 3 Geschosse</i>	60
<i>Abb. 7-17: Laubengangtyp, 4 Geschosse</i>	60
<i>Abb. 7-18: Zweispänner, 3+D</i>	60
<i>Abb. 7-19: Zweispänner, 4 Geschosse</i>	61
<i>Abb. 7-20: Punkthaus, frei stehend, 6 Geschosse</i>	61
<i>Abb. 8-1: Gebäudemodellierung</i>	70
<i>Abb. 8-2: Indikatoren der Ökobilanz</i>	72
<i>Abb. 8-3: Lebenszyklusphasen für die Ökobilanz eines Gebäudes</i>	73
<i>Abb. 9-1: Treibhauspotenzial</i>	74
<i>Abb. 9-2: Ozonabbaupotenzial</i>	75
<i>Abb. 9-3: Ozonbildungspotenzial</i>	75
<i>Abb. 9-4: Versauerungspotenzial</i>	76
<i>Abb. 9-5: Überdüngungspotenzial</i>	76
<i>Abb. 9-6: Primärenergie nicht erneuerbar</i>	77
<i>Abb. 9-7: Gesamt-Primärenergie nicht erneuerbar</i>	77
<i>Abb. 9-8: Prozentanteil Primärenergie erneuerbar</i>	78
<i>Abb. 9-9: Laubengangtyp FD, 3 GE, Wirkungskategorie Klimagas</i> ,.....	80
<i>Abb. 9-10: Laubengangtyp FD, 3 GE, Wirkungskategorie Überdüngungspotenzial</i>	81
<i>Abb. 9-11: Laubengangtyp FD, 3 GE, Sachbilanz Primärenergie erneuerbar, Anteil an Gesamt PE</i>	81
<i>Abb. 9-12: Punkthaus typ FD, 4 GE+DG, Wirkungskategorie Klimagas</i>	82
<i>Abb. 9-13: Punkthaus typ FD, 4 GE+DG, Wirkungskategorie Versauerungspotenzial</i>	83
<i>Abb. 9-14: Zweispänner SD, 3 GE+DG, Wirkungskategorie Treibhaus</i>	84
<i>Abb. 9-15: Zweispännertyp SD, 3 GE+DG, Wirkungskategorie Ozonabbaupotenzial</i>	84
<i>Abb. 9-16: Zweispännertyp SD, 3 GE+DG, Sachbilanz Primärenergie erneuerbar, Anteil an Gesamt PE</i>	85
<i>Abb. 9-17: Zweispänner FD, 7 GE, Wirkungskategorie Treibhauspotenzial</i>	85
<i>Abb. 9-18: Zweispänner FD, 7 GE, Inputkategorie Primärenergie nicht erneuerbar</i>	86
<i>Abb. 9-19: Vierspännertyp SD, 4 GE, Wirkungskategorie Versauerungspotenzial</i>	86
<i>Abb. 9-20: Treibhauspotenzial</i>	87
<i>Abb. 9-21: Ozonabbaupotenzial</i>	88
<i>Abb. 9-22: Ozonbildungspotenzial</i>	88
<i>Abb. 9-23: Versauerungspotenzial</i>	89
<i>Abb. 9-24: Überdüngungspotenzial</i>	89
<i>Abb. 9-25: Primärenergie nicht erneuerbar</i>	90
<i>Abb. 9-26: Gesamt-Primärenergie nicht erneuerbar</i>	90
<i>Abb. 9-27: Prozentanteil Primärenergie erneuerbar</i>	91

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 5-1: Gebäudekennwerte nach ImmoPass</i>	26
<i>Tabelle 5-2: PEI nach Total Quality</i>	27
<i>Tabelle 5-3: PEI nach GBTool 98</i>	27
<i>Tabelle 5-4: Gebäudekennwerte nach „Haus der Zukunft“</i>	28
<i>Tabelle 5-5: Gebäudekennwerte nach GEWOFAG-Studie</i>	28
<i>Tabelle 5-6: Gebäudeanalyse für zwei Varianten Einfamilienhaus nur Gebäude</i>	29
<i>Tabelle 5-7: Steckbriefwerte LCA des DGNB-Systems für Gebäude inklusive Versorgung (oben), nur für das Gebäude unten</i>	30
<i>Tabelle 6-1: Systematik der Bauwerke des Statistischen Bundesamtes</i>	33
<i>Tabelle 6-2: Systematik Gebäudetypologie Einteilung Mehrfamilienhäuser</i>	36
<i>Tabelle 6-3: Systematik Gebäudetypologie Einteilung für Einfamilienhäuser</i>	37
<i>Tabelle 7-1: Gebäudeliste Einfamilienhäuser mittlerer Standard</i>	45
<i>Tabelle 7-2: Gebäudeliste Einfamilienhäuser mittel, Kennzahlen</i>	45
<i>Tabelle 7-3: Gebäudeliste Doppelhäuser, einfacher Standard</i>	48
<i>Tabelle 7-4: Gebäudeliste Doppelhäuser einfach, Kennzahlen</i>	49
<i>Tabelle 7-5: statistische Werte für Doppel- und Reihenendhäuser (BKI),normiert auf eine Doppelhaushälfte...</i>	49
<i>Tabelle 7-6: Gebäudeliste Reihenmittelhaus, mittlerer Standard</i>	52
<i>Tabelle 7-7: Gebäudeliste Reihenmittelhaus mittel, Kennzahlen</i>	52
<i>Tabelle 7-8: statistische Werte für Reihenhäuser (BKI),normiert auf eine Wohneinheit (Scheibe)</i>	52
<i>Tabelle 7-9: statistische Werte für Mehrfamilienhäuser (BKI),normiert auf 10 Wohneinheiten, bzw. pro BGF..</i>	56
<i>Tabelle 7-10: Gebäudeliste Mehrfamilienhaus mittlerer Standard</i>	57
<i>Tabelle 7-11: Gebäudeliste Mehrfamilienhaus mittel, Kennzahlen</i>	57
<i>Tabelle 7-12: Ausführungsvarianten Massivbauweise</i>	63
<i>Tabelle 7-13: Ausführungsvarianten Holzbauweise</i>	63
<i>Tabelle 7-14: Annahmen für die EnEV 2009 und Niedrigstenergiehaus</i>	66
<i>Tabelle 7-15: Gebäudeliste Differenzierung der Typvertreter Einfamilienhaus und Mehrfamilienhaus</i>	69
<i>Tabelle 8-1: Rahmenbedingung der Ökobilanzberechnung</i>	73
<i>Tabelle 9-1: Übersicht Referenzwerte und Faktoren für die Ökobilanz EFH</i>	78
<i>Tabelle 9-2: Übersicht Ziel-, Referenz- und Grenzwerte Ökobilanz MFH</i>	79
<i>Tabelle 9-3: Übersicht Ökobilanz Laubenganghaus FD-3 GE</i>	80
<i>Tabelle 9-4: Übersicht Referenzwerte und Faktoren Ökobilanz MFH</i>	91
<i>Tabelle 9-5: Übersicht Benchmark Ökobilanz MFH nach Referenz-, Grenz- und Zielwerten</i>	92

2 Glossar

2.1 Allgemeine Begriffe

Baustoff

Für das Bauen bestimmter Stoff, dessen Abmessungen für das daraus herzustellende Bauhalbzeug, Bauteil, Bauwerksteil oder Bauwerk nicht maßgebend sind. Baustoffe sind Zement, Sand, Kies, Wasser, nicht zugeschnittenes Holz und dgl.

Bauhalbzeug

Aus der Verarbeitung von Baustoffen entstandenes Erzeugnis, dessen Abmessungen in seiner weiteren Verwendung in einer oder zwei Richtungen unverändert bleiben. Bauhalbzeuge sind Profile, nicht abgelängter Baustahl, Kabel, Bretter und dgl.

Bauprodukt

Ein Baustoff oder Bauhalbzeug, dessen Gebrauchseigenschaften durch Normung oder Bauzulassung genau bestimmt sind. Ein Hersteller übernimmt die Garantie für die definierten Gebrauchseigenschaften. Die europäische Bauprodukten-Richtlinie fasst den Begriff unter dem juristischen Aspekt weiter und versteht unter dem Bauprodukt Erzeugnisse vom Stoff über das Bauteil bis hin zum Fertighaus, d.h. alles was als Bauprodukt in den Handel kommen kann.

Bauteil

Bauprodukt, das als bestimmte Einheit ausgebildet ist und in allen diesen Dimensionen festgelegte Größen hat. Bauteile sind Fenster, Türen, Geräte und dgl.

Konstruktionsprodukt

Ein Konstruktionsprodukt ist die Bezeichnung für einen Baustoff, ein Bauhalbzeug oder ein Bauteil, der in einer konkreten Konstruktion eingesetzt wird, z.B. eine Betonplatte als Fertigteil in einem bestimmten Gebäude.

Bauelement

Bauteil eines Bauwerks mit einer bestimmten Funktion. Bauelemente sind Dächer, Decken, Außenwände, Innenwände, Heizungsanlagen und dgl.. Je nach Komplexität der Zusammensetzung werden unterschieden: Makroelemente, Grobelemente, Feinelemente. Bauelemente werden im eingebauten Zustand betrachtet und repräsentieren neben der stofflich-konstruktiven bzw. systemtechnischen Lösung auch die Herstellungs- und Einbautechnologie.

2.2 Ökologische Begriffe

Ökologie/ökologisch

Ökologie ist die Lehre von den Beziehungen zwischen Lebewesen und ihrer Umwelt.

Bauökologie/bauökologisch

Die Bauökologie untersucht und bewertet die Wechselwirkungen zwischen Bauprodukten, Bauwerken sowie/oder Siedlungen und der Umwelt mit dem Ziel, das Umweltgleichgewicht aufrechtzuerhalten. Teilaspekte sind die Vermeidung, Verringerung und/oder Kompensation von Ressourceninanspruchnahme, der Einträge von Abfällen oder Gefahrstoffen in die Umwelt sowie die Vermeidung oder Verringerung unerwünschter Folgen für die Umwelt, die Flora und Fauna sowie die Gesundheit und die Lebensqualität der Menschen.

I.d.R. werden Energie- und Stoffströme aggregiert und bewertet, die typische Betrachtungsebene ist der Lebenszyklus von Bauwerken.

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

Baubiologie/baubiologisch

Die Baubiologie untersucht die Wechselwirkung zwischen der gebauten Umwelt und dem Menschen (i.d.R. als Einzelindividuum im Sinne von Bewohner, Nutzer, Bauarbeiter). Ziel ist der Schutz der Gesundheit und Behaglichkeit der Einzelpersonen sowie von kulturellen Werten.

I.d.R. werden Risiken für die Umwelt und Gesundheit lokalisiert, die typische Betrachtungsebene ist der Arbeitsplatz bzw. der Arbeitsraum.

Nachhaltigkeit

Nachhaltigkeit im Sinne der deutschen Übersetzung für das Leitbild „sustainable development“ bedeutet die Sicherung der dauerhaften und zukunftsverträglichen Entwicklung, die einerseits die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt ohne andererseits zu riskieren, dass künftige Generationen ihre Bedürfnisse nicht befriedigen können (Verteilungsgerechtigkeit). Nachhaltigkeit besitzt neben der ökologischen auch eine ökonomische und eine soziale Dimension.

nachhaltiges Wachstum

Wirtschaftliches Wachstum, welches auf Industrien und industrielle Arbeitsweisen aufbaut, die erneuerbare Ressourcen einsetzen und die irreversible Nachteile für die Umwelt gering halten bzw. vollständig zu vermeiden versuchen.

Umwelteinwirkung

Durch Menschen (antropogene) oder anderweitige (z.B. geogene) verursachte Einflüsse auf die Umwelt.

2.3 Ökobilanz

Lebenszyklus

Lebenszyklus oder Lebensweg eines Produktes bezeichnet ein Konzept bei LCA und Stoffstromanalyse, das für Produkte oder Dienstleistungen alle Umwelteffekte von der „Wiege“ (Rohstoff- oder Primärenergiegewinnung) bis zur „Bahre“ (Entsorgung oder Recycling) ermittelt, inkl. der aus der Herstellung notwendiger Materialien, Transporten und der Nutzungsphase stammenden Umwelteffekten. Die Verknüpfungen aller Module/Prozesse, die einen Lebensweg bilden, werden als Prozessketten bezeichnet.

Basisdatensatz

Basisdatensätze stellen in Datenbanken zur Ermittlung kumulierter Sachbilanzen die Grundlage für eine Verknüpfung von prozessbezogenen Energie- und Stoffströmen mit Basisdaten dar. Typische Basisdatensätze liegen für Grundstoffe sowie für Energie- und Transportdienstleistungen vor.

Sachbilanz

Die Sachbilanz umfasst die Energie- und Stoffflüsse in der Ökosphäre (Ressourcen- und Energieverbrauch, alle Emissionen in Luft, Wasser und Boden sowie alle Abfälle) innerhalb eines gewählten und sowohl zeitlich als auch räumlich zu definierenden Bilanzrahmens und für eine exakt zu beschreibende funktionelle Einheit (Produkt oder Dienstleistung). Die in einer Matrix sachgerecht systematisierten Daten geben Auskunft über die Ressourceninanspruchnahme (inputseitig) sowie über Abfälle und Emissionen (outputseitig), nicht aber über deren Auswirkung auf die Umwelt.

Sachbilanzen umfassen Datensammlungen und Berechnungsverfahren zur Quantifizierung relevanter Input- und Outputflüsse eines Produktsystems. Die Inputs und Outputs können sich auf die Beanspruchung von zum System gehörenden Ressourcen sowie auf die Emissionen in Luft, Wasser und Boden beziehen.

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

LCI, Life Cycle Inventory Analysis

Englische Bezeichnung für Sachbilanz, Inventarisierung der Stoffströme, Auflistung der Sachbilanz

Kumulierte Sachbilanz

Die kumulierte Sachbilanz stellt die (i.d.R. rückschauende) Summe der Energie- und Stoffströme zu einem gewählten Betrachtungszeitpunkt einschließlich der bis zu diesem Zeitpunkt erforderlichen energetischen und stofflichen Vorstufen dar. Typische Zeitpunkte für Bauprodukte sind

- Werkstoff aufgeladen
- Im Bauwerk eingebaut
- Aus Bauwerk ausgebaut und entsorgt

Bewertete Sachbilanz = Wirkungsbilanz

Sachbilanz, die unter Verwendung einer Bewertungsmethode unter Nutzung der von dieser vorgegebenen Bewertungsdaten in eine Wirkungsbilanz transformiert wird, um die Folgen von Energie- und Stoffströmen für die Umwelt und die Gesundheit darzustellen und zu bewerten. Die Ausführlichkeit, die Auswahl der zu beurteilenden Wirkungen und die anzuwendenden Methoden hängen vom Ziel und Untersuchungsrahmen ab.

Funktionelle Einheit

Quantifizierter Nutzen eines Produktsystems als Vergleichseinheit in einer Ökobilanz. Auf die Funktionelle Einheit werden alle Daten einer Ökobilanz bezogen.

Allokation

Verfahren bekannt aus der Betriebswirtschaft zur Zuordnung und quantitativen Aufteilung der Input- und Outputflüsse eines Prozesses mit mehreren Produkten auf die einzelnen Produkte. Erforderlich bei Mehrproduktsystemen, um auch zu einzelnen (freigeschnittenen) Produkten Ökobilanzen erstellen zu können. Die Allokation kann erfolgen nach z.B. Masse, Inhaltstoffen, technischen Zusammenhängen oder Preisen. Die Allokation ist eine wichtige Methode um sinnvolle Aussagen aus Prozesskettenanalysen für einzelne Produkte generieren zu können

(ökologische) Bewertungsmethode

Methode zur Bewertung von Sachbilanzen, welche die Umwelteinwirkungen beschreibt und bewertet (ggf. auch gewichtet und aggregiert). Es existieren verschiedene Bewertungsmethoden, die auf unterschiedlichen Grundlagen basieren (politischen, naturwissenschaftlichen, ökonomischen).

LCA, Life Cycle Assessment ^[PE2005]

Life Cycle Assessment; im deutschen Sprachraum Lebensweganalyse oder Lebenswegbewertung oder allgemein Ökobilanz. Erlaubt, die Lebenszyklen von Produkten und Dienstleistungen auf ihre ökologischen Auswirkungen hin zu untersuchen und transparent darzustellen.

LCA ist die Zusammenstellung der Stoff- und Energieflüsse, die für ein Produkt entlang seines gesamten Lebensweges verursacht werden (Sachbilanz, Life Cycle Inventory Analysis (LCI)); Zusammenführung der Belastungen nach Wirkungen (Wirkungsanalyse, Life Cycle Impact Assessment (LCIA)) und Bewertung mit unterschiedlicher Aggregation. Standardisierte Vorgehensweise nach ISO 14040 ff.

LCIA, Life Cycle Impact Assessment, Wirkungsabschätzung

Phase einer LCA, die die Sachbilanzdaten zu ökologische Wirkungen aggregiert. Damit werden die Ergebnisse aus der Sachbilanz in ihrer Wirkung auf die Umwelt beurteilt.

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

Klassifizierung ^[PE2005]

Element innerhalb einer Sachbilanz. Bei dem Sachbilanzdaten den verschiedenen Wirkkategorien zugeordnet werden.

Input

Stoffe oder Energien, die einem Prozess oder einem System zugeführt werden. Ein Stoff kann sowohl Rohstoff als auch Produkt sein.

Primärenergie, PE ^[PE2005]

Der Energieinhalt der Energieträger in ihrer Ursprungsform. Die durch die Gewinnung, Umwandlung und Bereitstellung der Nutzenergie notwendigen Aufwendungen werden in Ökobilanzen auf die dafür notwendige Menge an Primärenergieträgern zurückgerechnet. Beispiele hierzu sind Erdöl, Erdgas, Kohle, Wasserkraft, Windkraft und Uran. Unterschieden wird in erneuerbare PE (Wind, Wasser, nachwachsende Rohstoffe) und nicht erneuerbare PE.

Output

Stoff oder Energie, der/die von einem Prozess oder einem System abgegeben wird. Kann sowohl Produkt, als auch Schadstoff, Emission oder Abfall sein.

CML, Charakterisierungsansatz, problemorientiert ^[PE2005]

Etablierte Methode der Wirkungsabschätzung, die eine Liste an Wirkungskategorien beschreibt, die u.a. von der SETAC Europe Arbeitsgruppe „Impact Assessment“ erarbeitet wurde. Die Wirkungen fokussieren auf die so genannten „Midpoints“ der „Ursache-Wirkungs-Kette“

Treibhauseffekt ^[PE2005]

Die von der Sonne auf die Erdoberfläche abgestrahlte Energie wird zum Teil reflektiert, zum Teil absorbiert. Der absorbierte Anteil führt zur Erwärmung von Boden, Wasser und Luft. Relativ kurzwellige UV/VIS-Strahlung trifft auf den Boden auf und wird, zu größeren Wellenlängen hin verschoben, als Wärmestrahlung (IR-Wellenlängenbereich) in die Atmosphäre abgestrahlt. Bestimmte Spurengase der Erdatmosphäre tragen nun dazu bei, die Troposphäre aufzuheizen, indem sie die einfallende Sonnenstrahlung nahezu ungehindert durchlassen, aber einen großen Teil der von der Erde wieder ausgesandten Infrarotstrahlung absorbieren und so die Wärme nicht wieder in den Weltraum abgestrahlt werden kann (analog Gewächshaus [Treibhaus], Wintergarten). Damit findet eine zusätzliche Wärmespeicherung in der Atmosphäre statt. Beispiele für solche klimarelevanten Spurengase sind Wasserdampf (H₂O) und Kohlendioxid (CO₂). Zurzeit beträgt die Durchschnittstemperatur auf der Erde ca. +15°C. Ohne den bereits von FOURIER und ARRHENIUS beschriebenen „natürlichen Treibhauseffekt“ läge diese durchschnittliche Temperatur der Erdoberfläche um 33K niedriger; bei ca. -18°C. Kein Lebewesen wäre dann überlebensfähig. Der Wasserdampf in der Troposphäre hat den größten Anteil am natürlichen Treibhauseffekt. Von den genannten 33°C Temperaturdifferenz rechnet man dem Wasserdampf etwa 21°C und dem Kohlendioxid etwa 7°C zu. Durch die aufgrund menschlicher Aktivitäten freigesetzten so genannten anthropogenen Treibhausgase wie Kohlendioxid, Methan, FCKWs usw. findet Konzentrationszunahme der treibhausrelevanten Spurenemissionen statt. Diese verursachen einen zusätzlichen Treibhauseffekt.

GWP, Global Warming Potential, CO₂-Äquivalent

Ökologische Bewertungsmethode, welche alle treibhausrelevanten Emissionen ihrer Wirkung gemäß summiert. Andere Gase als CO₂ (z. B. CH₄ und N₂O sowie SF₆, PFC und HFC) werden so auf CO₂ umgerechnet (Äquivalenzfaktoren).

Versauerungspotenzial, Schwefeldioxid-Äquivalent, SO₂, AP, Acidification Potential

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

Das quantitative Versauerungspotenzial wird in SO₂-Äquivalenten angegeben. Orientierungsstoff für die Bildung des Versauerungspotenzials ist SO₂ (Schwefeldioxid) mit AP=1,0 auf das die Wirkung der anderen versauernd Neben SO₂ werden auch die Luftschadstoffe NO_x, HCl, HF, NH₃ und H₂S mit ihrer auf SO₂ bezogenen Wirkung berücksichtigt.

CSB ^[PE2005]

Chemischer Sauerstoffbedarf, Kenngröße für die Gesamtbelastung des Abwassers mit organischen Stoffen. Der CSB-Wert gibt die benötigte Menge an Sauerstoff an, die für den chemischen Abbau dieser Stoffe nötig ist (Oxidation).

Eutrophierung ^[PE2005]

Als Eutrophierung wird der Vorgang bezeichnet, bei dem an einem Standort eine Nahrungs- und Nährstoffanreicherung erfolgt. Dieser Begriff wird für den Vorgang der Überdüngung durch natürliche und anthropogen bedingte Anreicherung und die dadurch auftretende Störung des biologischen Gleichgewichtes verwandt. Man unterscheidet hierbei zwischen aquatischer und terrestrischer Eutrophierung in Abhängigkeit davon, ob der Schadstoffeintrag in Gewässer oder in Form luftgetragener Emissionen in Böden erfolgt. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird als Eutrophierung nur eine Überdüngung von Oberflächengewässern und Meeren verstanden. In der Natur läuft dieser Prozess zum Beispiel während des langsamen Alterns von Seen ab, aber er kann durch aus der Landwirtschaft stammendes abfließendes Wasser (Einträge von Stickstoff (N) und Phosphor (P)) und durch Einleitung häuslicher und industrieller Abwässer beschleunigt werden.

Eutrophierungs-, Überdüngungspotenzial, NP, Nutriphication Potential ^[PE2005]

auch Überdüngungspotenzial. Die Bezugsgröße für das Eutrophierungspotenzial ist Phosphat (PO₄³⁻) mit einem EP von 1,0 in kg PO₄- Äquivalent. Andere eutrophierende Emissionen werden auf die wirkungsäquivalente Phosphatmenge bezogen.

Ozonabbaupotenzial ODP, Ozone Depletion Potential ^[PE2005]

in kg R11-Äquivalent, Stratosphärischer Ozonabbau, Beitrag der Emissionen zum Ozonabbau. Ozon bildet in der Stratosphäre eine Schicht (Ozonschicht), die Pflanzen und Tiere vor einem Großteil der schädlichen UV-Strahlung der Sonne schützt. Die Ozonmenge ist bedingt durch CFCs und halogenierte Kohlenwasserstoffe, die in die Atmosphäre abgegeben wurden, zurückgegangen. Ein Abbau der Ozonschicht wird die UV-Strahlung auf der Erdoberfläche erhöhen.

POCP Photochemisches Oxidantienbildungspotenzial ^[PE2005]

Photochemisches Oxidantienbildungspotenzial in kg C₂H₄- Äquivalent, auch Sommersmog, Ozonbildungspotenzial, bodennahe Ozonbildung (engl. Photochemical Ozone Creation Potential). Ozonbildungspotenzial ist das massebezogenes Äquivalent der Bildung von bodennahem (troposphärischen) Ozon durch Vorläufersubstanzen, die für die bodennahe O₃- Bildung verantwortlich sind und so zum Sommersmog beitragen

Emissionen ^[PE2005]

Abgabe von industriellen Anlagen, Kraftfahrzeugen mit Verbrennungsmotoren, Haushaltsheizungen oder bei sonstigen technischen Vorgängen in die Umwelt abgegebene feste, flüssige und gasförmige Stoffe oder Verbindungen sowie Geräusche, Strahlen, Wärme, Erschütterungen und ähnliche Erscheinungen.

Auswertung

Bestandteil einer Ökobilanz, bei dem die Ergebnisse der Sachbilanz und/oder der Wirkungsabschätzung mit dem festgelegten Ziel und Untersuchungsrahmen

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

zusammengeführt werden, um daraus Schlussfolgerungen zu ziehen, Optimierungsansätze zu erkennen, Schwachstellen zu identifizieren und Empfehlungen geben zu können.

Normalisierung ^[PE2005]

Die Ergebnisse der Sachbilanz oder der Wirkungsabschätzung können in verschiedenen Einheiten und vor allem in stark unterschiedlichen Größenordnungen vorliegen. Um die Relevanz der einzelnen Beiträge zu einem Umweltproblemfeld darstellen und ermitteln zu können und um die differierenden Einheiten der Wirkungsabschätzung zu einander in Beziehung setzen zu können, ist eine Normalisierung sinnvoll. Die Normalisierung verdeutlicht den Anteil einer Umweltwirkung (GWP, ODP, AP,...) der durch einen Prozess, Produkt oder Lebenszyklus in Bezug auf einen Gesamtbetrag einer übergeordneten Bezugseinheit (Land, Kontinent, Welt) verursacht wird. Die Normalisierung ist ein wichtiger Schritt ohne den eine Gewichtung unterschiedlicher Umweltwirkungen (aufgrund der verschiedenen Bezugsgrößen und Einheiten) keinen Sinn macht.

Gewichtung ^[PE2005]

Die Gewichtung der einzelnen Umweltwirkungen untereinander ist ein Aspekt der ökologischen Bewertung im Rahmen von Life Cycle Engineering und Life Cycle Assessment, falls die unterschiedlichen Umweltwirkungen auf eine gemeinsame Kennzahl verdichtet werden sollen. Dieser Teil der Bewertung ist nicht naturwissenschaftlich begründbar. Es erfordert daher einen sorgsamem Umgang mit wertgetragenen Entscheidungen und Wertesystemen. Grundlage einer solchen Gewichtung können unterschiedliche Wertesysteme sein, die politisch oder gesellschaftlich gewonnen werden können, oder einer Unternehmenspolitik entsprechen. Durch eine Gewichtung erhält man keine neuen Erkenntnisse, sondern verdichtet lediglich Informationen. In der Praxis der industriellen Produktentwicklung und -optimierung wird daher oftmals auf eine explizite Gewichtung verzichtet.

Vollaggregation

Ökologische Bewertungsmethode, welche alle Umwelteinwirkungen durch eine Gewichtung und Aggregation zu einer Kenngröße zusammenfasst.

Kritische Volumina (Buwal SRU 132)

Ökologische Bewertungsmethode, welche die Umwelteinwirkungen nach Emissionsgrenzwerten gewichtet.

Umweltbelastungspunkte UPB (Buwal, SRU 133)

Ökologische Bewertungsmethode, welche die Umwelteinwirkungen nach Zielmengen (Maßzahl) von bestimmten Schadstoffen nach dem Konzept der ökologischen Knappheit gewichtet. Die Methode errechnet die durch Emissionen bis zum gesetzlichen Grenzwert belastete Menge an Luft und Wasser.

Eco-Indicator-Points (Buwal, SRU 250 b Draft)

Ökologische Bewertungsmethode, welche das Schadensausmaß der wirkungsorientierten Klassifikation nach CML auf die Beeinträchtigung des Ökosystems, die Gesundheit und der Anzahl Todesfälle betrachtet.

Eco-Indicator 95 ^[PE2005]

Methode aus den Niederlanden zur Wirkungsabschätzung. Für die Bestimmung der Faktoren wird der so genannte „Distance-to-target“ Ansatz verwendet. Die zugrunde liegende Annahme ist, dass es eine Wechselbeziehung zwischen der Bedeutung eines Umwelteffektes und dem Abstand zwischen dem gegenwärtigen Niveau und dem Zielniveau gibt. Wenn also eine bestimmte Auswirkung auf die Umwelt im Zukunft um 20 % verringert

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

werden muss und eine andere um 10 %, dann wird die erste als doppelt so schädigend angesehen.

Eco-Indikator 99 ^[PE2005]

Wurde in den Niederlanden für DesignerInnen und ProduktmanagerInnen entwickelt. Schadstoffemissionen werden Wirkungskategorien (Midpoints) zugewiesen und mittels Division durch nationale Gesamtwirkungspotenziale normiert. Die Umwelteffekte werden sog. Schadenskategorien (Endpoints) (Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, Qualität des Ökosystems, fossile und mineralische Ressourcen) zugeordnet.

EPS ^[PE2005]

Environmental Priority System, Das in Schweden für den Produktentwicklungsprozess entwickelte EPS- Modell erfasst die Auswirkungen auf die Schutzgüter „Menschliche Gesundheit“, „Biodiversität“, „Produktionskapazität des Ökosystems“, „abiotische Ressourcen“ und „ästhetische Werte“. Es drückt diese als monetarisierte Werte von Marktpreisen, der Zahlungsbereitschaft (willingness to pay) (z.B. für die Erhaltung von Arten oder Naturräumen), sowie der Kosten für eine nachhaltige Nutzung von Energie und Ressourcen aus.

IMPACT 2002+ ^[PE2005]

Methode der Wirkungsabschätzung, die einen kombinierten „Midpoint-/Damage“ Ansatz vorschlägt und alle elementaren Sachbilanzdaten über 14 Midpoint- Kategorien auf vier Schadens-Kategorien abbildet.

2.4 Deklarationen

Produktumweltdeklaration (UBP/EPD) ^[PE2005]

Systematische Darstellung von ökobilanzierten Umweltkennzahlen innerhalb eines definierten Rahmens. ISO/TR 14025 regelt die Anforderungen an ein Umweltdeklarationssystem (ISO Typ III). Umweltdeklarationen eignen sich in besonderem Maße für Halbfertigprodukte, die in unterschiedlichen Produktsystemen eingesetzt werden und für die daher ein Teil des Lebenszyklus noch nicht feststeht.

Betriebliche Umweltbilanz

Zusammenfassende Bilanzierung der in ein Unternehmen ein- und ausgehenden Stoff- und Energieströme über einen bestimmten Zeitraum (in der Regel ein Jahr). Den eingehenden Strömen (Input) an Material, Energie und Wasser werden die ausgehenden Ströme (Output) wie Produkte, Abfall, Abluft, Abwasser und Energieabgabe gegenübergestellt. Kann als Teilaspekt einer Lebenszyklus-Umweltbilanz verstanden werden, berücksichtigt jedoch alle im Betrieb produzierten Produkte.

Materialbezeichner

Begriffe für Materialien, die auf die Material-Terminologie der Edition AUM abgestimmt sind und den Inhalt eines Datensatzes charakterisieren.

Energie- und Stofffluss-Komponente (E+S-Komponente)

Energie- und stoffflussrelevante Material-, Inventar- und Fremdleistungsdatsätze der Vorkalkulationsgrundlagen, die in die analogen Begriffe und Einheiten der Sachbilanzen transformiert worden sind. Die Kennzeichnung ist der Materialbezeichner.

Materialzuordnungsdatei

Zuordnungstabelle über die Materialbezeichner für die E+S-Komponenten, zu den Sachbilanzen bzw. den bewerteten Sachbilanzen.

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

Energie- und Stofffluss-Inventar (E+S-Inventar)

Kumulierte Energie- und Stoffflüsse aller relevanten Material-, Inventar- und Fremdleistungsdatsätze (E+S-Komponenten) einer Ausschreibungsposition.

Energie- und Stofffluss-Position (E+S-Position/Element)

Ergebnis der Bewertung der kumulierten Energie- und Stoffflüsse (E+S-Inventars) aller zugehörigen Ausschreibungspositionen für ein Element.

Energie- und Stofffluss-Katalog

Sammlung der E+S-Positionen zu den einzelnen Elementen. Sie sind entsprechend dem Elementkatalog gegliedert.

Öko-Kennwerte

Auf Makro-, Grob- und Feinelemente aggregierte Energie- und Stoffflüsse eines Objektes.

Stofffluss-Kennwerte-Katalog

Sammlung von bilanzierten Objekten mit Öko-Kennwerten. Der Stofffluss-Kennwerte-Katalog ist nach Bauwerksarten gegliedert. Die bilanzierten Objekte werden mit Ausführungsbeschreibung, Kostenkennwerten, Energiekennwerten, Öko-Kennwerten und Komfort-Kennwerten abgelegt.

2.5 Organisationen, Normen, Verordnungen, Institutionen

CEN

Europäische Standardisierungsorganisation, vergleichbar zu ISO (international) und DIN (national)

Technical Committee (TC)

Technisches Komitee ist der Normenausschuss bei CEN

Working Group (WG)

Arbeitsgruppe im Normenausschuss für Teilbereiche im Normenausschuss.

Task Group (TG)

Untergruppen für spezielle Aufgabenbereiche im Normenausschuss.

ISO

Internationale Organisation für Normung. Ist die internationale Dachorganisation der nationalen Normungseinrichtungen aus 140 Ländern. Deutschland ist in der ISO durch das Deutsche Institut für Normung DIN repräsentiert. Die ISO bietet das weitverbreitete Qualitätsmanagementmodell an und damit auch eine weltweit akzeptierte Definition von Qualität.

DIN

Deutsches Institut für Normung, ist die nationale Normungsorganisation in Deutschland.

ISO 14000

Die Internationale Organisation für Standardisierung (ISO) hat im TC 207 (Technical Committee) unter den auf 14000 folgenden Ziffern eine Serie von Normen für Umweltmanagement (u.a. zu Umweltmanagementsystemen, LCA und Umweltkennzahlen) und damit zusammenhängende Methoden erstellt. ISO-Normen generell dienen dem grenzüberschreitenden Handel mit Gütern und Dienstleistungen, indem sie unabhängig überprüfte Standards der beteiligten Vertragspartner offen legen. ISO 14001 ist

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

beispielsweise eine internationale Norm zur Implementierung eines systematischen Umweltmanagements.

3 Zusammenfassung

Aufbauend auf einem Elementkatalog und einer integralen Programmtechnik zur Berechnung von Herstellungskosten, Energiebedarf, Nutzungskosten und Umweltbelastung sind Orientierungs- und Zielwerte für die ökologische Bewertung des Sektors Wohnungsbau entwickelt worden.

Die Nutzungsgruppe Wohnungsbau ist einerseits gekennzeichnet von einer geringen Nutzungsmischung innerhalb eines Gebäudes, andererseits weisen die Gebäude hinsichtlich Bautyp, Baugröße, Bauform, Bauart und Bauqualität eine große Variationsbreite auf. Über eine Typologien-Matrix wurden die Gebäudetypen analysiert, um in die Gemeinsamkeiten und vor allem die für eine Bewertung der Nachhaltigkeit relevanten Unterschiede systematisch darzustellen. Zu diesem Zweck wurden die Bautypen vorhandener Gebäudekataloge analysiert, um charakteristische Kennwerte für Gebäudekategorien des Bewertungssystems zu finden.

Zur Bewältigung der Lösungsvielfalt und zweckgerichteten Erzeugung von Orientierungswerten für LCC und LCA ist die Methodik des Typvertreterers vorgesehen. Diese Methode wurde bereits von den Verfassern bei der Forschungsarbeit zur ökologischen Tiefenbewertung von Bürogebäuden erfolgreich angewendet. Dabei werden die Einfamilienhäuser nach den unterschiedlichen Bauformen:

- Alleinstehendes Einfamilienhaus
- Reihenhaus, (schmal, breit)
- Doppelhaus

die Mehrfamilienhäuser nach unterschiedlichen Erschließungssystemen gegliedert:

- Punkthäuser
- Laubenganghäuser
- Spännerhäuser (2-, 3-, 4-).

Auf der Basis der Auswertungen von Gebäudedatenbanken (BKI-Gebäudekatalog ^[BKI2005], WEKA-Katalog ^[WEKA2008]) werden Flächenanalysen der Gebäude auf Basis der Angaben der DIN 277 vorgenommen. Aus diesem Datenpool können die möglichen Varianzen abgeleitet werden.

Die ausgewählten Typvertreter wurden in verschiedenen wesentlichen Ausführungsmerkmalen differenziert modelliert, um einen multikriteriellen Lösungsraum aufzuspannen.

- Steildach – Flachdach
- Geschoßanzahl (1-9 Geschosse)
- Bauweise (Mineralisch – Holz)
- Ausstattung (Konstruktion – Haustechnik).

Die zur Auswertung vorliegenden Gebäude erfüllen die Anforderungen der EnEV 2009. Zur Abschätzung des Einflusses des Energiebedarfs auf das Gesamtergebnis werden einzelne Gebäude beispielhaft für eine 30% Unterschreitung des Niveaus modelliert. Damit wird ein niedrigster Energiebedarf auf Passivhausniveau modelliert.

Durch die vollständige Beschreibung verschiedener Typvertreter und deren Variantenmodellierung in der Software wurden Wertekorridore für unterschiedliche Indikatoren der Ökobilanz erzeugt. Dabei wurde der gesamte Lebenszyklus der Gebäude für einen vorgegebenen Betrachtungszeitraum berücksichtigt.

Die Berechnung und Kommunikation dieser Werte bei Bauherren, Investoren, Planern und Architekten wird als notwendiger Schritt angesehen, die ökologische Qualität von Gebäuden neben den Herstellungskosten, dem Energiebedarf und den Nutzungskosten als Entscheidungskriterium zu etablieren.

4 Einleitung

Die zunehmende Dynamik der Klimaänderung und Ressourcenverknappung mit weitreichenden Folgen für die Entwicklung der Wirtschaft und der Risiken durch Klimakatastrophen führt zu einem geänderten Bewusstsein bei der Handlungsverantwortung aller Beteiligten, wie sie bis in die späten 80er Jahre nicht bekannt war.

Der aus der Forstwirtschaft stammende Begriff der Nachhaltigkeit bezeichnet eine Wirtschaftsweise, die sicherstellt, dass die Produktionsleistung des Ökosystems für kommende Generationen unvermindert erhalten bleibt. Demnach darf die Nutzungsrate sich erneuernder Ressourcen deren Regenerationsrate nicht übersteigen. Der Begriff wird nicht einheitlich verwendet und teilweise im Sinne der Erhaltung der Waldfläche, des Holzsertrags, der betrieblichen Wertschöpfung oder des ökologischen Gleichgewichts verstanden ^[ENQ92].

Neben den finanziellen Aspekten des Klimawandels sind vor allem die ökologischen Folgen für die Umwelt kaum abzusehen. Als Antwort auf die Bedrohung durch eine ungezügelter Emission von anthropogenem Kohlendioxid, das meist aus der Verbrennung fossiler Energieträger herrührt, hat der deutsche Bundestag in der 11. Legislaturperiode die Enquete Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ einberufen. Als Ergebnis legte die Kommission einen Abschlußbericht vor der Grundlage für die Entscheidung des Deutschen Bundestages war, die CO₂-Emissionen aus fossilen Energieträgern von 1987 bis zum Jahr 2005 um 25 % und bis zum Jahr 2050 um 80 % zu reduzieren (Enquete-Kommission 1992). In diesem Zusammenhang sei auf die Kyoto - Verpflichtung hingewiesen, wonach die Europäische Union, die Schweiz und die meisten osteuropäischen Industrieländer bis zum Zeitraum 2008 bis 2012 ihre Emission um 8 % gegenüber dem Niveau von 1990 verringern müssen.

Die Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" des 13. Deutschen Bundestages nennt als zentrales Ziel der nachhaltigen Entwicklung "die Sicherstellung und Verbesserung ökologischer, ökonomischer und sozialer Leistungsfähigkeiten" ^[ENQ1998]. Sie bezieht sich dabei auf das Dreisäulenmodell der Nachhaltigkeit in dem die Bereiche Ökologie, Ökonomie und Gesellschaft gleichberechtigt behandelt werden und definierte in ihrem Bericht beispielhaft ökonomische, soziale und ökologische Handlungsanweisungen mit deren Hilfe eine nachhaltige Entwicklung erreicht werden soll.

- Das ökonomische System soll individuelle und gesellschaftliche Bedürfnisse effizient befriedigen. Dafür ist die Wirtschaftsordnung so zu gestalten, dass sie die persönliche Initiative fördert (Eigenverantwortung) und das Eigeninteresse in den Dienst des Gemeinwohls stellt (Regelverantwortung), um das Wohlergehen der derzeitigen und künftigen Bevölkerung zu sichern. Es soll so organisiert werden, dass es auch gleichzeitig die übergeordneten Interessen wahrt.
- Der soziale Rechtsstaat soll die Menschenwürde und die freie Entfaltung der Persönlichkeit sowie Entfaltungschancen für heutige und zukünftige Generationen gewährleisten, um auf diese Weise den sozialen Frieden zu bewahren.
- Die Abbaurate erneuerbarer Ressourcen soll deren Regenerationsrate nicht überschreiten. Dies entspricht der Forderung nach Aufrechterhaltung der ökologischen Leistungsfähigkeit, d.h. (mindestens) nach Erhaltung des von den Funktionen her definierten ökologischen Realkapitals.
- Nicht-erneuerbare Ressourcen sollen nur in dem Umfang genutzt werden, in dem ein physisch oder funktionell gleichwertiger Ersatz in Form erneuerbarer Ressourcen oder höherer Produktivität der erneuerbaren sowie der nicht-erneuerbaren Ressourcen geschaffen wird.
- Stoffeinträge in die Umwelt sollen sich an der Belastbarkeit der Umweltmedien orientieren
- Das Zeitmaß anthropogener Einträge bzw. Eingriffe in die Umwelt muss im ausgewogenen Verhältnis zum Zeitmaß der für das Reaktionsvermögen der Umwelt relevanten natürlichen Prozesse stehen.

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

- Gefahren und unvermeidbare Risiken für die menschliche Gesundheit durch anthropogene Einwirkungen sind zu vermeiden.

Diese Aspekte führen bei der Beurteilung bestehender oder neu errichtender Immobilien zur Frage der Umweltbelastung durch Bau und Nutzung des Gebäudes. Die Festlegung von Grenz-, Ziel- und Orientierungswerten für die ökologische Bewertung von Hochbauten auf der Basis von im Rahmen eines Forschungsprojekts zu erarbeitenden Vorschlägen ist notwendig, um z.B.

- einen Maßstab für die Zertifizierung nachhaltiger Gebäude im Bereich Umwelt zu erhalten,
- die Nachhaltigkeit typischer Bundesbauten im Bereich Umwelt einordnen zu können,
- relevante Potenziale bzw. Defizite von bestehenden oder neuen Bundesbauten in den Bereichen Ressourcenschonung, Energieeffizienz und Wirkungen auf die Umwelt zu identifizieren,
- Kosten- und Umweltentlastungen (Externe Kosten) durch im Umweltbereich vorbildliche Bauten abzuschätzen und
- die Realisierung von politischen Zielen zur Ressourcenschonung, Energieeffizienz und zur Umweltentlastung weiter zu unterstützen.

Die Baubranche, eine der stoffstromintensivsten Branchen, kann maßgeblich zu der Erreichung solcher Ziele beitragen. Voraussetzung dafür ist eine Kenntnis über die Menge der verursachten Stoff- und Energieströme und der Zeitpunkt ihres Einsatzes im Lebenszyklus eines Gebäudes. In einer Broschüre des Informationsdienstes BINE ^[BINE99] wurde bereits 1999 ein Planungs- und Bewertungshilfsmittel für die Umweltbelastung von Gebäuden, sowie Grenz- und Zielwerte gefordert. Der „Leitfaden Nachhaltiges Bauen“ des Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Städtebau ^[NABAU01] soll ein spezifisches Anforderungsprofil an das Bauen und Betreiben der bundeseigenen Liegenschaften vorgeben. Für Nutzungs- und Betriebsaufwendungen werden Grenz-, Richt- und Zielwerte angegeben. Die Anlage 6 des Dokuments beschreibt die ökologische Bewertung des gesamten Lebenszyklus auf der Basis von Qualitätskriterien und verweist bei der Quantifizierung der Inhalte auf einen späteren Zeitpunkt: „Auf die genaue Quantifizierung der Stoffströme und Primärenergieinhalte der Baukonstruktion muss bis zum Vorliegen einer geeigneten EDV-Unterstützung verzichtet werden ^[NABAU01]“. Mit dem überarbeiteten „Leitfaden für nachhaltiges Bauen“ der 2011 durch das BMVBS ^[BMVBS2011] veröffentlicht wurde ist diese Voraussetzung erfüllt worden. Damit ist auch die Ursache für die in Deutschland noch nicht abgeschlossene Harmonisierung von Basisdaten und Bewertungskriterien ^[LUE03] beseitigt und eine wachsende Akzeptanz einer ökologischen Bewertung bei den Planern und Investoren ist erkennbar. Eine wesentliche Voraussetzung dafür sind aber Orientierungswerte, die die ermittelten Umweltbelastungen für Dritte verständlich, nachvollziehbar, bewertbar und damit operationalisierbar machen.

Voraussetzung für die Ermittlung und Erstellung von lebenszyklusbezogenen Grenz- und Zielwerten ist eine ausreichende Anzahl vollständig erfasster Gebäude. Durch die Erfassung aller Bauteile analog der Methodik der DIN 276 zur Kostenplanung von Gebäuden und der DIN 18960 zur Erfassung der Kosten der Nutzungsphase, sollen nach Eingabe und Berechnung bzw. Dokumentation die Voraussetzungen für die Festlegung ökologischer Grenz- und Orientierungswerte geschaffen werden.

Zur Thematik Kennwerte liegt für die Bereiche Kosten und Energie umfangreiche Literatur vor, im Bereich Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die Umweltbelastung ergab eine Auswertung der Bauforschungsdatenbanken nur wenige, sektorspezifische Arbeiten.

Für das Forschungsvorhaben ergibt sich methodisch eine Orientierung an der Kostenermittlung für Gebäude (DIN 276). Diese wird innerhalb der Datenbank bis auf die Ebene der Leistungspositionen und die darin verwendeten Materialien weiter aufgelöst. Damit ist ein sehr hohes Maß an Erfassungsgenauigkeit gegeben. Dieses ist notwendig, um

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

mit evtl. Reduzierungen den Grad der möglichen zulässigen Abweichung in der Erfassungsgenauigkeit bestimmen zu können.

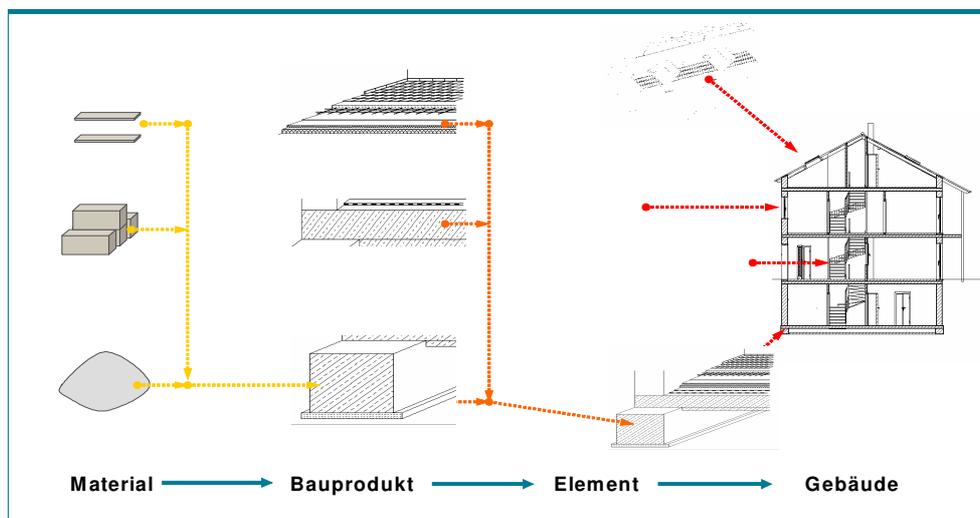


Abb. 4-1: Zerlegung des Gebäudes in Elemente, Positionen, Materialien

Ergebnisse aus der Studie des BBR zur "Auswirkung quantitativer Bewertung im Planungs- und Bewertungsprozess von Gebäuden" ^[IEMB2007] werden dabei ebenfalls berücksichtigt. Die Gebäudeauswahl wird ein- und mehrgeschossige Gebäude für die Wohnnutzung umfassen. Basis für die Auswahl der Bautypen bildet die Gliederung des Normalherstellungskostenkatalogs. Andere Nutzungstypen, wie z.B. kommunale Gebäude, Kindergärten, Schulen, Verwaltungsgebäude, Altenheime, sind nicht Fokus dieser Untersuchung und sollen nur zu Vergleichszwecken herangezogen.

Bei der Anwendung von Bilanzierungswerkzeugen zur Gebäudebewertung (Kosten z.B. BKI, Energiebedarf z.B. Dämmwerk, Nutzungskosten z.B. RIB-FM, Umweltbelastung z.B. Umberto) wird deutlich, dass nur im Bereich der Herstellungskosten und des Energiebedarfs die Berechnungen empirisch überprüft (gemessen) werden können. Zur Beurteilung der Gesamtheit der Berechnungsergebnisse können die Planer den Entscheidungsträgern Ziel- und Grenzwerte für die Alternativenbewertung anbieten (z.B. Kostenkennwerte und Energiekennzahlen). Diese Vorgaben setzen der Planung genau definierte Grenzen und ermöglichen es den Auftraggebern das Einhalten ihrer Vorgaben auch während des Planungsprozesses zu überprüfen und evtl. mit existierenden Gebäuden zu vergleichen („Benchmarking“). Dieser Ansatz wird auf die Umweltleistung von Gebäuden erweitert.

Im methodischen Bereich konzentriert sich das Projekt auf die Beschreibung von Gebäudequalitäten, die im Bereich Kosten und Energiebedarf zu unterschiedlichen Qualitäten (Performance) führen. Die Anwendung von integralen Werkzeugen erleichtert die Systematisierung der Qualitäten in den empirisch vertrauten Sektoren und erlaubt eine Überprüfung der ökologischen Berechnungsergebnisse auf signifikante Unterschiede. Dieser Arbeitsansatz vermeidet die Schwächen monofunktionaler Studien, die ihre Ergebnisse nur schwerlich Plausibilitätsprüfungen unterziehen können.

Die Ergebnisse fließen dann in die Entwicklung von Bewertungskorridoren für die Beurteilung der Umweltqualität von Gebäuden ein. Damit wird auch ein projekt-spezifisches Ranking möglich. Bei der Auswahl der Indikatoren werden die Indikatoren des "Deutschen Gütesiegels Nachhaltiges Bauen" berücksichtigt, soweit diese durch LCA-Berechnungen erfüllt werden können.

5 Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

Durch die vollständige Beschreibung verschiedener Typvertreter und deren Variantenmodellierung in der LEGEP-Software werden Wertekorridore für unterschiedliche Indikatoren der Ökobilanz erzeugt. Dabei wird der gesamte Lebenszyklus der Gebäude für einen vorgegebenen Betrachtungszeitraum berücksichtigt.

Die Gebäudemodellierung berücksichtigt dabei vor allem die energetische Qualität des Gebäudes (Bedarfwerte nach EnEV 2009) und unterschiedliche Konstruktions- und Materialkonzepte.

5.1 Stand der Normung und Forschung

Zur Thematik Kennwerte liegt für die Bereiche Kosten und Energie umfangreiche Literatur vor, im Bereich Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die Umweltbelastung ergab eine Auswertung der Bauforschungsdatenbanken nur wenige, sektorspezifische Arbeiten.

Eine Voraussetzung für die Bewertung der Umweltqualität von Gebäuden und Identifizierung von Gebäuden sind Kennwerte. Wenn diese nach internationalen Standards ermittelt werden, dann kann eine Akzeptanz in den verschiedenen Nutzergruppen angenommen werden. Die öffentliche Hand hat die „umweltfreundliche Beschaffung“ seit langem in ihren Beschaffungsrichtlinien verankert. Ökobilanzen bieten die Datengrundlage für sachgerechte Entscheidungen. Das betrifft zum einen die Auswahl zwischen unterschiedlichen Produktvarianten, zum anderen auch die spezifische Umweltqualität von Erzeugnissen verschiedener Anbieter ähnlicher Produkte.

Diese Praxis kann auch auf den Baubereich angewendet werden. Voraussetzung dafür sind Werkzeuge und Datenbanken, die sowohl für Bauprodukte als auch für Gebäude die Ressourceninanspruchnahme und die resultierende Umweltbelastung auf der Basis von Ökobilanzen berechnen und bewerten. Mit Hilfe dieser Datengrundlagen können Entscheidungen in Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung des Bausektors sowohl im Neubaubereich, als auch bei der Erneuerung des Gebäudebestandes getroffen werden.

Seit mehreren Jahren gibt es internationale Bemühungen die unterschiedlichen Aspekte, die während des Lebenszyklus eines Gebäudes relevant sind, mit standardisierten Methoden zu erfassen und die Verfahren zur Beurteilung zu vereinheitlichen.

5.1.1 Einschlägige internationale Normen

Der ISO-Umweltmanagementausschuss ISO-TC 207 hat mit der Normenreihe 14040ff. eine Gruppe von Normen entwickelt, die die Instrumente für die systematische Bestimmung von Umweltinformationen in Form von Lebenszyklusanalysen bereitstellen. Andere Normen, wie z. B. die Reihe 14020, liefern die Mittel für die Deklaration der Produkte. Die Normen sollen horizontal sein, damit sie möglichst ein breites Marktsegment von Produkten beschreiben. Im Bereich der Bauprodukte sind die ISO-Normen 14020 - 14025, die eine Überarbeitung des technischen Berichts für Umweltkennzeichnungen und Erklärungen – Umweltdeklarationen der Type III beinhaltet.

Im Bereich der Gebäude arbeitet ISO/TC 59 zurzeit an der Erstellung sektorspezifischer (vertikaler) Normen für die Beurteilung der Nachhaltigkeit von Gebäuden (Gebäuden und baulichen Anlagen). Zu den relevantesten Normen zählen hier:

- ISO/CD 21930 Environmental declaration of building products (Umweltdeklaration für Bauprodukte)

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

- ISO/CD 21931 Framework for assessment of environmental performance from buildings (Grundlagen für die Beurteilung der Umweltqualität von Gebäuden)
- ISO/CD 21932 Terminology (Terminologie)
- ISO/CD 21929 Sustainability indicators (Nachhaltigkeitsindikatoren)
- ISO/AWI 15392 General Principles (Allgemeine Grundsätze)
- ISO/DIS 15686-6 Buildings and construction assets – Service life planning – Part 6: Guidelines for considering environmental impacts

Diese Normen bieten Leitlinien für LCA- Experten, die über die ISO 14040 ff. Normen hinausgehen, lassen jedoch Raum für Wahl- und Auslegungsmöglichkeiten.

5.1.2 CEN TC 350 [CENTC350]

Die Vergabe eines Mandats (M 350) der europäischen Kommission an CEN mit dem Titel „Sustainability of Construction Works“ soll bis 2009 zu einer europäisch einheitlichen Regelung der Berechnung der Umweltbelastungen durch Bauprodukte und Gebäude erarbeitet werden [CENTC350]. Durch die Akkreditierung des Autors durch die European Environmental Citizens Organisation for Standardisation (ECOS) für das Mandat 350 „Integrated environmental performance of buildings“ ergab sich seit 2003 die Möglichkeit, den internationalen und europäischen Standardisierungsprozess für Gebäude und Bauprodukte zu begleiten. Dabei wurde deutlich, dass ein Kernansatz der europäischen Umweltpolitik die Einführung von Informationssystemen ist, welche den Produktherstellern und der Bauwirtschaft einerseits und den Verbrauchern andererseits die Produktauswahl erleichtern sollen.

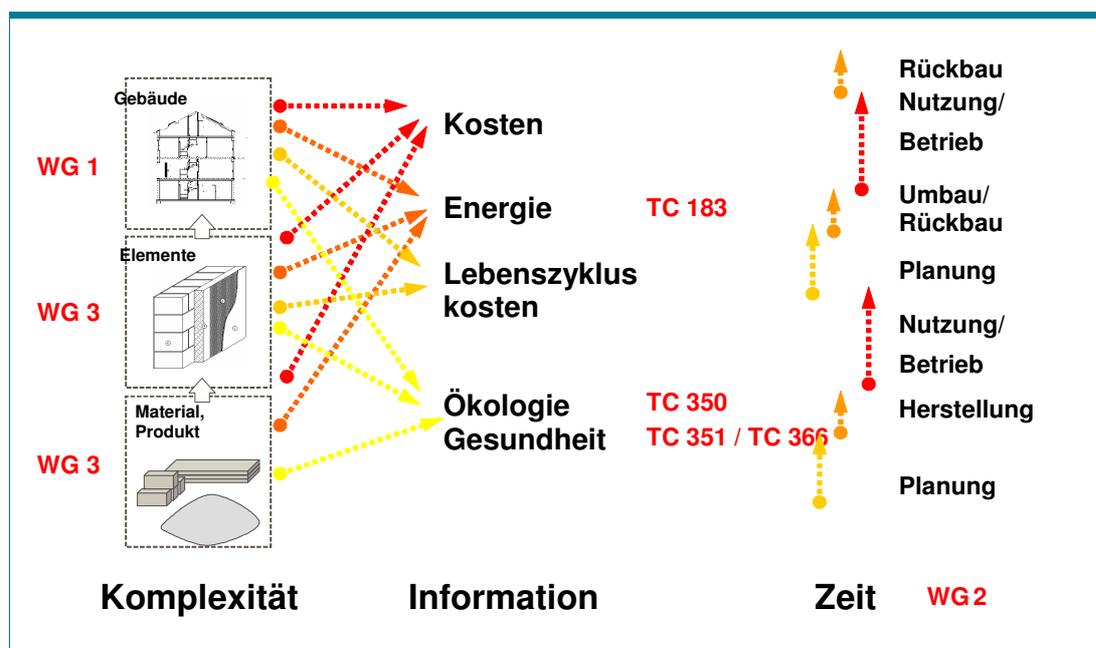


Abb. 5-1: CEN Normungsarbeit in TC 350/TC351/TC183, WG=Working Groups in TC 350

Die in der internationalen Normung bereits vorbereiteten Ansätze zur Produktdeklaration sollen auf freiwilliger Basis in Europa bis 2011 eingeführt werden.

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

Durch die Normenerarbeitung auf der europäischen Ebene des CEN werden ähnliche Vorarbeiten für die Erfassung der Umweltbelastung durch Gebäude durchgeführt, wie auf der ISO-Ebene.

Europäische Normenentwicklung CEN TC 350					
Framework level	prEN 15643-1 Sustainability Assessment of Buildings - General Framework (TG)				
	prEN 15643-2 Framework for Environmental Performance (TG)	prEN 15643-3 Framework for Social Performance (WG5)	prEN 15643-4 Framework for Economic Performance (WG4)	Technical Characteristics	Functionality
	Framework for Methods of Assessment of Environmental Performance (ISO/FDIS 21931-1)			Service Life Planning – General Principles (ISO 15686-1)	
Calculation methods for Building level	WI 002 Assessment of Environmental Performance (WG1)	Assessment of Social Performance (WG5)	Assessment of Economic Performance (WG4)	CEN Standards on Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)	
	WI 003 Use of EPDs (WG1)		Life Cycle Costing (ISO 15686-5)		
Rules for Product level	prEN 15804 Environmental Product Declarations (WG3)	(?)	(?)	Service Life Prediction (ISO 15686-2), Feedback from Practice (ISO 15686-7), Reference Service Life (ISO 15686-8)	
	EPD of Build. Products (ISO 21930)				
	WI 005 Communic. Format B-to-B (WG3)				
	WI 006 Gener Data				

Abb. 5-2: Werkzeuge zur Ökobilanzierung von Gebäuden .in Europa ^[PRE2004]

In den Jahren 2004-2011 sind wesentliche Normenteile fertig gestellt worden (s. Abbildung 5-2) und stehen kurz vor der offiziellen Verabschiedung:

- prEN 15643-2 Framework for Environmental Performance
- prEN Assessment of Environmental Performance (Building Level)
- prEN 15804 Environmental Product Declaration.

Damit werden die Rechenregeln und die Indikatoren für die Bewertung auf der Gebäude und Produktebene zu Verfügung.

5.1.3 Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden in Deutschland

Eine intensive Forschungsperiode bezüglich der Umwelteinträge durch den Bausektor in den 90er Jahren fand mit der Veröffentlichung des „Leitfaden nachhaltiges Bauen“^[LEIT2000] ein vorläufiges Ende. Das in Deutschland damals erreichte Niveau bezüglich des analytischen Ansatzes der Umweltgebäudebilanzierung konnte nicht gehalten werden, da es nicht gelang den begonnenen Diskussionsprozess innerhalb der betroffenen Verbände offensiv voranzutreiben. Andere europäische Länder wie Österreich, Holland, Schweiz, Großbritannien und Schweden haben die Einführung von Umweltbewertungen für Gebäude in den vergangenen Jahren vorangetrieben. Im Rahmen der europäischen Normenarbeit wurde in Arbeitskreisen die in verschiedenen Ländern bereits im Einsatz oder in der Entwicklung befindlichen Werkzeuge vorgestellt. Dabei wurde deutlich, dass in den meisten Ländern nicht nur Grenz- und Zielwerte ermittelt werden, sondern vor allem an kumulierten Bewertungsverfahren, der sogenannten Vollaggregation gearbeitet wird. Auf einer Skala können die Gebäude entsprechend ihrer Umweltqualität eingeordnet werden. Als Beispiele können hier verschiedene Verfahren aufgelistet werden: Ecoindikator 2000 (Universität

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

Leiden, Holland), EPS (Schweden), EDIP (Dänemark), Umweltbelastungspunkte (UBP, Schweiz), Externe Kosten (Österreich). Diese kumulierte Bewertung der Vollaggregation wird in Deutschland von den meisten Institutionen bisher abgelehnt.

In Deutschland wurde seit Veröffentlichung des Leitfadens Nachhaltiges Bauen vor allem versucht Kriterien und Indikatoren für ein nachhaltig umweltverträgliches Bauen und Wohnen zu erarbeiten. Das gleichnamige Forschungsprojekt des Umweltbundesamtes ^[UBA2002] stellte ein Indikatorenkonzept vor, das unterschiedliche Entscheidungsebenen (Objekt, lokal, regional, national) berücksichtigt und zwischen Akteurs- und Durchgangsindikatoren unterscheidet.

Erst mit dem Beginn des Normungsprozesses durch CEN mit TC 350 hat man in Deutschland die Bedeutung wieder erkannt. Seitens des BMVBS wurde ein „Runder Tisch Nachhaltigkeit“ gegründet, der eine nationale Liste relevanter Indikatoren entwickeln sollte. Als vorläufiges Arbeitsergebnis liegt seit 2005 eine Indikatorenliste vor ^[RUT105], der Umweltbilanzierung wieder erkannt und versucht den Prozess nun aktiv mit zu gestalten.

5.1.4 Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen (DGNB)

Eindeutiger ist die Entwicklung bei den Gebäudebewertungssystemen. Diese Verfahren versuchen möglichst viele quantitative oder qualitative Aspekte eines Gebäudes zu einem Gesamtwert zu verrechnen. Beispielhaft für diese Entwicklung ist das Bewertungssystem LEEDS aus den USA, das vor allem im asiatischen Raum starke Resonanz findet. In Europa ist in Großbritannien „BREEAM“ bereits seit den 90er Jahren im Einsatz. In Frankreich findet man das Bewertungssystem „Haute qualité environnementale“ (HQE), in Holland „GreenCalc“. In Deutschland wurde dieser Ansatz relativ spät aufgegriffen. 2006 wurde die Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen e.V. (DGNB) in Stuttgart gegründet und ein Zertifizierungssystem für Gebäude aufgebaut. Das System der Zertifizierung soll Gebäude auszeichnen, die „umweltschonende, Ressourcen sparende und wirtschaftliche Lebensräume identifizieren, die die Gesundheit, den Komfort und die Leistungsfähigkeit der Nutzer respektieren.“ ^[DGNB09]. Der Verein ist Mitglied im World Green Building Council. Dadurch herausgefordert begann auch das Bundesministerium für Verkehr, Bauen und Städtebau (BMVBS) ein Zertifizierungssystem entwickelt. In den Jahren 2007 – 2008 betrieben die beiden Institutionen die Entwicklung gemeinsam unter dem Titel „Deutsches Gütesiegel für Nachhaltiges Bauen“ (DGNB). Dadurch wurde es möglich ein vollständiges leistungsorientiertes (performance) Bewertungssystem aufzustellen. Anfang 2009 wurden die ersten 16 Gebäude berechnet, bewertet und ausgezeichnet.

Durch die Entwicklung eines gemeinsamen Zertifizierungssystems für Gebäude wurden sowohl Indikatoren als auch Benchmarks für die Umweltbelastung dringend benötigt. Als erster Schritt wurde durch das BMVBS jeweils ein Forschungsprojekt für „Orientierungswerte für die Bewertung von Hochbauten – erste Stufe: Bürogebäude“ ^[KOE2008] und „Entwicklung einer Methodik zur Bestimmung von Orientierungswerten für Lebenszykluskosten, Teil 1: Bürogebäude“ ^[KOE2009] in Auftrag gegeben. Beide Projekte wurden durch den Autor durchgeführt.

5.2 Orientierungswerte für Gebäudepässe

5.2.1 Gebäudedokumentation

Da die Informationsbereitstellung durch den Architekten oftmals dem Bedürfnis nach Bescheinigungen und Qualitätsnachweisen nicht mehr ausreichend Rechnung trägt, wurde im Rahmen der Initiative „Kostengünstig qualitätsbewusst Bauen“ 2001 eine Hausakte ^[HAUS2001] für den Neubau von Wohngebäuden durch das BMVBS (vormals BMVBW) zusammen mit der Bundesarchitektenkammer herausgegeben. Die Gliederung des Inhalts umfasst nicht nur die Herstellungsphase, sondern die Gliederung berücksichtigt auch die wichtigsten Aspekte der Nutzungsphase des Gebäudes.

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

Ähnliche Ziele verfolgt der „Bauwerkspass“ der Bundesingenieurkammer ^[BAU2003] und anderer Ingenieursverbände. Ziel ist dabei, dem Bauherrn die Archivierung seiner Gebäudeunterlagen zu erleichtern und mehr Sicherheit bei der Durchsetzung der Energieeinsparmassnahmen zu geben. Zusätzlich werden Wartungs- und Unterhaltspläne der Nutzungsphase erfasst.

Mit dem „Leitfaden nachhaltiges Bauen“ ^[LEIT2000] des BMVBS (ehem. BMVBW) für die Ausführung von Bauten des Bundes wurde auch ein Gebäudepass vorgelegt, der vor allem die technischen Anlagen und ihren Leistungsgrad genauer erfasst.

Parallel zu diesen Modellen der Informationssammlung für das Gebäude wurden Instrumente zur Bewertung von Gebäuden entwickelt. Dabei sind die Zielkonzepte sehr unterschiedlich, die von der energetischen Zertifizierung eines Passivhauses bis zum allergiker-gerechten Haus reichen. Eine Zusammenstellung findet sich in der Dokumentation zum Gebäudepass Schleswig-Holstein ^[GEB2001]. Angaben zu den Lebenszykluskosten oder der Ökobilanz sind in diesen Gebäudedokumentationen noch nicht enthalten.

5.2.2 Informationen zur Ökobilanz

Die folgenden Angaben werden zur Erleichterung der Vergleichbarkeit auf die Kennwerte des Zertifizierungssystems 1 m² NGF pro Jahr und die Einheit beim Primärenergiebedarf kWh umgerechnet. Dabei wird ein Verhältnis von BGF zu NGF von 100: 84 angenommen. Bei keiner Angabe wird erwähnt, ob die EOL-Phase berücksichtigt wurde. Es ist davon auszugehen, dass dies nicht der Fall ist.

Die ersten Angaben zur Ökobilanz finden sich im „ImmoPass“ ^[IMMO2001] einem Bewertungssystem für Gebäude, das auf Initiative der HypoVereinsbank und der DEKRA vom Ingenieurbüro INTEP entwickelt wurde. Der Bereich Umwelt mit den Merkmalen Materialökologie, Energie, erneuerbare Energie weist 16 Kriterien auf. Erfüllt werden sollen:

Indikator	Einheit	M ² BGF/Jahr	Einheit	m ² NGF/Jahr
CO ₂ -Äquivalente	kg	5,0	kg	6
SO ₂ -Äquivalente	kg	0,025	kg	0,03
PE nicht erneuerbar	MJ	60	kWh	20

Tabelle 5-1: Gebäudekennwerte nach ImmoPass

Damit wurden zum ersten Male Orientierungswerte für Gebäude quantifiziert.

Die Daten beziehen sich nur auf den Herstellungs- und Instandsetzungsaufwand während des Betrachtungszeitraums. Allerdings fehlt in den Unterlagen des ImmoPasses eine Beschreibung des Bilanzraumes, z.B. der Nutzungszeitraum des Gebäudes (üblicherweise 80 Jahre) und der Hinweis auf entsprechend anzurechnende Instandsetzungsaufwendungen.

Das Total Quality-System (TQ) in Österreich – TQ= Total Quality Planung und Bewertung ^[TQ2002] – wurde von der Kanzlei Dr. Bruck und dem Österreichischen Ökologie Institut entwickelt. Es versucht in Anknüpfung an die vollaggregierte Methodik der externen Kosten eine Punktbewertung aller Gebäudeaspekte zu entwickeln. Im TQ-Tool werden Primärenergiewerte für die Errichtung des Gebäudes ohne Innenausbau und Haustechnik von 41 bis unter 16 kWh/m² NGF aufgeführt. .

Primärenergieaufwand Errichtung erweiterter Rohbau ohne Innenausbau	Einheit m ² =NGF	Punkte (Beste Bewertung: 5 Punkte)
<=16,1	kWh/m ² a	5
16,1 < PE <= 20,3	kWh/m ² a	4
20,3 < PE <= 24,5	kWh/m ² a	3

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

24,5 < PE ≤ 28,7	kWh/m ² a	2
28,7 < PE ≤ 32,9	kWh/m ² a	1
32,9 < PE ≤ 37,1	kWh/m ² a	0
37,1 < PE ≤ 41,3	kWh/m ² a	-1
>41,3	kWh/m ² a	-2

Tabelle 5-2: PEI nach Total Quality

Die Werte sind identisch mit der Angabe von Steiger, die Bepunktung liegt mit der Einschränkung auf den erweiterten Rohbau relativ günstig.

Bruck bezieht sich dabei auf die Angaben in GBTool^[GBT98]. Hier werden für die Bauprodukte und den Herstellungsprozess des Gebäudes Werte zwischen 4 und 9 GJ/m² angegeben. Differenziert wird zwischen leichten, mittelschweren und schweren Gebäuden. Zusätzlich werden drei Komplexitätsstufen unterschieden. Die dokumentierten Werte wurden auf kWh/m²NGFa (bei 80 Jahren Lebensdauer) umgerechnet.

Primärenergie in GJ/m ² bzw. kWh/m ² Errichtung						
Komplexitätsgrad	Leichte Bauweise		Mittelschwere Bauweise		Schwere Bauweise	
	GJ/m ² NGF	kWh/m ² NGF	GJ/m ² NGF	kWh/m ² NGF	GJ/m ² NGF	kWh/m ² NGF
Gering	4	1111	5	1388	6	1667
durchschnittlich	5,5	1528	6,5	1806	7,5	2083
Hoch	7	1944	8	2222	9	2500
Komplexitätsgrad	Leichte Bauweise		Mittelschwere Bauweise		Schwere Bauweise	
	GJ/m ² NGF	kWh/m ² NGF	GJ/m ² NGF	kWh/m ² NGF	GJ/m ² NGFa	kWh/m ² NGF
Gering	4	13,68	5	17,1	6	20,83
durchschnittlich	5,5	19,1	6,5	22,57	7,5	26,0375
Hoch	7	24,3	8	22,7	22,7	31,25

Tabelle 5-3: PEI nach GBTool 98

Die Werte liegen bei mittelschwerer Bauweise und durchschnittlicher Komplexität exakt in den bisherigen Korridoren.

In Italien wurde 2006 zur Gebäudezertifizierung das „Itaca-Protokoll“^[ITAC2006] entwickelt. Das Werkzeug baut auf der Systematik des bereits erwähnten Green Building Challenge Programms (GBC) auf. In Italien umfasst dieses Zertifizierungssystem 7 Hauptpunkte mit 27 Unterpunkten und 65 Kriterien. Für den Ressourcenverbrauch soll das Kriterium Primärenergiebedarf für den Lebenszyklus des Hauses in MJ/m² und Jahr angegeben werden. Für die Beurteilung mittels Punkten wird ein relativ schmaler Korridor von 80 – 92 MJ/m²a, umgerechnet 22,22 – 25,55 kWh/m² angegeben. Der Betrachtungszeitraum ist 80 Jahre, der Wert bezieht sich auf den Herstellungs- und Instandsetzungsaufwand. Dieser Wert liegt ebenfalls in den bekannten Korridoren.

Der Ökopass des IBO (Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH) erfasst verschiedene Qualitäten eines Gebäudes. Unter dem Gliederungspunkt „Ökologische Qualität“ werden die ökologische Qualität der Baustoffe und Konstruktionen bewertet. Für die Baustoffwahl wird der Anteil der Produkte gezählt, die in der Prioritätenliste des Leitfadens Vorarlberg mit einer Positivbewertung aufgeführt werden. Eine „gut-Bewertung“ erhält das Gebäude, wenn 50% bei der Rohbaukonstruktion erreicht werden. Für die Bauprodukte der Innenausstattung

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

dürfen höchstens 30% mit Negativbewertung vorhanden sein. Es werden keine Angaben gemacht, ob dabei die Massenprozent oder die Anzahl der Produkte berücksichtigt werden. Die CO₂-Belastung bei der Herstellung des Gebäude- Rohbaus mit Fenster muss entweder einem Referenzgebäude entsprechen oder dessen Wert unterschreiten. Dieses Referenzgebäude wird in dem Dokument nicht beschrieben.

Im Rahmen des Forschungsprogramms „Haus der Zukunft“ in Österreich wurde ein Informationsknoten „ÖkoinForm“ geschaffen, der die ökologische Verbesserung innovativer Baukonzepte gegenüber herkömmlicher Bauweise untersuchen soll. Dabei wurde auch ein zweigeschossiges Bürohaus in Holzriegelbauweise mit Strohdämmung dokumentiert ^[ZUK2004]. Allerdings fehlen die Vergleichsgebäude, um Unterschiede zu Standardbauweisen herauszuarbeiten. Insofern kann dieses Beispiel als „Best Practice“ eingestuft werden. Das zweigeschossige Bürohaus mit einer BGF von 416 m² wird mit folgenden Werten zitiert:

Indikator	Einheit	m ² BGF/Jahr	Einheit	m ² NGF/Jahr
CO ₂ -Äquivalente	kg	4,65	kg	5,58
SO ₂ -Äquivalente	kg	0,014	kg	0,0168
PE nicht erneuerbar	MJ	21,4	kWh	7,134

Tabelle 5-4: Gebäudekennwerte nach „Haus der Zukunft“

Dabei werden Gutschriften der Holzbauweise beim Indikator Klimagas berücksichtigt und die PE erneuerbar leider nicht angegeben. Unklar ist, ob alle Gebäudeteile inklusive der technischen Anlagen in die Berechnung einbezogen wurden. Von den Lebenszyklusphasen wurde nur die Herstellung erfasst. Die Werte sind wesentlich niedriger als die vorher zitierten Angaben, erscheinen aber entsprechend der Rechenregeln für Ökobilanzen plausibel

Im Rahmen des experimentellen Wohnungsbaus wurden in München durch die GEWOFAG sechs neu errichtete Gebäude zwei Referenzgebäuden gegenüber gestellt ^[GEWO03]. Es wurde eine LCA für die Indikatoren Primärenergiebedarf und CO₂-Emissionen durchgeführt. Die Ökobilanzkennwerte allerdings auf einen m² Bauteilfläche bzw. Nutzfläche bezogen. Erfasst wurden alle heizwärmebedarfsrelevanten Bauteile, d.h. die Innenbauteile wurden nicht erfasst. Das Referenzgebäude bestand jeweils aus demselben Gebäude, wurde aber nur so modelliert, dass es die damals geltenden Vorschriften der WSV095 (Wärmeschutzverordnung 1995) einhielt. Es wurden nur Wohngebäude erfasst. Die Werte umfassen Gebäude und Betrieb in 50 Jahren.

Indikator	Einheit	m ² NF	Einheit	m ² Außenwandfläche
CO ₂ -Äquivalente	kg	700	kg	580
PE nicht erneuerbar	MJ	3.400	kWh	2.800

Tabelle 5-5: Gebäudekennwerte nach GEWOFAG-Studie

Den Einfluss verschiedener Bauweisen auf die Umweltbelastung durch die Errichtung bzw. Nutzung eines Gebäudes haben verschiedene Forschungsprojekte untersucht. Eine Ökobilanzstudie im Auftrag des Interessenverbandes „Massiv Mein Haus“ hat einen ähnlichen Vergleich durchgeführt ^[GRAU2006]. Für diese Studie wurde ein Einfamilienhaus mit 754 m³ BRI und 180 m² BGF zu Grunde gelegt. Dieses Gebäude wurde in vier Materialvarianten berechnet. Dabei wurde ein vollständig ausgeführtes zweigeschossiges Gebäude mit einem Betonkeller und Pultdach, ohne technische Anlagen erfasst. Es wurde zudem darauf geachtet, dass die bautechnische Ausführung bei allen Gebäuden den

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

gleichen Wärmebedarf erreicht. In der Studie werden dann die Daten einer mineralischen Gesamtvariante mit der Holzelementbauweise verglichen.

Haustyp		Mineralische Bauweise		Holzelementbauweise	
Kriterium	Einheit	m ² BGFa	m ² NGFa	m ² BGFa	m ² NGFa
Kumulierter Energieaufwand nicht erneuerbar	kWh	10,16	12,04	8,24	9,88
CO ₂ eq.	kg	4,24	5,09	3,34	4,008
SO ₂ eq.	kg	0,011	0,013	0,01	0,012

Tabelle 5-6: Gebäudeanalyse für zwei Varianten Einfamilienhaus nur Gebäude

Der KEA-Wert = kumulierter Primärenergieaufwand nicht erneuerbar liegt nur halb so hoch wie die Angaben der anderen Studien, die Angabe für Klimagas liegt im bekannten Korridor, die Angabe für die Versauerung liegt ebenfalls nur halb so hoch wie die bisher bekannten Korridore.

Das BMVBS hat mit Hilfe von Planungs- und Bewertungswerkzeugen die quantitativen Berechnungen (ökologische Tiefenbewertung) der verursachten Wirkungen auf die Umwelt über den gesamten Lebenszyklus für Bürogebäude durchgeführt. Ziel des Projektes ^[KOE2008] war die Entwicklung eines nationalen Bewertungs- und Zertifizierungssystems zur Beurteilung der Nachhaltigkeit von Gebäuden. Dafür wurden für den Ökologieteil Benchmarks für den Energie- und Stoffstrom sowie für die Wirkungen auf die Umwelt (Ökobilanz) ermittelt.

Folgende Werte wurden zwischen dem BMVBS und der DGNB für die Erprobungsphase des Zertifizierungssystems 2008 vereinbart:

Bewertungsmassstäbe zur Beurteilung der Kriterien der ökologischen Qualität

Ökobilanz gerechnet mit LEGEP gesamter Lebenszyklus mit Versorgung

	Bezugsgröße (BG)						m ² NGF a	a=50	
	Global Warming Potential CO ₂ kg/m ² NGFa	Ozon Depletion Potential CFC11- kg/m ² NGF a	Terrestrial Ozone Potential C ₂ H ₄ kg/m ² NGF	Acidification Potential SO ₂ kg/m ² NGF a	Eutrophication Potential PO ₄ kg/m ² NGF a	Primary Energy non renewable kWh/m ² NGF a	Primary Energy total kWh/m ² NGF a		% renewable Primary Energy of total
10 Punkte	39,90	0,0000035	0,0105	0,217	0,015	203,00	219,10	5,0	20,00
5 Punkte	27	0,000005	0,015	0,31	0,021	290	313	2,5	8
1 Punkt	79,8	0,000025	0,021	0,546	0,0294	406	438,2	0,5	0,5

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

Ökobilanz gerechnet mit Referenzgebäude, Kennwerte nur für Gebäude gesamter Lebenszyklus

	Global Warming Potential CO ₂ kg/m ² NGFa	Ozon Depletion Potential CFC11- kg/m ² NGF a	Terrestrial Ozone Potential C ₂ H ₄ kg/m ² NGF	Acidification Potential SO ₂ kg/m ² NGF a	Eutrophication Potential PO ₄ kg/m ² NGF a	Primary Energy non renewable kWh/m ² NGF a	total Primary Energy kWh/m ² NGF a	P.	%
10 Punkte	6,58	0,0000003	0,00294	0,0467	0,00371	38,50	42,70	5,0	20,00
5 Punkte	9,4	0,0000005	0,0042	0,067	0,0053	55	61	2,5	10
1 Punkt	13,16	0,0000053	0,0084	0,1139	0,0106	77	85,4	0,5	2

Tabelle 5-7: Steckbriefwerte LCA des DGNB-Systems für Gebäude inklusive Versorgung (oben), nur für das Gebäude unten ^[DGNB2008]

Unterschieden wurde zwischen dem Rechenverfahren inklusive Versorgung und einem Rechenverfahren, bei dem das Gebäude allein berechnet und bewertet wird (oberer Teil der obigen Tabelle) und die Versorgungsphase erst im Vergleich zu den Werten des Referenzgebäudes nach DIN 18599 berechnet und bewertet wird (unterer Teil der obigen Tabelle).

5.2.3 Zusammenfassung

Insgesamt wird deutlich, dass nahezu alle beschriebenen Ansätze unklare oder unscharfe Beschreibungen des Bilanzrahmens liefern. Die Datenbasis ist unklar bzw. uneinheitlich. Eindeutige Angaben wurden nur im letztgenannten Forschungsprojekt gemacht. Daraus lassen sich folgende Empfehlungen für Informationsinhalte ableiten, die eindeutig beschrieben werden müssen:

- die erfassten Gebäudeteile (Konstruktion Rohbau, Konstruktion Ausbau, technische Anlagen, Grundstück)
- die Lebensdauer des Gebäudes in Jahren
- die erfassten Lebenszyklusphasen (Herstellung, Instandsetzung, Ver- und Entsorgung, Reinigung, Rückbau, Entsorgung)
- die Bezugsgröße und ihre Rechenregel (m³BRI, m²BGF, m²NGF, m²NF)
- der Indikator, seine Einheit und seine Rechenregel (kWh PEI erneuerbar, kWh PEI nicht erneuerbar, kg CO₂ äquivalent, kg SO₂ äquivalent usw..)
- Datengrundlage/Datenbank.

6 Auswahlkriterien für Typvertreter - Wohnen

Die Zunahme des Flächenverbrauchs für Mehrfamilienhäuser war im Zeitraum 2002 – 2005 stark rückläufig. Ursache ist der Sättigungsgrad, der nach dem stürmischen Aufbau Mitteldeutschlands erreicht ist. Der Verbrauch für Ein- und Zweifamilienhäuser stagnierte im selben Zeitraum, wird aber im jetzigen Zeitraum stark rückläufig sein, da die finanziellen Anreize der Bausparförderung weggefallen sind.

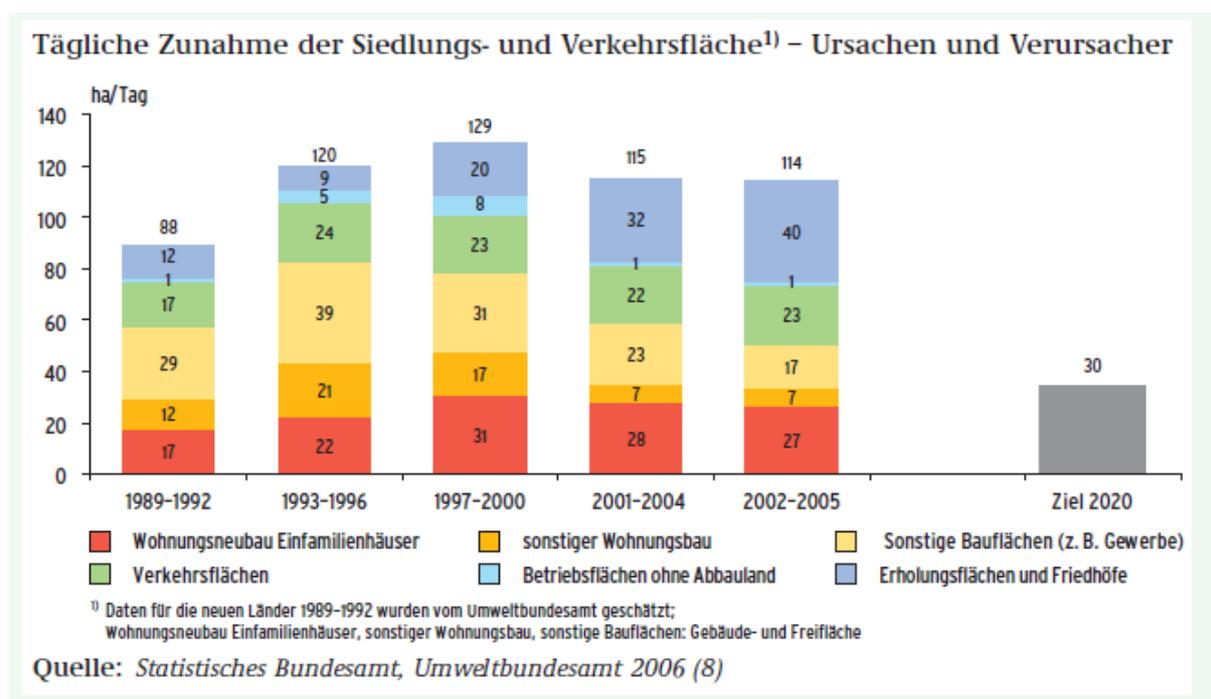


Abb. 6-1: Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland^[UBA2007]

Damit keine Verwechslung mit dem Referenzgebäudeverfahren der DIN 18599 entsteht, wird im folgenden Text statt des Begriffs „Referenzgebäude“ der Begriff „Typvertreter“ verwendet. Für die Aufgabenstellung „Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden“ werden verschiedene funktionale und technische Kriterien für die Auswahl der Typvertreter - Wohnen definiert.

6.1 Bauwerkszuordnung

6.1.1 Einteilung der Bauwerke nach Statistischem Bundesamt

Die Gliederungssystematik des Statistischen Bundesamts^[STABU78] teilt Bauwerke in die Bauwerksgruppen *Hochbauten* und *Tiefbauten* ein. *Hochbauten* werden untergliedert in *Gebäude* und *Sonstige Hochbauten*. *Gebäude* werden in die Bauwerksuntergruppen *Wohngebäude* und *Nichtwohngebäude* unterteilt. Zu den *Wohngebäuden* gehören die Bauwerksklassen *Wohngebäude ohne Wohnheime* und *Wohnheime* mit den jeweiligen Bauwerksunterklassen. Den *Nichtwohngebäuden* sind *Anstaltsgebäude*, *Büro- u. Verwaltungsgebäude*, *Landwirtschaftliche Betriebsgebäude*, *Nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude* und *Sonstige Nichtwohngebäude* mit den entsprechenden Bauwerksunterklassen zugeordnet. Zu *Sonstigen Hochbauten* gehören die Bauwerksuntergruppen *Unterkünfte*, *Behelfsmäßige Nichtwohnbauten* und *Freistehende selbständige Konstruktionen*; diese Untergruppen sind gleichzeitig Bauwerksklasse und Bauwerksunterklasse. Sie werden der Vollständigkeit halber genannt, beispielhafte Gebäudebeschreibungen für diese zuletzt genannten Gruppen jedoch nicht erarbeitet.

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

Diese Einteilung wird in den nachfolgend beschriebenen Katalog aufgenommen

Bauwerk	00	Bauwerksgruppe		000	Bauwerksuntergruppe	0000	Bauwerksklasse	0000 0	Bauwerksunterklasse				
Bauwerk	71	Hochbauten	Gebäude	711	Wohngebäude	7111	Wohngebäude ohne Wohnheime	7111 1	Einfamilienhäuser				
								7111 4	Zweifamilienhäuser				
								7111 7	Mehrfamilienhäuser				
						7117	Wohnheime	7117 1	Wohnheime für Schüler				
								7117 3	Wohnheime für Studenten				
								7117 4	Jugendwohnheime Wohnheime für Auszubildende				
								7117 5	Wohnheime für Berufstätige				
								7117 7	Altenwohnheime und Altenheime				
								7117 8	Wohnheime für Behinderte				
								7117 9	sonstige Wohnheime				
								715	Nichtwohngebäude	7151	Anstaltsgebäude	7151 1	Krankenhäuser
												7151 2	Anstaltsgebäude für die Eingliederung und Pflege Behinderter
						7151 3	Altenpflege- u. -krankenheime						
						7151 4	Heime für Säuglinge, Kinder u. Jugendliche						
				7151 5	Erziehungsheime								
				7151 6	Müttergenesungsheime, Ferien- u. Erholungsheime								
				7153	Büro- u. Verwaltungsgebäude	7153 1	Büro- und Verwaltungsgebäude der Land- u. Forstwirtschaft						
						7153 2	Büro- und Verwaltungsgebäude des produzierenden Gewerbes						
						7153 3	Büro- und Verwaltungsgebäude des Handels, Verkehrs, u. Nachrichtenübermittlung						
						7153 5	Büro- und Verwaltungsgebäude der Deutschen Bundesbahn, Bundespost						
						7153 7	Büro- und Verwaltungsgebäude der Kreditinstitute und des Versicherungsgewerbes u. d. Dienstleistungsunternehmen						
						7153 9	Büro- und Verwaltungsgebäude d. Gebietskörperschaften, d. Sozialversicherungen u. d. Organisationen ohne Erwerbscharakter						
				7155	Landwirtschaftliche Betriebsgebäude	7155 0	Landwirtschaftliche Betriebsgebäude						
				7157	Nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude	7157 1	Fabrik- u. Werkstattgebäude						
						7157 2	Handelsgebäude						
						7157 3	Warenlagergebäude						
						7157 4	Verkehrsgebäude						
						7157 5	Hotels, Gasthöfe, Fremdenheime, Pensionen						
						7157 7	Gaststättengebäude ohne Beherbergung, Kantinegebäude						
						7157 9	Andere nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude, Kino etc.						
						7159	Sonstige Nichtwohngebäude	7159 1	Kindertagesstätten				
				7159 2	Schulgebäude								
7159 3	Hochschulgebäude												
7159 4	Gebäude für Forschungszwecke												
7159 5	Museen, Theater, Opernhäuser, Bibliotheken, Kongresshallen u.a.												
7159 6	Kirchen u. sonstige Kultgebäude												
7159 7	Medizinische Behandlungsinstitute, Gebäude für Heilbäder o. d. Gesundheitspflege												

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

						7159 8	Sportgebäude	
						7159 9	Andere Nichtwohngebäude	
		sonstige Hochbauten	713	Unterkünfte	7130	Unterkünfte	7130 0	Unterkünfte
			717	Behelfsmäßige Nichtwohnbauten	7170	Behelfsmäßige Nichtwohnbauten	7170 0	Behelfsmäßige Nichtwohnbauten
			719	Freistehende selbständige Konstruktionen	7190	Freistehende selbständige Konstruktionen	7190 0	Freistehende selbständige Konstruktionen

Tabelle 6-1: Systematik der Bauwerke des Statistischen Bundesamtes^[STABU78]

Die Nutzungskategorie „Wohngebäude“ wird vor allem in Hinblick auf die Wohnheime differenziert, bezüglich der Ein- und Mehrfamilienhäuser kaum differenziert. Für das Projekt ist die Zuordnungsgruppe „7111 Ein- und Mehrfamilienhäuser“ zu berücksichtigen.

6.1.2 Diverse Bauwerkszuordnungskataloge

Die Gliederung der Hochbauverwaltungen der Länder wird im Bauwerkszuordnungskatalog der ARGEBAU dokumentiert. Dieser Katalog gibt ein Gerüst für die Gliederung, ist aber auf den Immobilienbestand der öffentlichen Hand fokussiert. Die Firma ages GmbH verwaltet für Kommunen Folgekosten von Gebäuden und benutzt dazu einen erweiterten Bauwerkszuordnungskatalog^[ages99]. In Anhang 14 des genannten Katalogs werden die verschiedenen Bauwerkszuordnungskataloge gegenübergestellt. Folgende Kataloge werden genannt:

- ARGEBAU Hochbauausschuss^[ARGEBAU]
- EMIS,^[EMIS03]
- ELTO 3 und 4,^[ELTO01]
- LB Aachen,^[LBAA2005]
- Rheinland-Pfalz^[OFDRP05]
- RBK,^[OFDBWW06]
- Architektenkammer NRW, heute Baukosteninformationsdienst^[BKI06].

Bei der Zusammenstellung der Gliederungen wird deutlich, dass die Länderkataloge den Wohnungsbau nur am Rande behandeln. Das BKI differenziert die Gebäude bedauerlicherweise nur nach Bauwerksgruppen. Die Anwendung wird dadurch erheblich erschwert: So ist unter „1.3 Verwaltungsgebäude“ nicht ersichtlich, inwieweit Publikumsverkehr die Flächenkennwerte beeinflusst. Arbeitsämter besitzen z.B. einen wesentlich höheren Verkehrsflächenanteil. Die VDI 3807-2 baut ebenfalls auf der Systematik des BWK auf. In Dokumentationen, Normen, und Vorschriften wird ebenfalls auf Bauwerksgruppen Bezug genommen, z.B. bei der Ermittlung Normalherstellungskosten. In einer Veröffentlichung hat Bogenstätter^[BOG07] eine Synopse der verschiedenen Gliederungskataloge vorgenommen.

Eine wesentlich umfangreichere Gliederung für Wohngebäude findet sich in der Dokumentation des Bundesministeriums für Verkehr, Bauen und Stadtentwicklung (BMVBS) zu den Normalherstellungskosten^[NORM2000]. In diesem Katalog werden die Herstellungskosten von Wohngebäuden nach verschiedenen Unterscheidungskriterien ermittelt:

- Bautyp: Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus
- Bauart: Freistehend, Mittelhaus, Kopfhaus
- Untergeschoß: Mit und ohne Keller
- Dachgeschoß: vorhanden, nicht ausgebaut, ausgebaut

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

- Geschoßanzahl: 1-10 Geschosse
- Dachform: Steildach, Flachdach
- Ausstattungsstandard konstruktiver Ausbau und technischer Ausbau: einfach, mittel, gehoben

Die Datensammlung der Normalherstellungskosten^[NHK2000] stellt die Basis für die Wertermittlung in Deutschland zu Verfügung. Die Normalherstellungskosten sind die amtlich unter der Abkürzung NHK 2000 veröffentlichten und auf den Quadratmeter Brutto-Grundfläche bzw. den Kubikmeter Brutto-Rauminhalt im Sinne der DIN 277 bezogenen gewöhnlichen Herstellungskosten von Gebäuden.

Der Katalog wird mittlerweile vom Baukosteninformationsdienst betreut. In dem Forschungsbericht „Aktuelle Gebäudesachwerte in der Verkehrswertermittlung“^[BK12008] wird in der Anlage 1 die Gebäudeartenliste abgebildet. Diese feingliedrige Unterteilung der Wohngebäude wurde als Vorbild für die Aufstellung eines Bauwerkszuordnungskataloges für dieses Projekt übernommen. Nicht differenziert werden verschiedene Typen von Mehrfamilienhäusern und Unterschiede in der Bauweise.

6.1.3 Zusammenfassung

In der Datenbank wird ein Baunutzungskatalog eingerichtet, der die Einstufungen des Ordnungskatalogs der Länder bzw. der Architektenkammern übernimmt. Zusätzlich integriert werden folgende Gliederungen:

- Normalherstellungskosten des BMVBS
- Statistische Bundesamt^[STABU78]

Die Nutzungskategorie „Wohngebäude“ findet sich in der Ordnungsnummer 6000. Die Typvertreter sollen so weit möglich die aufgeführten Nutzungstypen abdecken. Wohnheime und Beherbergungsstätten werden nicht berücksichtigt.

6.2 Rahmenbedingung für Berechnung

Entsprechend der Vielfalt der Wohngebäudeformen werden mehrere Gebäudetypen gebildet. Es wird unterschieden zwischen:

- ein – und zweigeschossigen Einfamilienhäuser,
- zweigeschossigen Doppel- und Reihenhäuser
- 3- und mehrgeschossigen Mehrfamilienhäusern

unterschieden Für die Einfamilienhäuser wird

- Ohne/ mit Keller
- Ohne/mit ausgebautem Schrägdach

unterschieden.

6.3 Wohnbautypologie

Unter Berücksichtigung der spezifischen Anforderungen des Forschungsprojektes wird eine Typologie aufgebaut, welche die wichtigsten Bautypen berücksichtigt:

Einfamilienhaus

- ein – und zweigeschossigen Einfamilienhäuser,
- zweigeschossigen Doppel- und Reihenhäuser
- 3- und mehrgeschossigen Mehrfamilienhäusern

unterschieden Für die Einfamilienhäuser wird

- Ohne/ mit Keller
- Ohne/mit ausgebautem Schrägdach

Mehrfamilienhaus

- Laubenganghaus
- Punkthaus
- Zeilenhaus-2-Spanner

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

- Zeilenhaus-3-Spanner
- Zeilenhaus-4-Spanner.

Da die Versorgungskosten einen wesentlichen Einfluss auf die Nutzungskosten haben, wird das energetische Niveau des Gebäudes unterschieden:

- Niveau, das eingehalten werden muss (EnEV 2009)
- Niveau, das erreicht werden kann (Niedrigstenergie).

Eine weitere Unterscheidung betrifft die Dachform:

- Flachdach
- Steildach.

Die Größe des Gebäudes kann sowohl auf die Lebenszykluskosten, als auch die Ökobilanz einen Einfluss haben, da die höhere Ausnutzung bis zu einer bestimmten Höhenentwicklung (Brandschutz) vorteilhaft ist. Die Größe wird durch die Geschoßanzahl bestimmt:

- 3-Geschosse
- 4-Geschosse
- 5-Geschosse
- 6-Geschosse.

Die Bauweise kann einen Einfluss auf die Ökobilanz der Herstellungs-, Instandhaltungs- und Entsorgungsphase haben. Es wird unterschieden bei der Primärkonstruktion zwischen

- Mineralischer Bauweise
- Holzbauweise.

Für die Höhe der Herstellungskosten und den materiellen Input ist der Ausstattungsstandard ein wichtiger Einflussfaktor. Es wird unterschieden zwischen:

- Niedriger Standard
- Mittlerer Standard
- Hoher Standard.

Bei dieser Untersuchung wird von einem mittleren Ausstattungsstandard ausgegangen.

Innerhalb der Gesamtgliederung eines zu entwickelnden Gebäudekataloges wird die Nummerierungsvorgabe des Nutzungskatalogs der ARGE Bau als Grundlage genommen. Diese Vorgabe wird weiterentwickelt im Sinne des Katalogs der Normalherstellungskosten. Die weiteren benötigten Differenzierungen schließen sich daran an. Daraus ergibt sich ein 8-stelliger Nummernschlüssel (siehe folgende Tabelle).

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

4. Stelle	TYP/Dach/Energie	1	2	3	4	5	6	7	8
5.Stelle	Geschosse	Flachdach	Steldach	FD-Passiv	SD-Passiv	Flachdach	Steldach	FD-Passiv	SD-Passiv
		2	3	4	5	6	7	8	9
6. Stelle	Bauweise	EG	EG/OG	EG/OG/DG	KG/EG	KG/EG	KG/EG/OG	KG/EG/OG/DG	KG/EG/OG/DG
		1	2	3	4	5	6	7	
7. Stelle	Ausstattung KG 300	Bn	Mz	Pb	Ks	Hr	TJY	Bs	
		niedrig	niedrig	mittel	hoch				
8. Stelle	Ausstattung KG 400	niedrig	niedrig	mittel	hoch	öko1	öko2	öko3	öko4
		1	1	2	3	4	5	6	7

Tabelle 6-3: Systematik Gebäudetypologie Einteilung für Einfamilienhäuser

6.3.1 Nutzung

Die Gebäude sollen ausschließlich die Nutzung „Wohnen“ vorsehen. Mischnutzungen mit Gewerbe sind ausgeschlossen. Nutzungen einzelner Zonen oder Geschosse mit der Primärnutzung verbundenen Nutzungen wie Tiefgarage sind bei Mehrfamilienhäusern möglich. Tiefgaragen sind nicht mit vollständig ausgebauten Untergeschossen zu vergleichen, da es sich um eine Rohbaukonstruktion ohne Ausbauteile handelt. Dies drückt sich im Kostenaufwand/m² Bruttogeschoßfläche (BGF) ebenso aus, wie in den Umweltbelastungen. Falls möglich sollten deshalb Tiefgaragen aus der Systemgrenze des Gebäudes ausgenommen werden.

6.3.2 Baujahr

Die Gebäude werden nach den, im aktuellen Untersuchungsjahr geltenden Normen und anerkannten Regeln der Baukunst modelliert. Dies bedeutet, dass sie im Erfüllungsgrad der Anforderungen konsistent und damit vergleichbar sind. Dies unterscheidet den Arbeitsansatz des Typvertreters von Gebäudedokumentationen des BKI. Die im BKI erfassten Gebäude altern im Sinne einer nicht mehr aktuellen oder nicht mehr zulässigen Bauweise. Der Typvertreter kann jährlich den normativen Entwicklungen z.B. eine Änderungen der Energieeinsparverordnung durch Austausch von Bauteilen oder technischen Anlagen angepasst werden.

6.3.3 Verhältnis BGF-NGF-NF

Die Ermittlung der Kubatur und Flächen von Gebäuden ist in Deutschland in der DIN 277 geregelt. Die Neufassung der DIN 277 sieht eine weitere Unterscheidung der Nutzfläche in HNF und NNF nicht mehr vor.

Neben den absoluten Größen der Gebäudeflächen sind die relativen Verhältnisse der Flächenarten ein wichtiger Indikator in Bezug auf einen wirtschaftlichen Grundriss. Außerdem erlauben die Flächenverhältnisse Gebäudevergleiche bei unterschiedlichen Grundrisslösungen oder Größenordnungen. In Kapitel 6 werden deshalb Prüfungen der Typvertreter mit gebauten Objekten hinsichtlich der Durchschnittlichkeit der Gebäudegrößen durchgeführt.

Da häufig bei gebauten Objekten nicht alle Flächenarten angegeben werden, ist das Verhältnis der prozentualen Flächenanteile bei unterschiedlichen Nutzungstypen hilfreich bei der Kennwertermittlung. Diese Verhältnissfaktoren wurden in einer Forschungsarbeit der DBU von ages^[AGES99] dokumentiert. In dieser Arbeit nicht aufgeführte Flächenarten konnten durch Flächenumrechnungsfaktoren einer weiteren Forschungsarbeit in der Schriftenreihe „Bau- und Wohnforschung“ des BMBau^[DREES83] entnommen werden.

100 % Bruttogrundfläche enthalten durchschnittlich 16 – 19 % Konstruktionsfläche, 81-84% Nettogrundfläche, 9-10 % Verkehrs- und Funktionsfläche und 70 % Nutzfläche. Durch die Erhöhung der Anforderungen für den Wärme-, Schall- und Brandschutz in den vergangenen Jahren kann von einer Erhöhung der Konstruktionsfläche von 1 % ausgegangen werden s. Anlageband

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

Es werden drei Ausstattungsstandards vordefiniert. Der Ausstattungsstandard im Bereich Elektro orientiert sich an den Standard-Empfehlungen.

6.4.3 Bauphysikalische Qualität: Wärme, Feuchte, Schall, Brand

Die gewählten Konstruktionen entsprechen hinsichtlich der bauphysikalischen Anforderungen den im Berechnungsjahr geltenden Vorschriften. Das Gebäude muss seinen Energiebedarf nach der geltenden EnEV (EnEV 2009) nachweisen. Zusätzlich wird eine Modellierung auch energetische Niedrigstwerte (ähnlich Passivhaus) erreichen. Das Bauwerk erfüllt bezüglich Schallschutz und Brandschutz die gültigen Normen, besondere Anforderungen sollen vermieden werden.

6.4.4 Baukosten

Die Baukosten der zitierten Gebäudekataloge beruhen auf in der Vergangenheit errichteten und abgerechneten Gebäuden. Die im Erfassungsjahr dokumentierten Baukosten werden jährlich dem veränderten Stand der Baukosten in Deutschland angepasst. Dazu bedient man sich des Baupreisindex des statistischen Bundesamtes.

Baupreisindex

Die vom Statistischen Bundesamt berechneten Baupreisindizes bringen die Entwicklung der Preise für den Neubau ausgewählter Bauwerksarten des Hoch- und Tiefbaus sowie für Instandhaltungsmaßnahmen an Wohngebäuden zum Ausdruck. Sie können als Erzeuger-Verbraucherindizes bezeichnet werden, die sich nicht auf den Gesamtumsatz eines institutionell abgrenzbaren Wirtschaftsbereichs, sondern auf bestimmte Erzeugnisarten beziehen.

Dem Index einer jeden Bauwerksart liegt eine Reihe von einzelnen Bauwerkstypen zugrunde, wie sie für das Baugeschehen im Basisjahr kennzeichnend waren. Die dabei erfassten Bauwerke sind konventionell, jedoch unter Einbeziehung der marktüblichen Fertigteile gebaut. Maßgeblicher Leistungsumfang sind die Bauleistungen für das Bauwerk. Dazu zählen im Wesentlichen die Positionen, die zu Bestandteilen des eigentlichen Baukörpers werden. Die Indizes können als gewogene Durchschnitte aus den Bundesdurchschnittsmesszahlen zu den Preisen für eine repräsentative Auswahl von Bauleistungen bezeichnet werden. Die vierteljährlich ermittelten Preise sind Marktpreise bei Auftragsvergabe. Insgesamt werden 220 Preisrepräsentanten abgefragt.

Mittagkatalog: Die Daten wurden 2005 entsprechend des Baupreisindex neu berechnet, einige Gebäude liegen in der Erfassung mehr als 10 Jahre zurück.

- Querschnittsdaten 1514 €/m² BGF
- Kommunale Verwaltungsgebäude 1378 €/m² BGF
- Indexhäuser 1251 €/m² BGF, bzw. 358 €/m³ BRI
- Auswertung von 100 Gebäuden 1255 €/m²BGF oder 383 €/m³BRI.

Gebäude mit unterschiedlicher Ausstattung der Betriebstechnik werden mit einfacher Betriebstechnik mit 1020 €/m²BGF angegeben, mit erhöhter Betriebstechnik bis zu 1714 €/m²BGF. Die Geschossanzahl hat auf die Kosten nur geringen Einfluss.

BKI-Katalog: Der Katalog wird jährlich mittels der Indexzahlen aktualisiert.

Im BKI-Katalog werden für 53 ausgewertete Gebäude ein Durchschnittswert von 1240 €/m² BGF oder 360 €/m³ BRI ermittelt. Die Preisspanne beträgt beim BRI 250 – 565 €/m³. Bei der BGF beträgt die Spanne 880 – 1992 €/m³.

Die Anpassung von Baupreisen über die Methode des Baupreisindex wird von Mestmacher kritisch beurteilt ^[MEST2004]. Keineswegs ist die Preisindexreihe für eine bedenkenlose Wertanpassung von Neubauwerten im Zeitraum 1914 bis 2000 gedacht. Dies ist allein auf Grund der Verkettung verschiedener Indexreihen nicht möglich. Größere Jahresabstände verfälschen auf Grund der unterschiedlichen Erfassungsmethoden die Ergebnisse. Die Ursache liegt in der Entwicklung der Statistiken. Analysiert man die Entwicklung der Indexreihe für Wohngebäude, wird der Grund deutlich. Die Regelbauleistungen haben sich

geändert. Bis zum Jahr 1932 wurde als Grundlage eine 4-Zimmer-Wohnung mit einer Nutzfläche von 110 m² ausgewählt. Ab 1933 wurden sechs Wohneinheiten zu je zweieinhalb Zimmern ausgewählt. Heute werden letztendlich 200 Regelbauleistungen an vier Bauwerkstypen berücksichtigt. Die Verfasser des Handbuchs halten auf Grund ihrer Anwendungsverfahren die Hoch- oder Herunterindizierung mit Hilfe der Indexreihe innerhalb eines **10-Jahres-Zeitraumes noch für unbedenklich**. Auf dieser Aussage beruht auch die grundsätzliche Kritik des Autors an den Baupreishandbüchern, die auf der Basis abgerechneter Projekte Baukosten dokumentieren.

6.5 Berechnungsprogramm

Eine wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Ermittlung von zuverlässigen und praxistauglichen Kennwerten liegt in der Anwendung eines Werkzeugs, das auf der Basis von detaillierten Grundlagendaten zu Ökobilanzen, verknüpft mit validierten und laufend aktualisierten Element- und Ausschreibungsdaten, eine belastbare Auswertung der Umweltbelastung für eine grössere Anzahl von Gebäuden liefert. Diese Programm- und Datengrundlage wurde in einem von der DBU geförderten Forschungsprojekt geschaffen. Zum Einsatz kommt das damit entwickelte Programm LEGEP. Die den Berechnungen zugrundeliegende Datenbank wird kontinuierlich überarbeitet und den aktuellen Entwicklungen angepasst. Die Ergebnisse der Berechnungen konnten in vielen konkreten Praxisanwendungen einer Plausibilitätsprüfung unterzogen werden.

7 Typvertreter Wohngebäude

7.1 Referenzgebäude - Typvertreter

Der Begriff „Referenzgebäude“ wird in der Bauliteratur selten verwendet. Niklaus Kohler hat für die Enquete „Kommission Schutz des Menschen und der Umwelt“ den Ansatz verfolgt den deutschen Gebäudebestand mittels Referenzgebäuden zu erfassen. Er unterscheidet dabei 12 Nutzungsklassen, sechs Altersklassen und daraus resultierend 230 Referenzgebäude ^[ENQ99]. Diese Bestandsgebäude können für die vorliegende Arbeit nicht herangezogen werden.

Wolfgang Feist verwendet ein Referenzgebäude, um Gebäude zu beschreiben, die die Anforderungen zum Energiebedarf zum Zeitpunkt der Genehmigung gerade einhalten. Er vergleicht die dafür notwendigen Herstellungskosten mit den finanziellen Mehraufwendungen für die Herstellung eines Gebäudes, das Passivhausniveau erreicht ^[FEIST02]. Die Arbeit behandelt nur Wohngebäude.

Im Forschungsprogramm der Schweiz REN (Rationelle Energienutzung in Gebäuden) wurden zum Vergleich unterschiedlicher Berechnungsverfahren für Passivhäuser zwischen Minenergie (Schweiz) und Passivhausprojektierungspaket (Deutschland) ein Referenzgebäude zu Grunde gelegt. Auch hier handelt es sich um ein Wohngebäude ^[MIN2002]. In Österreich wurde zur Ermittlung externer Kosten von unterschiedlichen Wärmeerzeugungssystemen zwei bestehende Gebäude als Referenzgebäude erklärt und mit 11 Haustechniksystemen ausgestattet. Kriterien für die Gebäudeauswahl werden nicht angegeben ^[EXTER02]. Als Referenzhäuser werden zwei Mehrfamilienwohngebäude beschrieben.

Der DENA-Feldversuch Nichtwohngebäude ^[DENA05] hatte zum Ziel die Praxistauglichkeit der DIN V 18599, sowie der notwendigen Richtlinien zu überprüfen. Es wurden bundesweit 42 Nichtwohngebäude diverser Gebäudetypen untersucht, darunter 14 Büro- und Verwaltungsgebäude. Folgende Erkenntnisse wurden im Feldversuch gewonnen:

- Nicht-Wohngebäude bestehen aus Zonen mit unterschiedlichen Nutzungsbedingungen.
- Bei Beleuchtung, Luftwechsel, Nutzungszeit und inneren Wärmelasten bestehen starke Unterschiede.
- Auch bei scheinbar gleichartigen Gebäuden ist der prozentuale Anteil der darin vertretenen Zonen stark unterschiedlich.
- Im Referenzgebäude müssen standardisierte Werte für die Gebäudehülle und die Anlagentechnik angesetzt werden.

Das erwähnte Referenzgebäudeverfahren besteht aus folgenden Komponenten:

- Es wird zweimal dasselbe Gebäude gerechnet
- Die Ermittlung des SOLL-Wertes erfolgt bei festgelegten Referenzeigenschaften des Gebäudes.
- Die Ermittlung des IST-Wertes erfolgt nach den tatsächlich eingebauten oder geplanten Bau- und Anlagenteilen.
- Es wird das gleiche Rechenverfahren verwendet (DIN 18599).
- Es werden die gleichen Randbedingungen verwendet (Standardnutzungsprofile, für SOLL- und IST-Wert).

Damit werden in der Norm keine fixen Referenzgebäude aufgeführt, die für die vorliegende Untersuchung herangezogen werden könnten. Dieses Referenzverfahren soll mit der EnEV 2009 auch auf die Berechnung der Wohngebäude angewendet werden.

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

Als Datenbasis für die Ermittlung von durchschnittlichen Qualitäten von Wohngebäuden werden zwei Gebäudekataloge mit Dokumentationen in die Auswahlüberlegungen miteinbezogen:

- BKI-Gebäudekatalog mit ca. 150 Objekten ^[BKI2005]
- Mittag Gebäudekatalog mit ca. 110 Objekten ^[MITTAG03]

In der Mittagdatei werden Indexhäuser des statistischen Bundesamtes aufgeführt, die zur Datensammlung des Normalherstellungskostenkatalogs ^[NHK2000] gehörten. Zusätzlich wurde in Besprechungen mit Schlüsselpersonen versucht typologische und bauartspezifische Aspekte des State of the Art zu ermitteln.

Die zur Berechnung der vollständigen Aufwendungen während des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes zu Grunde gelegten Typvertreter-Wohnen in der LEGEP Software/Datenbank werden dahingehend untersucht, ob sie mit ihren Annahmen zur Gebäudeplanung repräsentativ die Allgemeinheit der entsprechenden Gebäudetypen in Deutschland abbilden.

In einem ersten Schritt werden die Flächen und Kubaturen der Typvertretergebäude mit entsprechenden Gebäuden, die in der Objektdatenbank des Baukosteninformationsdienstes Deutscher Architektenkammern (BKI), KOSTENplaner Version 10 mit Baukostendatenbank 2007/2008 enthalten sind, verglichen.

Die Mengengerüste der Grundtypen Einfamilienhaus (EFH), Doppelhaushälfte (DHH), Reihenmittelhaus (RMH) und Mehrfamilienhaus (MFH) mit entsprechenden Varianten aus LEGEP werden in 7.2 Einfamilienhäuser und **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** die entsprechenden möglichen Vergleichsgebäude aus dem BKI.

7.2 Typvertreter Einfamilienhaus

7.2.1 Alleinstehendes Einfamilienhaus EFH

Ausführung mit Erdgeschoss und ausgebautem Dachgeschoss

Ausführung mit Erdgeschoss und Obergeschoss sowie nicht ausgebautem Dachgeschoss

Varianten: beide Grundtypen mit und ohne Keller variiert, Typ 2 zusätzlich mit Flachdach



EFH Grundtyp 1

EFH-SD, EG/DG

	BGF	229,0 m ²
	BRI	585,0 m ³
	WF	146,0 m ²



EFH Grundtyp 2

DG nicht ausgebaut

EFH-SD, EG/OG

	BGF	276,0 m ²
	BRI	640,0 m ³
	WF	146,0 m ²



EFH Grundtyp 2,

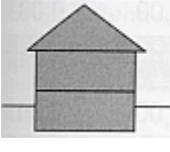
Variante Flachdach

EFH-FD, EG/OG

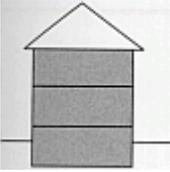
	BGF	184,0 m ²
	BRI	593,0 m ³
	WF	146,0 m ²

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

EFH-SD, KG/EG/DG

	BGF	321,0 m ²
	BRI	838,0 m ³
	WF	146,0 m ²

EFH-SD, KG/EG/OG

	BGF	368,0 m ²
	BRI	849,0 m ³
	WF	146,0 m ²

EFH-FD, KG/EG/OG

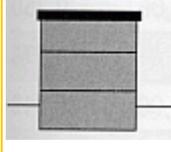
	BGF	276,0 m ²
	BRI	848,0 m ³
	WF	146,0 m ²

Abb. 7-1: Einfamilienhaus EFH - LEGEP

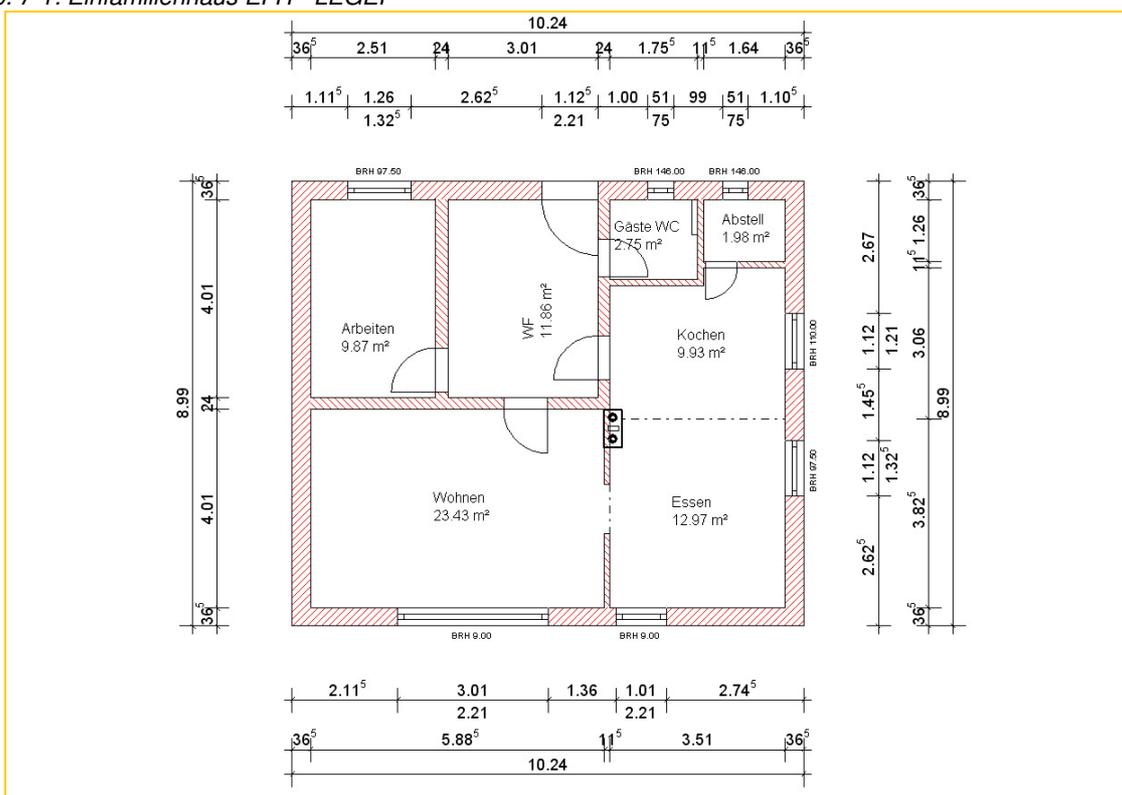


Abb. 7-2: Grundriss Einfamilienhaus EG

7.2.2 Vergleichsgebäude alleinstehende Einfamilienhäuser unterkellert (BKI)

Mittlerer Standard

Bei der Auswahl „Ein- und Zweifamilienhäuser unterkellert, mittlerer Standard“ werden folgende 33 Gebäude als Vergleichsobjekte in der Kostengruppe 300 angeboten:

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

[2] Datenbankabfrage: 33 Objekte zu KG 300 gefunden

Kostengruppen: Alle Objekte

-Objektnr.	Objektbezeichnung	Land	Menge	Einheit	KKW [€]	Kosten [€]	% an KG
6100-572	Einfamilienhaus mit ELW	HE	298,000	BGF	745,11	222.041,60	
6100-570	Zweifamilienhaus	BE	415,700	BGF	828,09	344.237,58	
6100-569	Einfamilienhaus, Doppelgarage	NW	323,050	BGF	551,90	178.290,69	
6100-562	Einfamilienhaus	ST	379,000	BGF	568,68	215.529,57	
6100-536	Einfamilienhaus, Garage	BW	361,900	BGF	737,45	266.883,45	
6100-531	Einfamilienhaus, Garage	BW	350,860	BGF	574,77	201.664,28	
6100-528	Einfamilienhaus, Garage	BW	314,940	BGF	802,81	252.836,43	
6100-513	Wohnhaus (2 WE)	BY	678,100	BGF	491,62	333.367,64	
6100-502	Einfamilienhaus, barrierefrei	BW	398,070	BGF	637,49	253.763,91	
6100-485	Einfamilienhaus	NW	292,340	BGF	575,74	168.313,20	
6100-450	Einfamilienhaus	TH	342,480	BGF	548,66	187.906,51	
6100-445	Einfamilienhaus	BY	345,280	BGF	455,06	157.121,45	
6100-396	Einfamilienhaus	TH	288,500	BGF	988,97	285.317,21	
6100-361	EFH, Apartment über 2 Garagen	RP	153,390	BGF	642,84	98.604,92	
6100-351	Einfamilienhaus; Garage	TH	323,000	BGF	471,03	152.141,17	
6100-330	Einfamilienhaus	SL	433,990	BGF	661,13	286.925,59	
6100-315	Zweifamilienhaus; 2 Garagen	RP	344,360	BGF	609,80	209.992,22	
6100-298	Einfamilienhaus	SL	249,350	BGF	696,79	173.745,18	
6100-286	Einfamilienhaus; Garage	NW	429,600	BGF	553,74	237.888,35	
6100-284	Einfamilienhaus	NW	302,240	BGF	629,00	190.107,80	
6100-268	Einfamilienhaus	NW	418,000	BGF	693,83	290.021,07	
6100-249	Einfamilienhaus; Garage	BW	289,200	BGF	660,95	191.146,96	
6100-247	Einfamilienhaus; ELW	BY	483,280	BGF	588,57	284.444,01	
6100-234	Einfamilienhaus; ELW	HE	335,000	BGF	842,20	282.137,99	
6100-201	Einfamilienhaus; Doppelgarage	ST	413,420	BGF	699,74	289.286,14	
6100-199	Einfamilienhaus	RP	378,320	BGF	570,43	215.806,90	
6100-197	Einfamilienhaus	TH	588,000	BGF	704,68	414.354,04	
6100-185	Einfamilienhaus	BY	326,710	BGF	520,33	169.996,45	
6100-160	Hausmeisterwohnhaus; Doppelgarage	BY	301,760	BGF	630,78	190.344,83	
6100-159	Einfamilienhaus; Doppelgarage	HE	437,280	BGF	672,27	293.971,35	
6100-138	Einfamilienhaus	BY	339,770	BGF	466,05	158.349,78	
6100-092	Einfamilienhaus; Wintergarten	NW	257,000	BGF	777,84	199.904,77	
6100-083	Einfamilienhaus (1 WE)	RP	331,760	BGF	691,71	229.482,86	

Anpassungsfaktor: 1,000 min/mittel/max 455,06 645,15 988,97

Tabelle 7-1: Gebäudeliste Einfamilienhäuser mittlerer Standard

Bezogen auf die Brutto-Grundfläche (BGF) ergeben sich nebenstehende statistische Planungskennzahlen:

[2] Info zur Objektauswahl

Planungskennzahlen Statistik: BGF Brutto-Grundfläche

Grundflächen	min	Fläche/BGF (%)	max
NF Nutzfläche	53,7	67,9	80,4
FF Technische Funktionsfläche	0,3	2,7	7,2
VF Verkehrsfläche	3,3	11,4	19,9
NGF Netto-Grundfläche	68,0	81,6	89,4
KGF Konstruktions-Grundfläche	10,6	18,4	32,0
BGF Brutto-Grundfläche	100,0	100,0	100,0
Brutto-Rauminhalt	min	BRI/BGF (m)	max
BRI Brutto-Rauminhalt	2,5	2,9	3,7
Lufttechnisch behandelte Flächen	min	Fläche/BGF (m)	max
BF Bebaute Fläche	20,7	41,2	80,4
BEF Be- und Entlüftete Fläche	57,3	57,3	57,3
Kostengruppen 2.Ebene	min	Menge/BGF	max
310 Baugrube	25,4	116,6	259,0
320 Gründung	32,3	38,9	51,1
330 Außenwände	60,1	97,6	140,6
340 Innenwände	36,4	72,9	156,8
350 Decken	37,8	60,4	92,1
360 Dächer	31,6	53,1	66,6

Tabelle 7-2: Gebäudeliste Einfamilienhäuser mittel, Kennzahlen

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

Da beim BKI bei dieser Gebäudeart nur Ein- und Zweifamilienhäuser unterkellert als Referenzgebäude angeboten werden, wurden die Mengen auf 1 WE normiert. Für das Mengengerüst ist es dabei unerheblich, welchen Ausstattungsstandard die Häuser haben. Deshalb wurden die Werte aller Referenzgebäude mit einfachem, mittlerem und hohem Standard verwendet, um sie statistisch auszuwerten und den Werten des LEGEP Einfamilienhauses mit Kellergeschoß gegenüber zu stellen.

Bestimmte Häuser, die durch ihre Ausführungsart nicht in das Schema des LEGEP- Einfamilienhauses passten (Einliegerwohnung, Hanglage...), wurden aus der statistischen Auswertung herausgenommen:

BKI 6100 -050, -093, -122, -168, -178, -328, -361, -421, -559, -570 und -607

Damit stehen aber immer noch 56 Häuser für eine Statistik zu Verfügung.

7.2.3 Ergebnis für alleinstehende Einfamilienhäuser

Einen ersten Überblick gibt die Statistik mit Mittelwert und den Extremwerten:

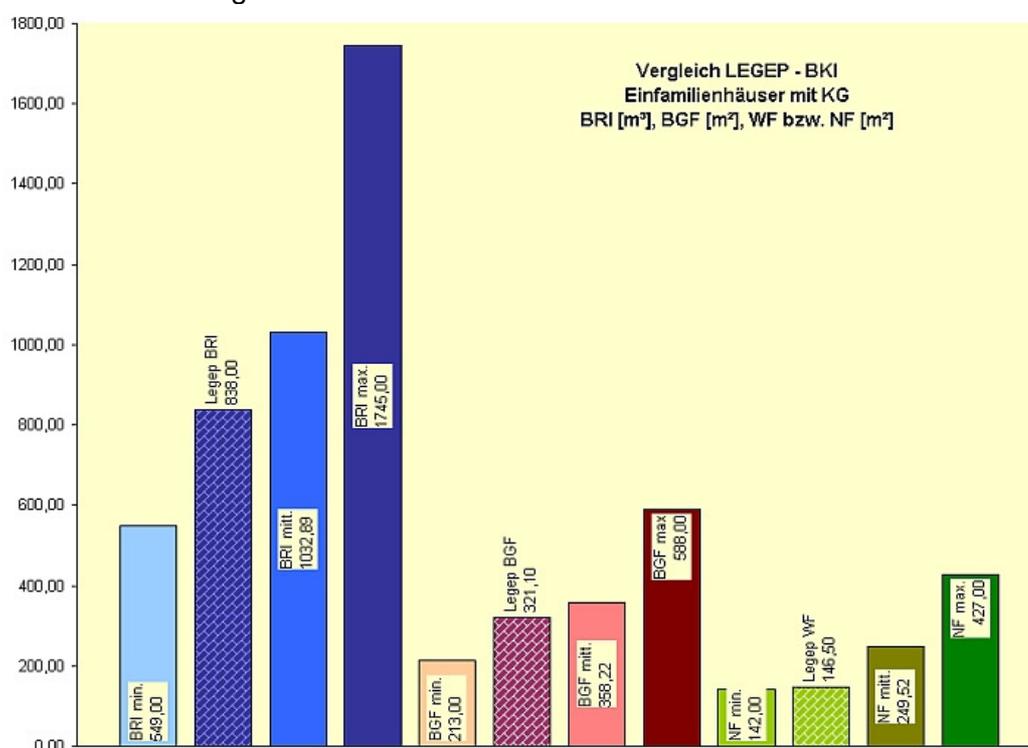


Abb. 7-3: Vergleich der Größen BRI, BGF und WF/NF der Einfamilienhäuser

Verglichen werden Gebäude mit Kellergeschoß im Verhältnis zu Mittelwert, Minimum und Maximum vergleichbarer BKI-Häuser. Der Bruttorauminhalt BRI des Typvertreter-Hauses liegt mit 838 m³ zwischen dem Minimum und dem Mittelwert der BKI-Häuser. Die Bruttogeschoßfläche BGF des Typvertreter-Hauses (321 m²) liegt in der Nähe des Mittelwerts (358 m²) und die Wohnfläche des Typvertreter-Hauses (146 m²) stimmt eher mit dem Minimum der Nutzfläche (142 m²) der BKI-Häuser überein. Hierbei spielen aber auch unterschiedliche Berechnungsverfahren eine Rolle.

7.2.4 Typvertreter Doppelhaus DHH

Ausführung mit und ohne Keller, Dachgeschoss ausgebaut und nicht ausgebaut

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden



Referenzgebäude

4 Varianten: Steildach

DHH-SD, EG/OG/DG nicht ausgebaut

	BGF	223,0 m ²
	BRI	570,0 m ³
	WF	110,0 m ²

DHH-SD, EG/OG/DG

	BGF	223,0 m ²
	BRI	570,0 m ³
	WF	140,0 m ²

DHH-SD, KG/EG/OG/DG

DG nicht ausgebaut

	BGF	297,0 m ²
	BRI	770,0 m ³
	WF	110,0 m ²

DHH-SD, KG/EG/OG/DG

	BGF	297,0 m ²
	BRI	770,0 m ³
	WF	140,0 m ²



Referenzgebäude

2 Varianten: Flachdach

DHH-FD, EG/OG

	BGF	149,0 m ²
	BRI	450,0 m ³
	WF	110,0 m ²

DHH-FD, KG/EG/OG

	BGF	223,0 m ²
	BRI	654,0 m ³
	WF	110,0 m ²

Abb. 7-4: Doppelhaus DHH - LEGEP

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

Bezogen auf die Brutto-Grundfläche (BGF) ergeben sich nebenstehende statistische Planungskennzahlen:

Grundflächen	min	Fläche/BGF (%)	max
NF Nutzfläche	64,5	72,0	80,6
FF Technische Funktionsfläche	0,4	1,5	3,0
VF Verkehrsfläche	5,6	10,7	16,6
NGF Netto-Grundfläche	77,5	84,3	87,3
KGF Konstruktions-Grundfläche	12,7	15,7	22,5
BGF Brutto-Grundfläche	100,0	100,0	100,0
Brutto-Rauminhalt	min	BRI/BGF (m)	max
BRI Brutto-Rauminhalt	2,2	2,8	3,2
Lufttechnisch behandelte Flächen	min	Fläche/BGF (m)	max
BF Bebaute Fläche	23,2	36,6	50,0
Kostengruppen 2.Ebene	min	Menge/BGF	max
310 Baugrube	57,5	110,2	173,9
320 Gründung	23,1	31,2	35,1
330 Außenwände	73,4	97,9	123,8
340 Innenwände	82,5	104,0	134,3
350 Decken	58,8	68,7	76,2
360 Dächer	35,7	39,1	43,7

Tabelle 7-4: Gebäudeliste Doppelhäuser einfach, Kennzahlen

Die Objektdatenbank des BKI weist in dieser Kategorie Doppel- und Reihenendhäuser mit einfachem und hohem Standard aus. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die Mengen auf 1 Doppelhaushälfte normiert. Es standen 17 Gebäude als Stichproben zur Verfügung.

Werte für 1 Doppelhaushälfte	BGF [m ²]	BRI [m ³]	NF [m ²]
Minimum BKI	113,44	311,69	123,72
Mittelwert BKI	225,29	634,08	176,21
Maximum BKI	312,50	860,00	229,50

Tabelle 7-5: statistische Werte für Doppel- und Reihenendhäuser (BKI), normiert auf eine Doppelhaushälfte

7.2.6 Ergebnis Doppelhäuser

Verglichen werden Gebäude mit und ohne Kellergeschoß sowie mit und ohne ausgebautem Dachgeschoß im Verhältnis zu Mittelwert, Minimum und Maximum vergleichbarer BKI-Häuser. Der Typvertreter Doppelhaushälfte liegt sowohl bei BRI als auch BGF ähnlich im Verhältnis zum Mittelwert und den Extrema. Der Typvertreter DHH ohne Kellergeschoß weist Werte geringfügig niedriger als der Mittelwert auf, derjenige mit Kellergeschoß liegt zwischen Mittelwert und Höchstwert. Die Wohnfläche (110 m²) der Typvertreter-DHH ohne ausgebautem Dachgeschoß liegt unterhalb des Minimum der Nutzfläche (124 m²) der entsprechenden BKI-Häuser, der Typvertreter DHH mit ausgebautem Dachgeschoß hat eine Wohnfläche von 140 m² und rangiert zwischen Minimum und Mittelwert der Nutzfläche der BKI-Doppelhäuser. Hierbei spielen aber auch unterschiedliche Berechnungsverfahren (WF/NF) eine Rolle.

Den Vergleich des Typvertretergebäudes mit Varianten (DHH) mit obigen Werten zeigt die nachfolgende Abbildung 7-6.

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

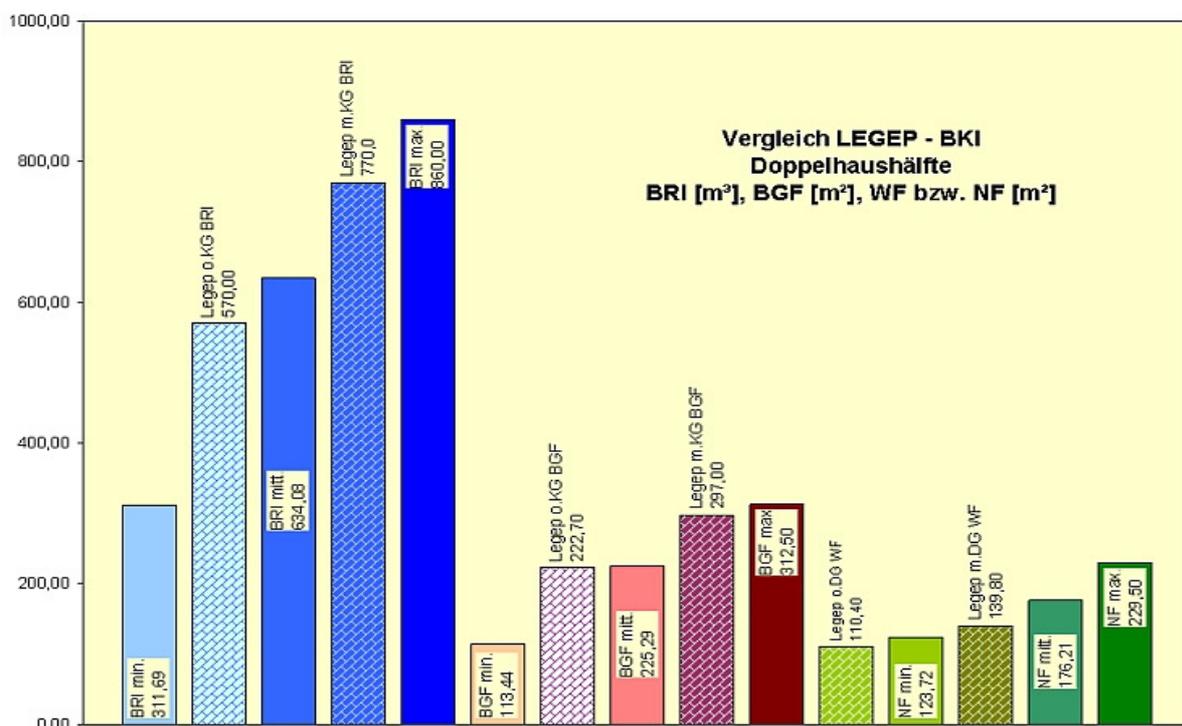


Abb. 7-6: Vergleich der Größen BRI, BGF und WF/NF der Doppelhaushälften

7.2.7 Typvertreter Reihenmittelhaus RMH

Ausführung mit und ohne Keller, Dachgeschoss ausgebaut und nicht ausgebaut



Referenzgebäude

4 Varianten: Steildach

RMH-SD, EG/OG/DG nicht ausgebaut

	BGF	190,0 m²
	BRI	465,0 m³
	WF	97,0 m²



Referenzgebäude

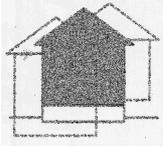
2 Varianten: Flachdach

RMH-FD, EG/OG

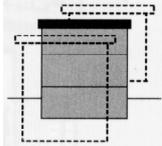
	BGF	127,0 m²
	BRI	370,0 m³
	WF	97,0 m²

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

RMH-SD, EG/OG/DG

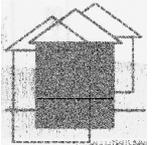
	BGF	190,0 m ²
	BRI	465,0 m ³
	WF	126,0 m ²

RMH-FD, KG/EG/OG

	BGF	190,0 m ²
	BRI	532,0 m ³
	WF	97,0 m ²

RMH-SD, KG/EG/OG/

DG nicht ausgebaut

	BGF	254,0 m ²
	BRI	627,0 m ³
	WF	97,0 m ²

RMH-SD, KG/EG/OG/DG

	BGF	254,0 m ²
	BRI	627,0 m ³
	WF	126,0 m ²

Abb. 7-7: Reihemittelhaus RMH - LEGEP

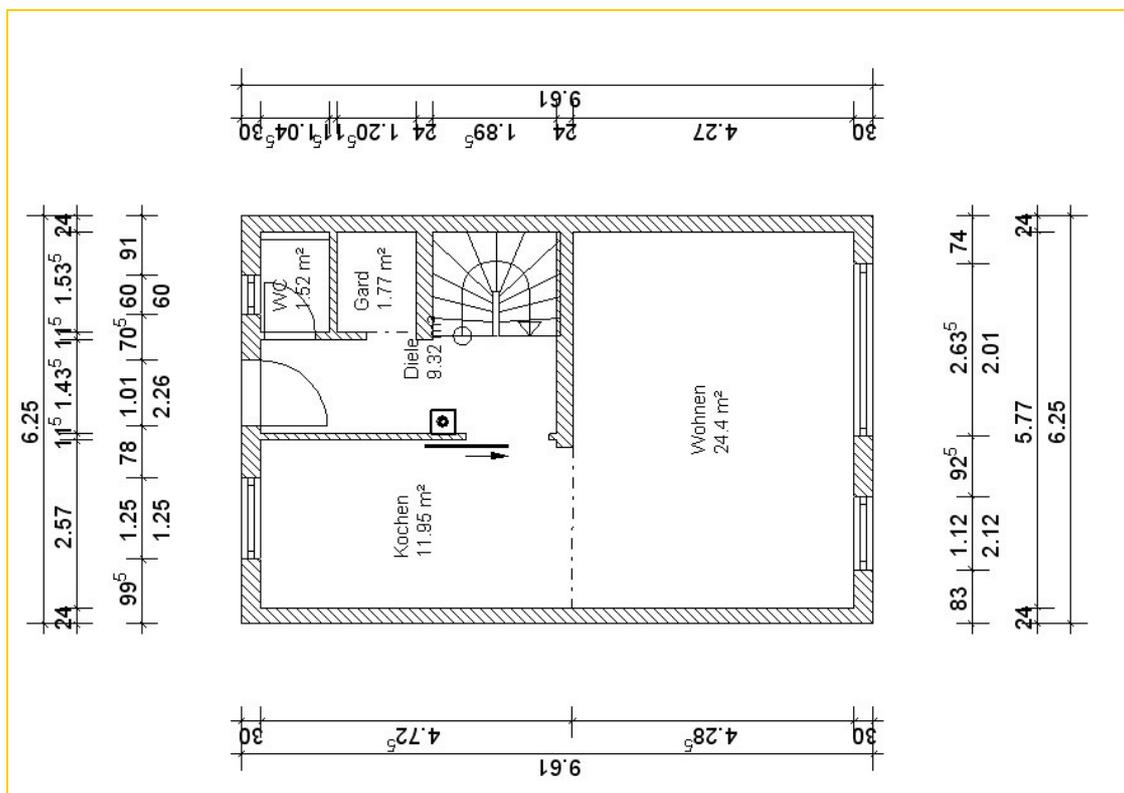


Abb. 7-8: Grundriss Reihemittelhaus EG

7.2.8 Vergleichsgebäude Reihenhäuser (BKI)

Mittlerer Standard:

Bei der Auswahl „Reihenhäuser, mittlerer Standard“ werden folgende 9 Gebäude als Vergleichsobjekte in der Kostengruppe 300 angeboten:

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

-Objektnr.	Objektbezeichnung	Land	Menge	Einheit	KKW [€]	Kosten [€]
6100-534	Reihenhaus	BW	261,560	BGF	630,56	164.930,29
6100-533	Reihenhäuser (3 WE)	BW	803,880	BGF	504,23	405.341,95
6100-248	Zweifamilienhaus	RP	355,386	BGF	474,00	168.452,74
6100-176	Einfamilienreihenhaus (3 WE)	NW	456,000	BGF	906,56	413.391,69
6100-163	2 Reihenhäuser (je 4WE)	BW	2.020,000	BGF	613,01	1.238.271,48
6100-152	Reihenhaus; ELW (2 WE)	NI	237,000	BGF	594,03	140.785,53
6100-145	Reihenhaus; ELW (2 WE)	NI	275,000	BGF	682,27	187.624,30
6100-121	Einfamilienreihenhäuser (8 WE)	NW	1.781,000	BGF	690,62	1.229.996,35
6100-084	8 Reihenhäuser; Übergangswohnheim	NW	1.670,440	BGF	465,07	776.864,83
Anpassungsfaktor: 1,000			min/mittel/max		465,07	617,81
					906,56	

Tabelle 7-6: Gebäudeliste Reihennittelhaus, mittlerer Standard

Bezogen auf die Brutto-Grundfläche (BGF) ergeben sich nebenstehende statistische Planungskennzahlen:

Grundflächen	min	Fläche/BGF (%)	max
NF Nutzfläche	63,3	70,6	78,5
FF Technische Funktionsfläche	2,2	3,8	6,3
VF Verkehrsfläche	5,1	11,1	14,4
NGF Netto-Grundfläche	81,9	84,9	90,3
KGF Konstruktions-Grundfläche	9,7	15,1	18,1
BGF Brutto-Grundfläche	100,0	100,0	100,0
Brutto-Rauminhalt	min	BRI/BGF (m)	max
BRI Brutto-Rauminhalt	2,6	3,0	4,5
Luftechnisch behandelte Flächen	min	Fläche/BGF (m)	max
BF Bebaute Fläche	25,6	46,5	100,2
Kostengruppen 2.Ebene	min	Menge/BGF	max
310 Baugrube	10,8	45,7	65,6
320 Gründung	27,4	35,0	49,4
330 Außenwände	28,7	63,9	89,8
340 Innenwände	60,5	103,0	129,4
350 Decken	36,0	61,5	72,3
360 Dächer	29,9	45,3	59,9

Tabelle 7-7: Gebäudeliste Reihennittelhaus mittel, Kennzahlen

Die Objektdatenbank des BKI weist in dieser Kategorie Reihenhäuser mit einfachem und mittlerem Standard aus. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die Mengen auf 1 Wohneinheit normiert. Es standen insgesamt 25 Gebäude als Stichproben zur Verfügung.

Werte für	BGF	BRI	NF
1 Reihennittelhaus	[m ²]	[m ³]	[m ²]
Minimum BKI	110,00	344,00	86,42
Mittelwert BKI	222,17	633,83	157,76
Maximum BKI	317,50	819,00	216,00

Tabelle 7-8: statistische Werte für Reihenhäuser (BKI), normiert auf eine Wohneinheit (Scheibe)

7.2.9 Ergebnis Reihennittelhaus

Den Vergleich des Typvertretergebäudes mit Varianten (RMH) mit obigen Werten zeigt die nachfolgende Abbildung.

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

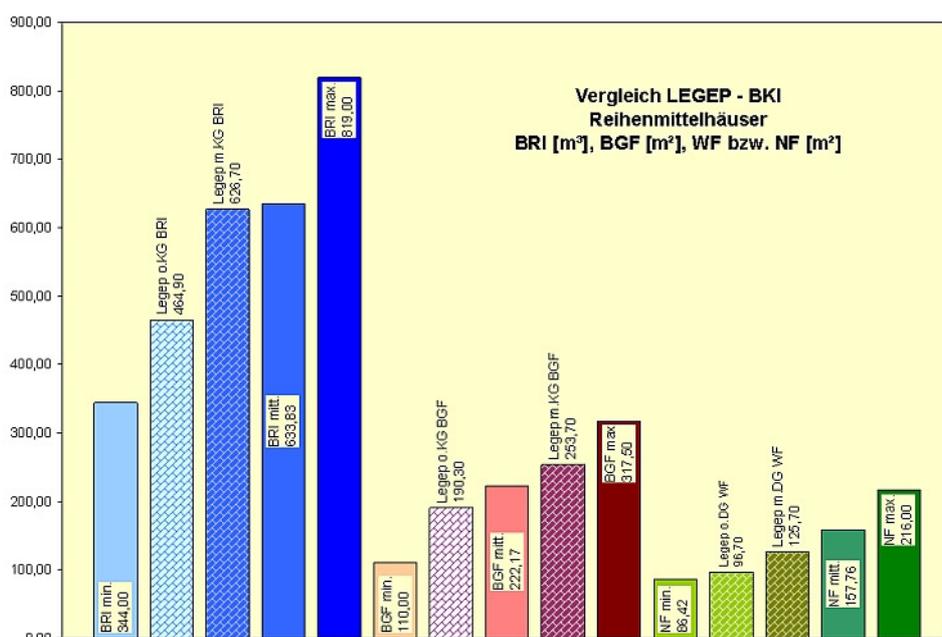


Abb. 7-9 Vergleich der Größen BRI, BGF und WF/NF der Reihenmittelhäuser

Verglichen werden Gebäude mit und ohne Kellergeschoß sowie mit und ohne ausgebautem Dachgeschoß im Verhältnis zu Mittelwert, Minimum und Maximum vergleichbarer BKI-Häuser

Beim Typvertreter Reihenmittelhaus mit Keller entspricht der Wert BRI (626,7) fast dem Mittelwert der BKI-Objekte (633,8), dasjenige ohne Keller liegt mit 465 m³ zwischen Minimum und Mittelwert. Bei der Bruttogeschossfläche sind die Verhältnisse ähnlich wie beim Doppelhaus, RMH o.KG zwischen Minimum und Mittelwert, RMH mit Kellergeschoß zwischen Mittelwert und Maximum. Bei der Wohnfläche liegen beide Varianten des Typvertreter RMH zwischen Minimum und Mittelwert der Nutzfläche der BKI-Objekte, dasjenige ohne Dachgeschoß mehr zum Minimum und mit ausgebautem Dach mehr beim Mittelwert.

Die Häufigkeitsverteilung der Nutzfläche ist annähernd symmetrisch und entspricht einer Normalverteilung. Damit ist der Mittelwert von 158 m² auch als repräsentativ anzusehen. Die Wohnflächen des Typvertreter Reihenmittelhaus sind unterrepräsentiert wegen des Berechnungsverfahrens. Die Wohnfläche von 97 m² (RMH ohne Dachgeschoß) liegt in der zweituntersten Klasse, die mit ausgebautem Dachgeschoß (WF=126 m²) findet sich in der unteren zweithäufigsten Klasse wieder.

Der Typvertreter RMH mit Keller- und Dachgeschoß ist mit seinem Mengengerüst somit als repräsentativ zu betrachten, die Varianten ohne Keller und ohne ausgebautes Dachgeschoß sind mit ihren Werten unterrepräsentiert, befinden sich aber im Rahmen der Schwankungsbreite von Vergleichsgebäuden.

7.3 Mengengerüst Bauteile

Eine weitere Prüfung der Plausibilität des Typvertreter kann über den Vergleich der Mengengerüste der Bauteile durchgeführt werden. Dafür wurde die Bandbreite der Mengengerüste der Reihenmittelhäuser nach BKI ermittelt und mit dem Bauteilmengengerüst des Typvertreter verglichen. Dabei wird der prozentuale Anteil des Bauteils an der Bruttogrundfläche (BGF) dargestellt.

7.3.1 Mengengerüst Einfamilienhaus

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

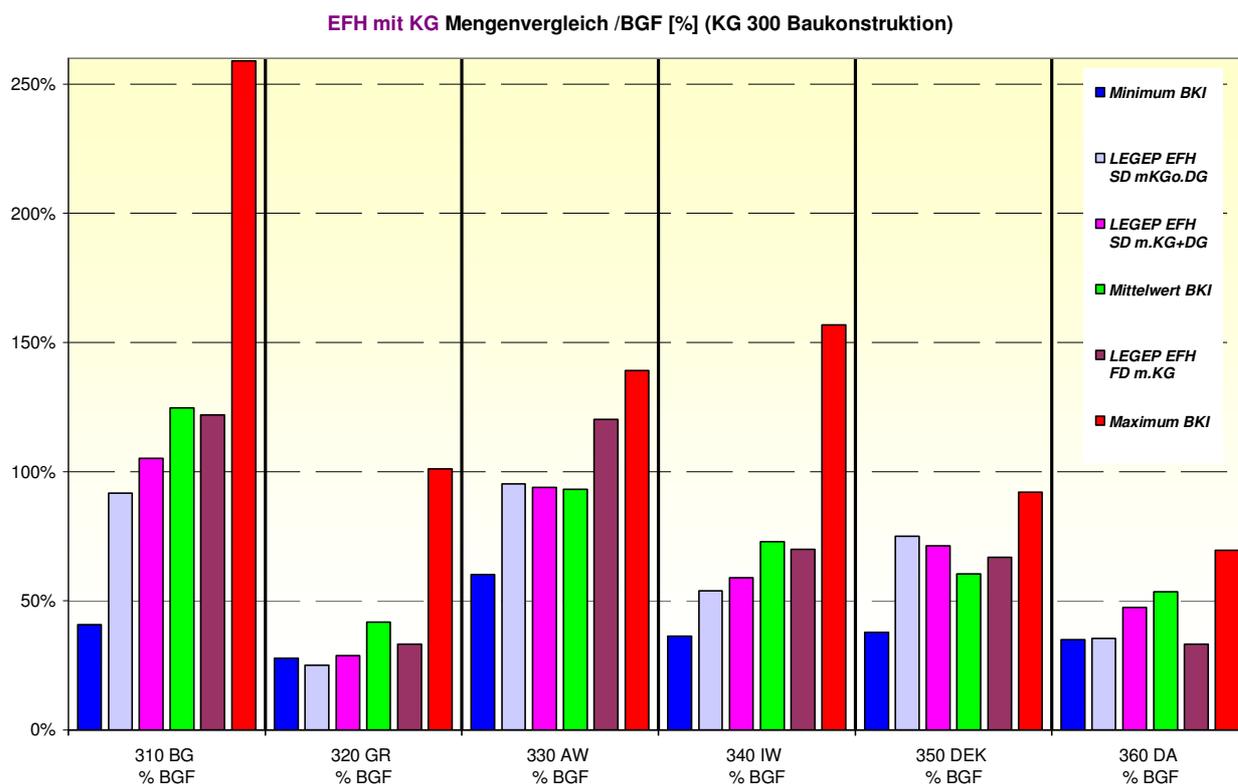


Abb. 7-10: Mengengerüst Bauteile Typvertreter Einfamilienhaus – BKI

Die Abbildung 7-10 zeigt deutlich, dass sich die Bauteile des Typvertreter für die Kostengruppen 320 – 360 in der Nähe zu dem Durchschnittswert nach BKI (grüne Säule) gruppieren.

7.3.2 Mengengerüst Doppelhaus

Die Abbildung 7-11 zeigt ebenfalls, dass sich die Bauteile des Typvertreter für die Kostengruppen 320 – 360 in der Nähe zu dem Durchschnittswert nach BKI (grüne Säule) gruppieren. Auch die Abstufung der Bauteile je nach Ausführung des Typvertreter ohne und mit Keller oder ohne und mit ausgebautem Dachgeschoß ist nachvollziehbar.

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

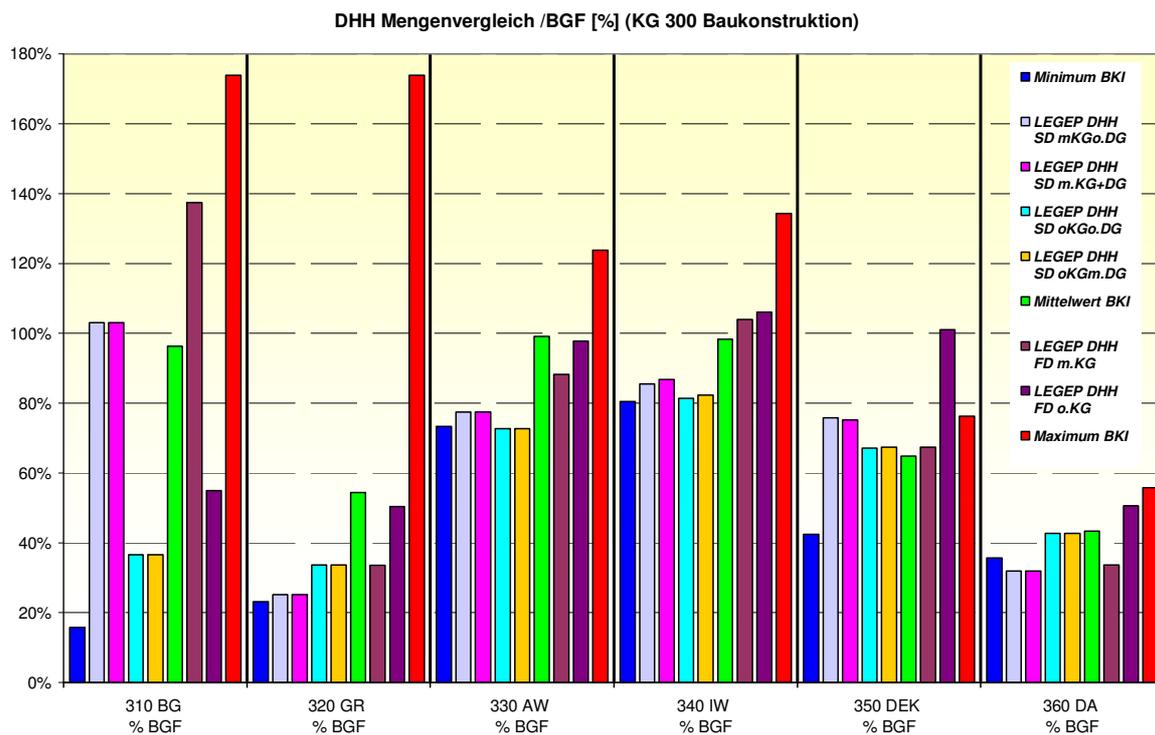


Abb. 7-11: Mengengerüst Bauteile Typvertreter Doppelhaus – BKI

7.3.3 Mengengerüst Reihenmittelhaus

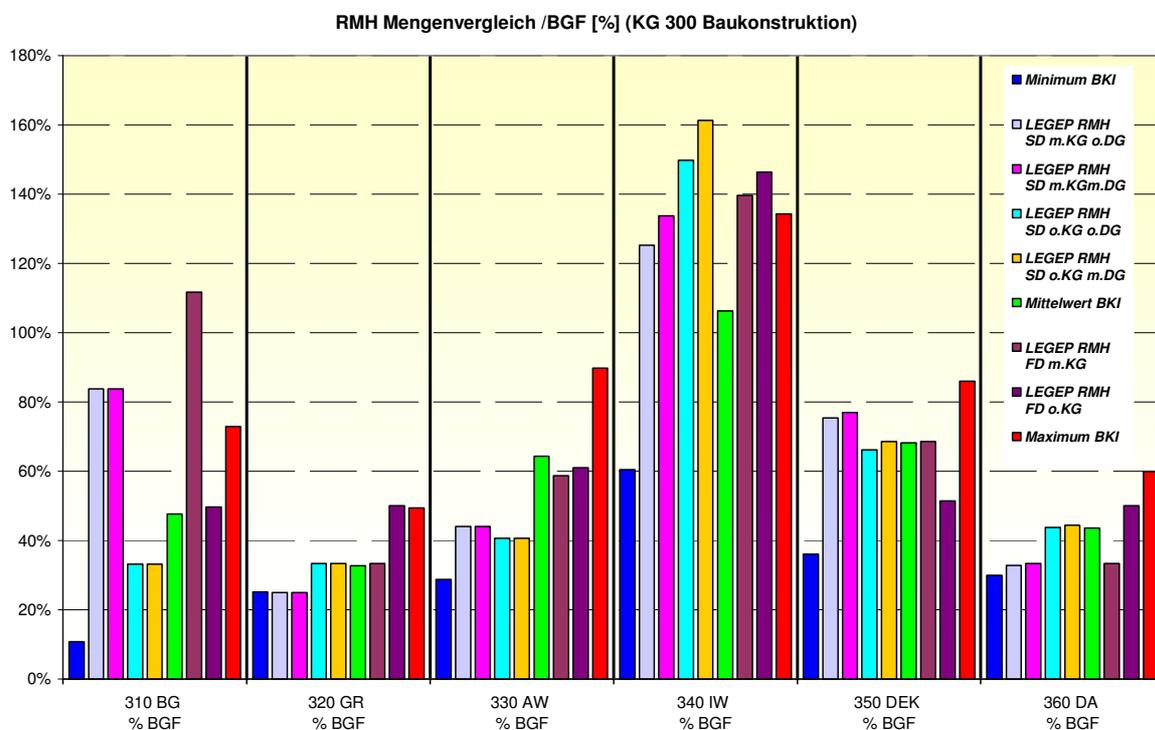


Abb. 7-12: Mengengerüst Bauteile Typvertreter Reihenmittelhaus – BKI

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

Die Abbildung 7-12 für die Bauteile der Kostengruppen 320-Gründung, KGR 330 – Außenwand KGR 350 Decke, KGR 360 – Dach liegen die Werte der Typvertreter im Mittelbereich. Nur bei der KGR 340 – Innenwände weisen die Typvertreter höhere Werte auf.

7.4 Typvertreter Mehrfamilienhaus

Als Datenbasis für die Ermittlung von durchschnittlichen Qualitäten von Wohngebäuden werden zwei Gebäudekataloge mit Dokumentationen in die Auswahlüberlegungen miteinbezogen:

- BKI-Gebäudekatalog mit ca. 110 Objekten ^[BKI2005]
- Mittag Gebäudekatalog mit ca. 60 Objekten ^[MITTAG03]

In der Mittagdatei werden Indexhäuser des statistischen Bundesamtes aufgeführt, die zur Datensammlung des Normalherstellungskostenkatalogs ^[NHK2000] gehörten. Zusätzlich wurde in Besprechungen mit Schlüsselpersonen versucht typologische und bauartspezifische Aspekte des *State of the Art* zu ermitteln.

Zur Berechnung der vollständigen Aufwendungen während des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes werden Mehrfamilien-Wohngebäude modelliert, die den wesentlichen Anforderungen des obigen Kataloges entsprechen. Die Annahmen zur Gebäudemodellierung sollen repräsentativ die Allgemeinheit der entsprechenden Gebäudetypen in Deutschland abbilden.

In einem ersten Schritt werden die Flächen und Kubaturen der Typvertretergebäude mit entsprechenden Gebäuden, die in der Objektdatenbank des Baukosteninformationsdienstes Deutscher Architektenkammern (BKI), KOSTENplaner Version 10 mit Baukostendatenbank 2007/2008 enthalten sind, verglichen.

Die Mengengerüste der Mehrfamilienhaus-Grundtypen mit entsprechenden Varianten werden in den folgenden Kapiteln dargestellt.

7.4.1 Vergleichsgebäude Mehrfamilienhäuser (BKI)

Die Objektdatenbank des BKI weist in dieser Kategorie Mehrfamilienhäuser (mehr als 6 WE) mit einfachem und mittlerem Standard aus. Hier wurde nur das Objekt 6100-058 (Wohnanlage mit 16 Reihenhäusern und 21 Eigentumswohnungen und TG.) nicht in der statistischen Auswertung berücksichtigt, damit standen 64 Gebäude als Stichproben zur Verfügung. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die Mengen einmal auf 10 Wohneinheit normiert, dann die absoluten Mengen jeweils auf die Bruttogeschosßfläche bezogen. Beim Bezug auf die BGF entfällt dabei der Vergleich der BGF, der dann immer 1 ist.

MFH normiert auf 10 WE!	BGF	BRI	NF	bezogen auf BGF	BRI	NF
	[m ²]	[m ³]	[m ²]		/BGF	/BGF
Minimum BKI	666,00	2271,41	559,57		2,247	0,583
Mittelwert BKI	1215,39	3492,42	855,12		2,901	0,715
Maximum BKI	1600,50	4480,63	1147,73		4,069	0,850

Tabelle 7-9: statistische Werte für Mehrfamilienhäuser (BKI), normiert auf 10 Wohneinheiten, bzw. pro BGF

Da die LEGEP Mehrfamilienhäuser 12 bzw. 33 Wohneinheiten haben, wurden für diesen Vergleich nur die BKI-Mehrfamilienhäuser mit mehr als 6 WE berücksichtigt:

Mittlerer Standard:

Bei der Auswahl „Mehrfamilienhäuser mit mehr als 6 WE, mittlerer Standard“ werden folgende 31 Gebäude als Vergleichsobjekte in der Kostengruppe 300 angeboten:

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

[1] Datenbankabfrage: 31 Objekte zu KG 300 gefunden							
Kostengruppen							
-Objektnr.	Objektbezeichnung	Land	Menge	Einheit	KKW [€]	Kosten [€]	% an KG
6100-626	Mehr Generationen Wohnanlage (30WE)	TH	3.175,300	BGF	708,76	2.250.516,03	
6100-582	Mehrfamilienhaus (10 WE), Baulücke	HH	1.588,360	BGF	650,27	1.032.870,27	
6100-573	Mehrfamilienhaus (7 WE), TG	BY	1.311,040	BGF	543,54	712.605,55	
6100-561	Mehrfamilienhaus (11 WE)	BW	1.275,680	BGF	530,22	676.385,07	
6100-515	Wohnanlage (16WE); TG 17P	BW	2.350,400	BGF	546,96	1.285.573,18	
6100-371	Mehrfamilienhäuser (32 WE)	NW	4.367,000	BGF	482,49	2.107.050,13	
6100-355	Mehrfamilienhäuser (12 WE)	NW	1.544,000	BGF	579,42	894.629,11	
6100-353	Mehrfamilienhaus (45 WE); TG 82 P	TH	5.028,000	BGF	540,30	2.716.648,93	
6100-266	Mehrfamilienhaus (11 WE)	BW	1.616,470	BGF	495,41	800.820,68	
6100-251	Mehrfamilienhäuser	RP	1.535,000	BGF	479,72	736.362,54	
6100-243	Wohnanlage (63 WE); 56 P	SH	6.509,910	BGF	557,47	3.629.111,53	
6100-239	Mehrfamilienhaus (18 WE)	BW	2.148,480	BGF	576,98	1.239.636,98	
6100-229	Mehrfamilienhaus (12 WE)	RP	1.033,120	BGF	591,99	611.600,72	
6100-217	Mehrfamilienhaus (6 WE); TG	HE	1.006,510	BGF	535,25	538.735,91	
6100-200	Mehrfamilienhaus (7 WE)	NI	752,200	BGF	627,35	471.889,51	
6100-196	Mehrfamilienhaus (48 WE)	NW	4.460,000	BGF	845,27	3.769.899,69	
6100-195	Mehrfamilienhaus (66 WE)	NW	5.875,000	BGF	668,63	3.928.174,49	
6100-191	Mehrfamilienhaus (20 WE)	SH	1.332,000	BGF	607,14	808.705,32	
6100-182	Mehrfamilienhaus (120 WE)	NW	14.300,000	BGF	539,92	7.720.922,06	
6100-177	Mehrfamilienhaus (24 WE)	SH	2.578,000	BGF	532,87	1.373.732,17	
6100-162	Wohnanlage (49 WE); TG (37 P)	SN	6.839,040	BGF	698,80	4.779.095,96	
6100-161	Mehrfamilienhaus (9 WE); TG	SN	1.752,700	BGF	657,10	1.151.703,72	
6100-154	Mehrfamilienhaus	NI	1.642,000	BGF	646,40	1.061.389,89	
6100-127	Mehrfamilienhaus (30 WE)	NW	3.153,000	BGF	542,43	1.710.287,09	
6100-126	Mehrfamilienhaus (18 WE)	NW	1.898,000	BGF	683,93	1.298.100,70	
6100-108	Wohngebäude (28 WE); Garage (28 P)	NW	3.584,000	BGF	484,30	1.735.719,46	
6100-105	Mehrfam.Haus (14 WE); TG (14 P)	NW	1.785,000	BGF	505,73	902.729,26	
6100-089	Wohnanlage (15 WE); TG (10 P)	BY	2.304,780	BGF	489,11	1.127.279,81	
6100-086	Wohnanlage (45 WE); TG (22 P)	BE	7.202,230	BGF	761,81	5.486.726,07	
6100-070	Wohnanlage (59 WE)	BY	8.979,000	BGF	529,71	4.756.253,32	
6100-058	Wohnanlage (16 RH; 21 ETW); TG	BY	7.782,000	BGF	548,74	4.270.278,42	
Anpassungsfaktor: 1,000			min/mittel/max		479,72	586,71	845,27

Tabelle 7-10: Gebäudeliste Mehrfamilienhaus mittlerer Standard

Bezogen auf die Brutto-Grundfläche (BGF) ergeben sich nebenstehende statistische Planungskennzahlen:

Grundflächen	min	Fläche/BGF (%)	max
NF Nutzfläche	58,3	72,0	85,0
FF Technische Funktionsfläche	0,5	1,8	14,8
VF Verkehrsfläche	1,2	12,2	32,3
NGF Netto-Grundfläche	72,0	85,2	92,4
KGF Konstruktions-Grundfläche	7,6	14,8	28,0
BGF Brutto-Grundfläche	100,0	100,0	100,0
Brutto-Rauminhalt	min	BRI/BGF (m)	max
BRI Brutto-Rauminhalt	2,2	2,9	4,1
Lufttechnisch behandelte Flächen	min	Fläche/BGF (m)	max
BF Bebaute Fläche	11,5	28,0	77,7
BEF Be- und Entlüftete Fläche	49,6	49,6	49,6
Kostengruppen 2.Ebene	min	Menge/BGF	max
310 Baugrube	31,1	106,0	276,5
320 Gründung	12,7	25,7	39,0
330 Außenwände	45,4	69,2	105,0
340 Innenwände	54,3	93,5	130,3
350 Decken	61,0	72,6	87,4
360 Dächer	20,0	32,2	40,6

Tabelle 7-11: Gebäudeliste Mehrfamilienhaus mittel, Kennzahlen

7.4.2 Typvertreter Mehrfamilienhaus MFH

Für die weitere Untersuchung werden als Typvertreter zwei unterschiedliche Gebäude modelliert, die bezüglich der Größe (BRI, BGF, NF und WF) mit der Gebäudesammlung des

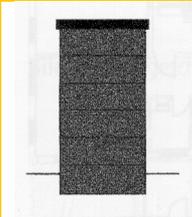
Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

Baukosteninformationsdienstes verglichen werden. Ziel ist die Prüfung dieser Gebäude auf durchschnittliche Repräsentanz.



Typvertretergebäude

MFH-FD, KG+TG/EG/4OG

	BRI	4936,0 m ²
	BGF	1.645,0 m ³
	WF	894,0 m ²

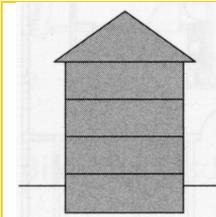
Punkthaus mit Flachdach: typisches innerstädtisches Mehrfamilienhaus mit Büroräumen im Erdgeschoss sowie einer Tiefgarage. (Quelle: Rendering Entwurf Schilling, Berlin)

Abb. 7-13: Punkthaus, eingebaut Block 4+D



Typvertretergebäude

MFH-SD, KG/EG/2OG/DG

	BGF	2.897,0 m ³
	BRI	8.608,0 m ³
	WF	1.661,0 m ²

Mehrfamilienhaus: Zwei-Spänner gereiht mit versetztem Giebeldach, Keller (Quelle: Rendering Entwurf Brenne/Eble, Berlin)

Abb. 7-14: Zweispänner, gereiht Zeile 3+D

7.4.3 Ergebnis Mehrfamilienhaus

Den Vergleich der Typvertreter-Referenzgebäude mit Flachdach und Steildach (mit unterschiedlicher Konstruktion und Ausstattung) mit obigen Werten zeigt die nachfolgende Abbildung 7-13.

Dargestellt werden Gebäude mit Flachdach und Steildach im Verhältnis zu Mittelwert, Minimum und Maximum vergleichbarer BKI-Häuser. Beim Typvertreter-Mehrfamilienhaus mit Flachdach entspricht der Wert BRI (3526 m³) fast dem Mittelwert der BKI-Objekte (3492 m³), dasjenige mit Steildach liegt mit 2608,5 m³ zwischen Minimum und Mittelwert. Bei der Bruttogeschoßfläche sind die Verhältnisse ähnlich. Bei der Wohnfläche liegt der Typvertreter MFH FD zwischen Minimum und Mittelwert der Nutzfläche der BKI-Objekte, dasjenige mit Steildach unterhalb des Minimums. Ursache sind die unterschiedlichen Berechnungsverfahren (WF/NF).

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

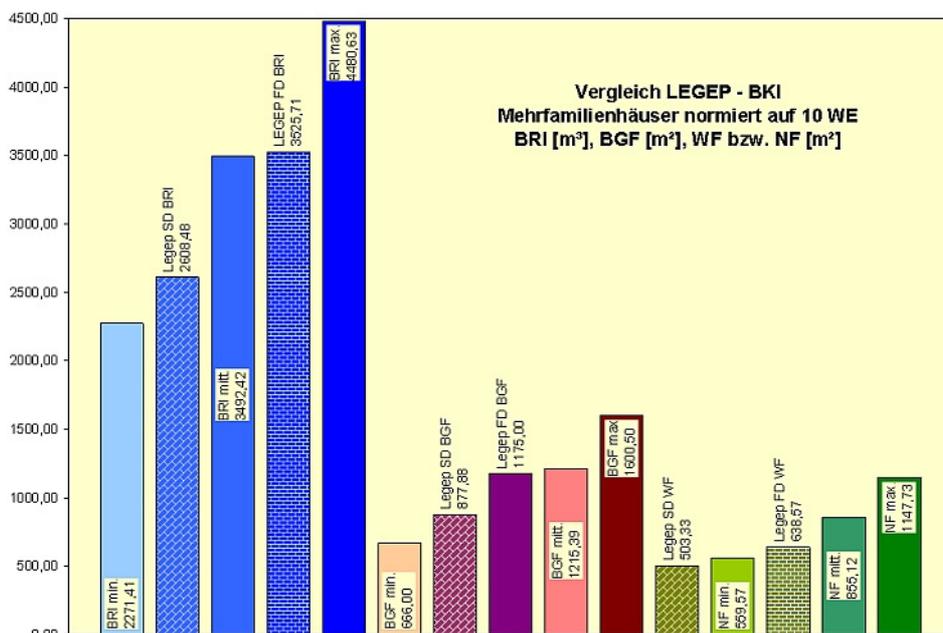


Abb. 7-15: Vergleich der auf 10 WE normierten Größen BRI, BGF und WF/NF der Mehrfamilienhäuser

Die Plausibilitätsprüfung der Typvertreter „Wohngebäude“ durch die Daten der BKI-Dokumentation führte zu einem positiven Ergebnis. Weitere Differenzierungen wurden für den Gebäudetyp „Mehrfamilienhaus“ durchgeführt. Diese werden im folgenden Kapitel vorgestellt.

7.4.4 Typvertreter Mehrfamilienhaus Ergänzung

Diese beiden Basistypen werden ergänzt mit weiteren Typvertretergebäuden, die die Systematik der Gebäudetypologie in Tabelle 7-6 erfüllen. Es wird zusätzlich der Laubengangtyp und das Punkthaus ergänzt und die Gebäudegröße variiert.



Typvertretergebäude

MFH-FD, KG/EG/2OG

	BGF	1514 m²
	BRI	4227 m³
	WF	942 m²

Mehrfamilienhaus: Laubengangtyp mit Flachdach, Keller, Maisonettewohnungen (Quelle: König, Architekt Lichtblau München)

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

Abb. 7-16: Laubengangtyp, 3 Geschosse



Mehrfamilienhaus: Laubengangtyp mit Flachdach, Keller (Quelle: Rendering Architekt Kober, Kassel)

Typvertretergebäude
MFH-FD, KG/EG/3OG

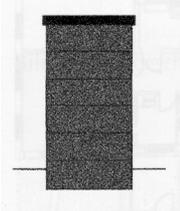
	BGF	2538 m ²
	BRI	8314 m ³
	WF	1884 m ²

Abb. 7-17: Laubengangtyp, 4 Geschosse



Mehrfamilienhaus: Zwei-Spänner mit ausgebautem Giebeldach, Keller (Quelle: Architekt König, Gröbenzell)

Typvertretergebäude
MFH-SD, KG/EG/2OG/DG

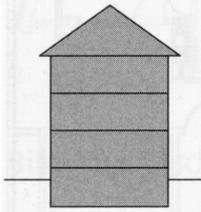
	BGF	902 m ²
	BRI	2439 m ³
	WF	638 m ²

Abb. 7-18: Zweispänner, 3+D

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden



Typvertretergebäude
MFH-SD, KG/EG/3OG

	BGF	5154 m ²
	BRI	14344 m ³
	WF	2790 m ²

Mehrfamilienhaus: Zwei-Spänner Steildach nicht ausgebaut, Keller (Quelle: GWG, Architekt Bauer München)

Abb. 7-19: Zweispänner, 4 Geschosse



Typvertretergebäude
MFH-SD, KG/EG/3OG

	BGF	1580 m ²
	BRI	4686 m ³
	WF	939 m ²

Mehrfamilienhaus: Punkthaus frei stehend Flachdach, Keller (Quelle NUWOG, Ulm)

Abb. 7-20: Punkthaus, frei stehend, 6 Geschosse

7.5 Gebäudekonstruktionen und Ausstattungen

Der Bausektor ist gekennzeichnet durch eine sehr große Fülle von Bauprodukten und daraus resultierenden Konstruktionsarten und technischen Lösungen. Andererseits wird der Einfluss der Materialwahl auf die Kosten in der Regel überschätzt. Einen weit größeren Einfluss auf die objektspezifischen Baukosten hat der Ausstattungsstandard. Dokumentiert werden prinzipielle Lösungen in materialspezifischer und technischer Hinsicht. Die Bauteile und technischen Anlagen werden in drei verschiedenen Ausstattungsstandards variiert. Konstruktionstypen für die Baukonstruktion

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

Die Auswahl der Konstruktionstypen und technischen Lösungen erfolgt nach Marktbedeutung. Der gewählte Materialeinsatz für die Außenwand wird für alle Bauteile im Gebäude übernommen. Dies entspricht zwar nicht der Realität des Baualltags, da dort vorzugsweise Mischkonstruktionen anzutreffen sind. Die gewählte Methodik erlaubt aber dadurch Kostenvergleiche von Systemhäusern, die bei realen Projekten nicht durchführbar sind.

7.5.1 Konstruktionstypen

Derzeit sind folgende Konstruktionstypen für Massivbauweisen erfasst:

- Ziegelmauerwerk (MZ)
- Kalksandstein (KS)
- Porenbeton (PP)
- Beton (BN)

Für Holzbauweisen:

- Holzrahmenkonstruktion (HR)
- Brettstapelkonstruktion (BS)
- Stegträgerkonstruktion (TJI)

Die Konstruktionstypen sind entsprechend der folgenden Auflistung modelliert:

Massivbauweisen

Beton (BN)	
	Gründungskonstruktion aus Stahlbeton Kelleraußenwände aus Stahlbeton Außenwände mit Stahlbeton mit WDVS Innenwände, tragend und nicht tragend, aus Stahlbeton Innentrennwand in Stahlbeton Decken mit Filigrandecke Flachdach als massive Dachkonstruktion Filigrandecken Steildach mit Holzdachstuhl
Ziegelhaus (MZ)	
	Gründungskonstruktion aus Stahlbeton Kelleraußenwände aus Ziegelmauerwerk Außenwände in Ziegelmauerwerk mit Planziegelmauerwerk Innenwände, tragend und nicht tragend mit Ziegelmauerwerk Innentrennwand mit Ziegelmauerwerk Decken mit Ziegelementen Flachdach als massive Dachkonstruktion mit Ziegelementen Steildach mit Holzdachstuhl
Kalksandstein (KS)	

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

	<p>Gründungskonstruktion aus Stahlbeton Kelleraußenwände aus Kalksandsteinmauerwerk Außenwände mit Kalksandsteinmauerwerk mit WDVS. Innenwände, tragend und nicht tragend, in Kalksandsteinmauerwerk Innentrennwand in Kalksandsteinmauerwerk Decken mit Filigrandecke Flachdach als massive Dachkonstruktion mit Filigrandecken Steildach mit Holzdachstuhl</p>
Porenbeton (PP)	<p>Gründungskonstruktion aus Stahlbeton Kelleraußenwände aus Porenbetonmauerwerk Außenwände in Porenbetonmauerwerk Innenwände, tragend und nicht tragend, in Porenbetonmauerwerk Innentrennwand in Porenbetonmauerwerk Decken mit Porenbetonelementdecke Flachdach als massive Dachkonstruktion mit Porenbetonelementdecke Steildach mit Holzdachstuhl</p>

Tabelle 7-12: Ausführungsvarianten Massivbauweise

Holzbauweisen

Holzrahmen (HR)	<p>Gründungskonstruktion aus Stahlbeton Kelleraußenwände aus Stahlbeton Außenwände aus Holzrahmenwand mit Bekleidungen Innenwände in Ständerbauweise und tragenden Stützen. Innentrennwände in Holzrahmenkonstruktion mit Bekleidungen Decken als Holzdecken Steil- und Flachdachkonstruktion aus Holz</p>
Brettstapelkonstruktion (BS)	<p>Gründungskonstruktion aus Stahlbeton Kelleraußenwände aus Stahlbeton Außenwände mit Brettstapelkonstruktion, ggf. mit Bekleidung. Innenwände mit Brettstapelkonstruktion, ggf. mit Bekleidung Decken mit Brettstapelkonstruktion Steil- und Flachdach mit Brettstapelkonstruktion</p>
Stegträgerkonstruktion (TJI)	<p>Gründungskonstruktion aus Stahlbeton Kelleraußenwände aus Stahlbeton Außenwände als Stegträgerkonstruktion, ggf. mit Bekleidung Innenwände als Stegträgerkonstruktion, ggf. mit Bekleidung Decken mit Stegträgerkonstruktion Steil- und Flachdach mit Stegträgerkonstruktion</p>

Tabelle 7-13: Ausführungsvarianten Holzbauweise

7.5.2 Ausstattungsstandards Baukonstruktion

Die Konstruktionstypen und technischen Anlagen werden in verschiedenen Ausstattungsstandards (niedrig – mittel – hoch) variiert. In der Gebäudetechnik wird darüber hinaus die Ausstattung nochmals für besondere Ausstattungen differenziert. Die Auswahl der Konstruktions- und Ausstattungsstandards orientieren sich an zeitgemäßen Ausführungen auf der Basis von Normen und der Projektierung aktueller Gebäude. Die folgende Auflistung stellt ein Grundschemata dar. Die Details entnehmen Sie bitte den entsprechenden Zusammenstellungen der Gebäude mit seinen Elementen.

niedrige Ausstattung

- Gründungsbelag als Nutzestrich mit Beschichtung
- bzw. bei ebenerdiger Gründung mit Belag entsprechenden Decken
- Kelleraußenwand mit Abdichtung und Putz mit Beschichtung
- Öffnungen in Kelleraußenwand mit Stahlfenstern und Kunststofflichtschacht
- Außenwände mit beidseitigem Putz mit Beschichtung
- Öffnungen in Außenwänden mit Kunststofffenstern und Isolierverglasung
- Innenwände mit beidseitigem Putz mit Beschichtung sowie Fliesen
- Innentüren mit Holztüren und Kunststoffbeschichtung
- Decken mit Bodenbelägen aus Fliesen, Laminatbelag sowie Kunststofftextilbelag
- Treppe aus Beton mit Fliesenbelag, Stahlgeländer und Buchehandlauf
- Dachbelag für Flachdächer mit Blechdeckung
- Dachbekleidung für Steildach mit Flachdachpannendeckung
- Dachöffnung mit Dachausstieg

mittlere Ausstattung

- Gründungsbelag als schwimmender Estrich mit Textilbelag
- bzw. bei ebenerdiger Gründung mit Belag entsprechenden Decken
- Kelleraußenwand mit Abdichtung, Wärmedämmung und Putz mit Beschichtung
- Öffnungen in Kelleraußenwand mit Stahlfenstern und Kunststofflichtschacht
- Außenwände mit beidseitigem Putz mit Beschichtung
- Öffnungen in Außenwänden mit Holzfenstern und Isolierverglasung
- Innenwände mit beidseitigem Putz mit Beschichtung sowie Fliesen
- Innentüren aus Holztürblatt, gewachst
- Decken mit Bodenbelag aus Fliesen, Parkett und Naturtextilbelag
- Treppe aus Beton mit Marmorbelag, Geländer mit Lochblechfüllung und Buchehandlauf
- Dachbelag für Flachdächer mit Abdichtung und Kies
- Dachbekleidung für Steildach mit Biberschwanzdeckung
- Dachöffnungen mit Dachflächenfenstern

hohe Ausstattung

- Gründungsbelag als Heizestrich, bewehrt mit Cottofliesen
- bzw. bei ebenerdiger Gründung mit Belag entsprechenden Decken
- Kelleraußenwand mit Abdichtung, Schaumglas-Wärmedämmung und Putz mit Beschichtung
- Öffnungen in Kelleraußenwand mit Holzfenstern und Betonlichtschacht
- Außenwände mit beidseitigem Putz mit Beschichtung
- Öffnungen in Außenwänden mit Holz-Alu-Fenstern und Isolierverglasung
- Innenwände mit beidseitigem Putz mit Beschichtung sowie Fliesen
- Innentüren aus hochwertigem Holztürblatt und Beschlägen
- Decken mit Bodenbelag aus Cottofliesen, Holzdielenbelag und Schurwolletextilbelag
- Treppe aus Beton mit Werksteinbelag, Stahlgeländer mit Rundstäben und Stahlhandlauf
- Dachbelag für Flachdächer mit Abdichtung und Begrünung
- Dachbekleidung für Steildach mit Biberschwanzdeckung
- Dachöffnungen mit Dachgauben

7.5.3 Ausstattungsstandards Technische Anlagen

niedrige Ausstattung

- Sanitärausstattung, weiß, mit Kunststoffrohranteil
- Gasheizkessel und Flachheizkörper
- Lüftung in Küche und Bad
- Elektroinstallation mit Ausstattungswert 1*

mittlere Ausstattung

- Sanitärausstattung, farbig, mit Kunststoffrohranteil
- Gasheizkessel und Flachheizkörper
- Lüftung in Küche und Bad
- Elektroinstallation mit Ausstattungswert 2**

hohe Ausstattung

- Sanitärausstattung, farbig, mit Metallrohranteil
- Gasheizkessel und Flachheizkörper
- Lüftung in Küche und Bad
- Elektroinstallation mit Ausstattungswert 3***

7.5.4 Annahmen für die Berechnung nach EnEV 2009

Für die Berechnung des Wärmebedarfs werden durch die EnEV 2009 bestimmte Annahmen für das Referenzgebäude getroffen, die in der folgenden Tabelle aufgelistet werden. Der zweite Teil der Tabelle beschreibt für die Gebäude, die sehr niedrige Bedarfswerte erreichen sollen, die möglichen U-Werte der Hüllflächen und die Anlagenkonzepte.

U-Werte des Referenzgebäudes für Bauteile und Anlagenkonzeption

GRENZWERTKONZEPT

Bauteil	Eigenschaft	Wert
Außenwand	Wärmedurchgangskoeffizient	0,28
Geschoßdecke gegen Außenluft	Wärmedurchgangskoeffizient	0,28
Außenwand gegen Erdreich	Wärmedurchgangskoeffizient	0,35
Bodenplatte	Wärmedurchgangskoeffizient	0,35
Wände und Decken zu unbeheizten Räumen	Wärmedurchgangskoeffizient	0,35
Dach	Wärmedurchgangskoeffizient	0,2
Oberste Geschoßdecke	Wärmedurchgangskoeffizient	0,2
Fenster, Fenstertüren	Wärmedurchgangskoeffizient	1,3
	Gesamtenergiedurchlassgrad	0,6
Dachflächenfenster	Wärmedurchgangskoeffizient	1,4
	Gesamtenergiedurchlassgrad	0,6
Lichtkuppeln	Wärmedurchgangskoeffizient	2,7
	Gesamtenergiedurchlassgrad	0,64
Außentüre	Wärmedurchgangskoeffizient	1,8
Bauteile	Wärmebrückenzuschlag	0,05
Luftdichtheit der Gebäudehülle		
Sonnenschutzvorrichtung	keine	
Heizungsanlage	Brennwertkessel Heizöl, Auslegung 55/45 Wärmeabgabe frei Heizflächen	
	zentral, mit Heizungsanlage, Solaranlage, Speicher indirekt beheizt, Verteilsystem innen	
Warmwasserbereitung		
Kühlung	keine	
Lüftung	zentrale Abluftanlage DC-	

Ventilator

U-Werte des Niedrigstenergiehauses für Bauteile und Anlagenkonzeption

Autor: Holger König

Datum 3.11.2010

ZIELWERTKONZEPT

Bauteil	Eigenschaft	Wert
Außenwand	Wärmedurchgangskoeffizient	0,11
Geschoßdecke gegen Außenluft	Wärmedurchgangskoeffizient	0
Außenwand gegen Erdreich	Wärmedurchgangskoeffizient	0,18
Bodenplatte	Wärmedurchgangskoeffizient	0,13
Wände und Decken zu unbeheizten Räumen	Wärmedurchgangskoeffizient	0,15
Dach	Wärmedurchgangskoeffizient	0,11
Oberste Geschoßdecke	Wärmedurchgangskoeffizient	0,11
Fenster, Fenstertüren	Wärmedurchgangskoeffizient	0,84
Dachflächenfenster	Gesamtenergiedurchlassgrad	0,6
	Wärmedurchgangskoeffizient	1,1
Lichtkuppeln	Gesamtenergiedurchlassgrad	0,6
	Wärmedurchgangskoeffizient	2,1
Außentüre	Wärmedurchgangskoeffizient	1
Bauteile	Wärmebrückenzuschlag	0,05
Luftdichtheit der Gebäudehülle		Test
Sonnenschutzvorrichtung	keine	
Heizungsanlage	Brennwertkessel Gas/altern WP, Auslegung 35, Wärmeabgabe frei Heizflächen	
	zentral, mit Heizungsanlage/WP, Speicher indirekt beheizt, Verteilsystem innen	
Warmwasserbereitung		
Kühlung	keine	
Lüftung	zentrale Abluftanlage DC-Ventilator mit WRG 80%	

Tabelle 7-14: Annahmen für die EnEV 2009 und Niedrigstenergiehaus

7.6 Gesamtübersicht

Die vollständig modellierten Gebäude wurden variiert. Entsprechend der Typologiesystematik (s. Tabelle 7-15) wurden verschiedene Aspekte berücksichtigt:

- Energetisches Niveau
- Bauweise Primärkonstruktion
- Wärmeerzeugung und Energieträger.

Durch die Variantenbildung stehen insgesamt 40 Gebäude zu Auswertung zur Verfügung. Die folgende Tabelle ergibt nochmals einen Überblick über die variierten Gebäude.

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

Gebäudetyp	Gescho- sse	Woh- nungen	Größ- e	BGF a,b,c	Energie niveau		Material			Technik				
					ENEV 2009	STAN DARD	NIEDRI GST	Massiv	Beton	Holz- rahmen	Holz massiv	Stand- ard	Hei- zung	Ö/Gas Holz WP FW
Einfamilienhaus alleinstehend														
EFH-FD-2GE-KS- GAS-SOL	2	1	klein	184	X		X					X	X	X
EFH-FD-2GE-HR- GAS-SOL	2	1	klein	184	X			X				X	X	X
EFH-FD-2GE-PB- GAS-SOL	2	1	klein	184	X			X				X	X	X
EFH-FD-2GE-MZ- GAS-SOL	2	1	mittel	276	X		X					X	X	X
EFH-FD-2GE-HR- GAS-SOL	2	1	mittel	276	X				X			X	X	X
EFH-FD-2GE-PB- GAS-SOL	2	1	mittel	276	X			X				X	X	X
EFH-SD-1GE-DG- MZ-GAS-SOL	2	1	mittel	276	X		X					X	X	X
EFH-SD-1GE-DG- PB-GAS-SOL	2	1	groß	276	X			X				X	X	X
EFH-FD-KG-2GE- MZ-GAS-SOL	2	1	groß	368	X			X				X	X	X
EFH-FD-KG-2GE- HR-GAS-SOL	2	1	groß	368	X				X			X	X	X
EFH-FD-KG-2GE- PB-GAS-SOL	2	1	groß	368	X			X				X	X	X
EFH-SD-KG-1GE- DG-MZ-GAS-SOL	1	1	groß	368	X		X					X	X	X
EFH-SD-KG-1GE-	1	1	groß	368	X			X				X	X	X

8 Rechenregeln für die Ökobilanz (LCA)

Ein wesentlicher Aspekt bei der Erzeugung von Ziel-, Orientierungs- und Grenzwerten ist die gleiche Erhebungsmethodik für die Gebäude, welche die Datenkonsistenz sicherstellt. Dies ist durch die Erfassung mit einer Datenbank und Software gewährleistet.

Ein zweiter Aspekt ist die Anwendung von gleichen Regeln. Diese stellen die Vergleichbarkeit der Berechnungsergebnisse sicher.

Ein dritter Aspekt ist die Wahl einer einheitlichen, genormten Bezugsgröße der Berechnungsergebnisse.

Der zweite und dritte Aspekt wird durch die Anwendung der Regeln des Bewertungssystems Nachhaltiges bauen (BNB) in diesem Forschungsprojekt gewährleistet.

Durch die Modellierung der Gebäude sind alle Bauteile individuell beschrieben und mengenmäßig erfasst.

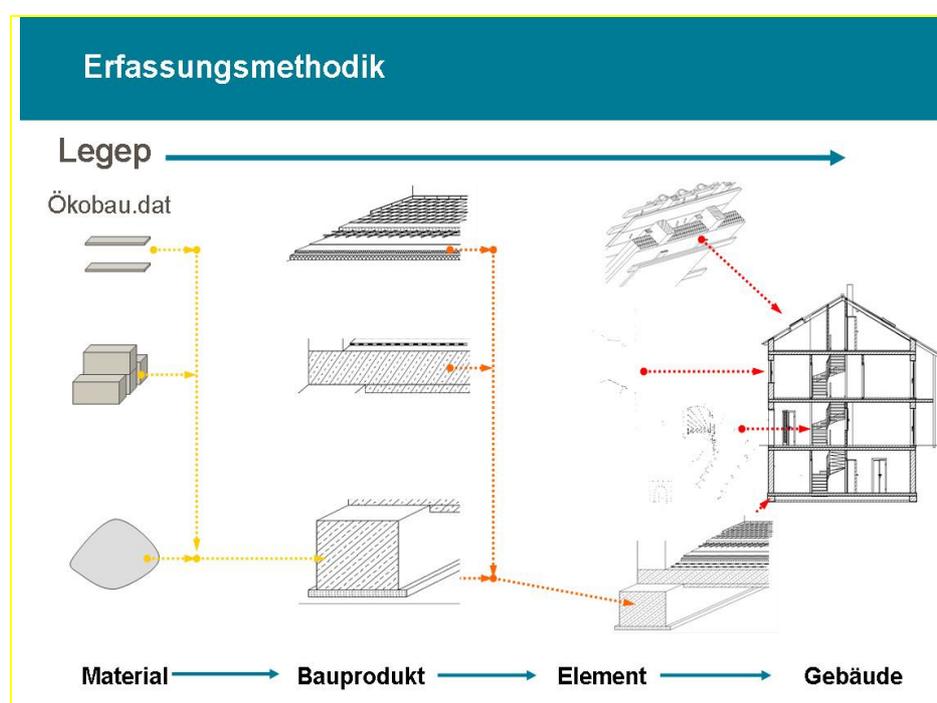


Abb. 8-1: Gebäudemodellierung

Die Bauelemente sind hinsichtlich der in ihnen enthaltenen Bauprodukte nach Gewicht erfasst und mit den entsprechenden Ökobilanzmodulen verknüpft. Der Baustellenprozess selbst wird bei der vorgesehenen Bilanzierung nicht berücksichtigt. Damit werden auch Transportverluste auf dem Weg zur Baustelle und Materialverschnitte auf der Baustelle nicht erfasst.

8.1 Datenbasis für die ökologische Beurteilung von Elementen und Bauwerken

Innerhalb der LEGEP-Software wird für die Ökobilanzierung als Datenbasis die Basisdaten der Ökobau.dat angeboten: Ökobau.DAT ist die Datenbank des BMVBS für die Ökobilanzierung in Deutschland und bei der Zertifizierung nach BNB anzuwenden.

Die Ökobilanzmodule der Ökobau.dat welche die Sach- und Wirkungsbilanzdaten für Bauprozesse, Bauprodukte sowie für Prozesse u.a. der Energiebereitstellung, des Transports und der Entsorgung enthält, sind für Nutzer zugänglich.

Gemäß der Produktphilosophie der LEGEP-Software sollten Produkte und Prozesse nicht selbst Bewertungsgegenstände sein, sondern Träger von Informationen, die sich erst in Kenntnis der konkreten Verwendung, Umgebung und Beanspruchung beurteilen lassen. Um

insbesondere eine Fehlinterpretation von Daten im Rahmen fokussierter Baustoffvergleiche auszuschließen, sollten bei der Anwendung der LEGEP-Software nur aggregierte und bewertete Daten auf Elementebene herangezogen werden.

Es sollten für die ökologische Beurteilung vorzugsweise teilaggregierte und effektorientierte Bewertungskriterien verwendet werden. Eine Vollaggregation führt i.d.R. zu Informationsverlusten (Nebeneffekte sind nicht erkennbar) und zu Problemen beim Nachvollziehen von Wichtungen.

8.1.1 Sachbilanz, Energie- und Stofffluss

Grundlage für die LEGEP--Datenbasis sind aktuelle Sachbilanzdaten, die mit der Ökobau.dat zu Verfügung gestellt werden. Es sind Durchschnittswerte, die sich nicht auf einen bestimmten Hersteller oder ein bestimmtes Produkt beziehen.

Bei nachwachsenden Rohstoffen werden CO₂-Gutschriften in der Herstellungsphase berücksichtigt. Diese Gutschriften werden im EOL bei thermischer Verwertung wieder abgezogen.

Stoffeinsatz und resultierende Mengen an festen und flüssigen Abfällen in den Vorketten sind in den Datenbanken vorhanden und werden auf der Ebene von Sachbilanzdaten zum Stoffstrom angegeben. Da sie für die Bewertung von Gebäuden z.Z. keine Relevanz haben, werden sie nicht angezeigt. Sie können in Zukunft die Grundlagen für eine Beurteilung der Ressourceninanspruchnahme sowie von Abfällen im Lebenszyklus liefern.

Angezeigt werden die Baustoffe, die im Element oder im Gebäude eingesetzt werden. Der Indikator ist:

- Stoffmasse in kg.

Bilanziert wird der Energiebedarf, differenziert in:

- Primärenergieaufwand aus erneuerbaren Quellen in MJ
- Primärenergieaufwand aus nichterneuerbaren Quellen in MJ.

8.1.2 Wirkungsbilanz

Emissionen in Luft, Boden und Wasser werden einer effektorientierten Bewertung (Wirkungsbilanz) unter Verwendung der inzwischen weit verbreiteten CML-Kriterien nach HEIJUNGS et.al. unterzogen. Es wird ausdrücklich auf den Umstand verwiesen, dass im Bereich der Bewertungsmethoden bisher keine allgemeingültigen Verfahren und Kriterien vorliegen und neben effektorientierten Verfahren auch Methoden existieren, die sich am Stoffstrom (MIPS), an externen Kosten bzw. an der Knappheit (UBP) orientieren. Die aktuelle Normung weist allerdings in Richtung einer Wirkungsbilanz unter Verwendung von Wirkungskategorien. Siehe hierzu u.a. die nachstehende Abbildung.

Kriteriengruppe: Ökologische Qualität, Steckbriefe

Indikatoren für Wirkungen:

- SB Treibhauspotenzial kg CO₂ äquival.
- SB Ozonabbaupotenzial kg CF11 äquival.
- SB Ozonbildungspotenzial kg Ethen äquival.
- SB Versauerungspotenzial kg SO₂ äquival.
- SB Überdüngungspotenzial kg PO₄ äquival.

Indikatoren für Ressourceninanspruchnahme:

- SB Primärenergie nicht erneuerbar kWh
- SB Gesamtprimärenergie kWh
- SB Anteil Primärenergie erneuerbar %

Abb. 8-2: Indikatoren der Ökobilanz

Innerhalb der CML-Kriterien sind die aggregierten Größen:

- Treibhauspotenzial (CO₂-Äquivalent)
- Versauerung (SO₂-Äquivalent)
- Ozonschichtabbaupotenzial (CFC11-Äquivalent)
- Ozonbildungspotenzial (Ethen-Äquivalent)
- Überdüngungspotenzial (Phosphat-Äquivalent)

weitgehend anerkannt und konsensfähig. Diese Auswahl entspricht auch den Vorschriften im Bewertungssystem des Bundes (BNB).

8.2 Rahmenbedingungen für die Ökobilanzierung

Jede Phase des Lebenszyklus kann separat angezeigt und bewertet werden. Berücksichtigt im BNB für Wohngebäude werden für die Umweltbilanzen die Phasen:

- Herstellung (**He**), ohne Transporte und Baustelleneinbau

Nutzungsphase: keine Reinigung, keine Wartung

- Betrieb (**Be**)
- Instandsetzung (**Ins**)

End of Life (EOL): keinen Rückbau

- Entsorgung (**Ent**).



Abb. 8-3: Lebenszyklusphasen für die Ökobilanz eines Gebäudes

In den Steckbriefen des BNB sind weitere Details der anzuwendenden Methodik aufgeführt. Die Bezugsgröße ist für alle Auswertung der m² Nettogrundfläche (NGF a) des Gebäudes.

Rahmenbedingung Ökobilanzberechnung	Bewertungssystem Nachhaltiger Wohnungsbau
Betrachtungszeitraum	50 a
Lebenszyklusphasen	Herstellung
	Versorgung
	Instandsetzung
	Entsorgung
Verwendete Datenbank	Ökobau.dat
Rechenregel Energiebedarf	Nach DIN 4108-6, DIN 4701-10
Strombedarf	Hilfsenergie technische Anlagen
Nutzungsdauern	Leitfaden nachhaltiges Bauen, VDI 2067
Bezugsgröße	m ² Nettogrundfläche a

Tabelle 8-1: Rahmenbedingung der Ökobilanzberechnung

9 Berechnungsergebnis Ökobilanz

Im Rahmen des Forschungsprojekts werden auf Basis der Typvertreter und ihrer Variationen die Ökobilanzwerte ermittelt. Das Ergebnis wird bei jedem Gebäudetyp einer statistischen Auswertung unterzogen. Dabei wird ermittelt, ob einzelne Variationen z.B. der Gebäudetyp, die Bauweise der Primärkonstruktion oder der Einsatz eines bestimmten Energieträgers zu signifikanten Veränderungen führen. Eine derartige Arbeitsmethodik war bereits für die Nutzungskategorie „Bürogebäude“ [KOE2009] angewendet und erprobt worden. Die Grenz- und Zielwerte für Bürogebäude sind auf den Wohnungsbau nicht anwendbar. Übernommen wurden die Erfassungsregeln der Nutzungskategorie „Bürogebäude“ auch für die Wohngebäude. Die Regeln für die Berechnung des Energiebedarfs nach DIN 4108-6 und DIN 4701-10 sind unterschiedlich zur DIN 18599. Bei den Mehrfamilienhäusern wurde außer dem Typvertreter zusätzlich eine Standardvariante beschrieben und berechnet, die das real gebaute Gebäude darstellt.

9.1 Auswertung Einfamilienhäuser

Die Einfamilienhäuser wurden mit den drei gängigen Bautypen:

- Alleinstehendes Einfamilienhaus
- Doppelhaus
- Reihenmittelhaus

erfasst. Die Auswertung hat sehr ähnliche Werte ergeben. Im Folgenden werden aus diesem Grunde nur die Ergebnisse für das allein stehende Einfamilienhaus dargestellt.

Die Gesamtauswertung aller Gebäude erlaubt die Festlegung von belastbaren Ziel-, Orientierungs- und Grenzwerten. Der Orientierungswert entspricht nicht dem berechneten Mittelwert, sondern wird von den Gebäuden gebildet, die den EnEV-Grenzwert einhalten. Hintergrund ist die Festlegung im Bewertungssystem, dass ein nach geltenden Verordnungen erbautes Gebäude einen Mittelwert erreichen kann.

In den folgenden Abbildungen wird auf dieser Basis für alle Ökoindikatoren der Orientierungswert (R) festgelegt und anschließend der Korridor zwischen Grenzwert (G) und Zielwert (Z). Die Festlegung des Korridors orientiert sich dabei auch teilweise an den Vorgaben, die im BNB für Bürogebäude eingeführt wurden.

Der entwickelte Korridor zwischen Grenzwert (G) im Sinne der oberen Grenze für den jeweiligen Indikator, Referenzwert (R) und Zielwert (Z) im Sinne minimaler Werte bei der Ökobilanz ist in den nachstehenden Abbildungen grün hinterlegt.

9.1.1 Wirkungskategorie Treibhauspotenzial

Der Indikator Treibhauspotenzial (GWP) ist einer der wichtigsten Wirkungskategorien. Drei Gebäude überschreiten den Grenzwert, sieben Gebäude unterschreiten den Zielwert.

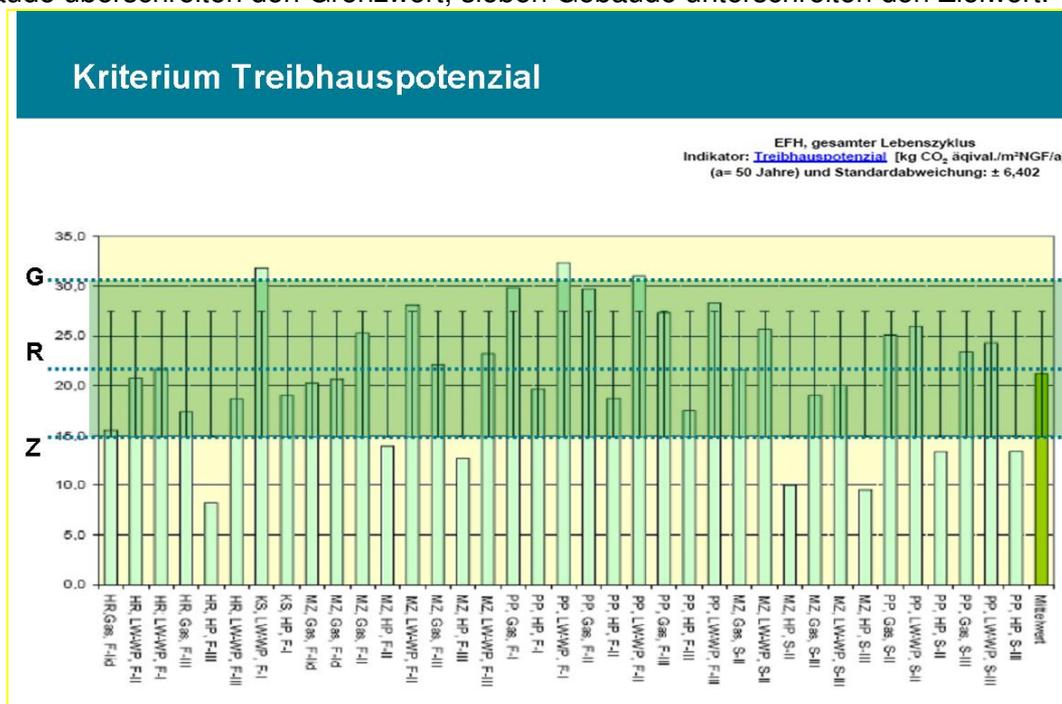


Abb. 9-1: Treibhauspotenzial

9.1.2 Wirkungskategorie Ozonabbaupotenzial

Beim Indikator Ozonabbaupotenzial überschreiten acht Gebäude den Grenzwert, zwölf Gebäude unterschreiten den Zielwert. Verursacher für die Überschreitung ist der Einsatz von Strom für die Beheizung der Gebäude mit Wärmepumpen.

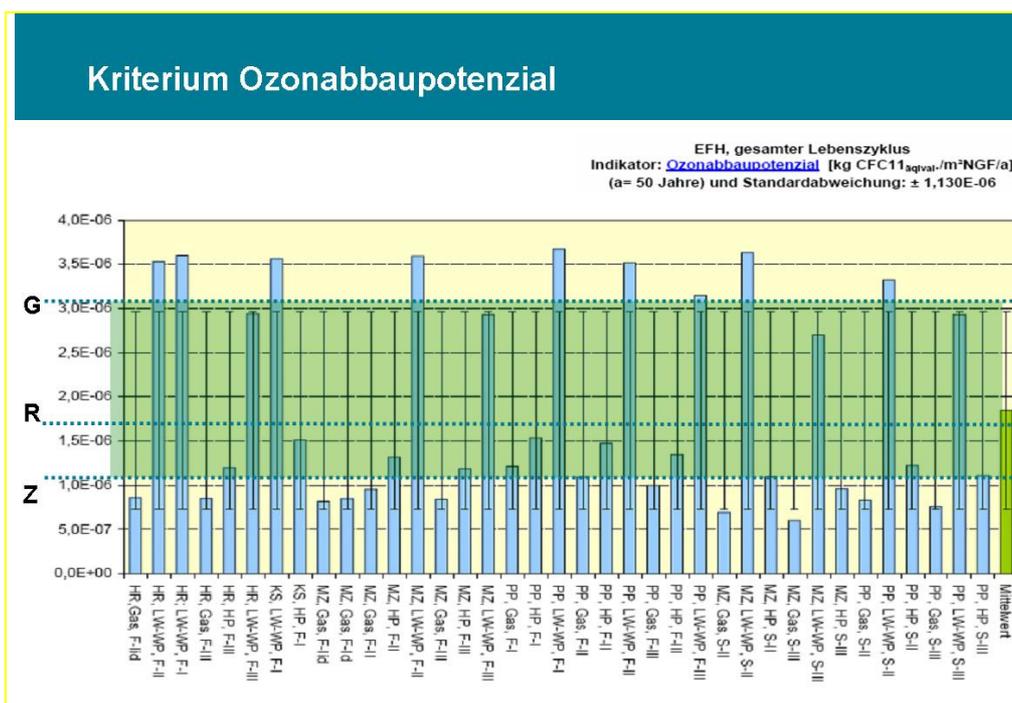


Abb. 9-2: Ozonabbaupotenzial

9.1.3 Wirkungskategorie Sommersmogpotenzial

Das Ozonbildungspotenzial beschreibt die Zunahme von bodennahem Ozon, das vornehmlich für den Sommersmog verantwortlich ist. Drei Gebäude überschreiten den Grenzwert, ein Gebäude unterschreitet den Zielwert.

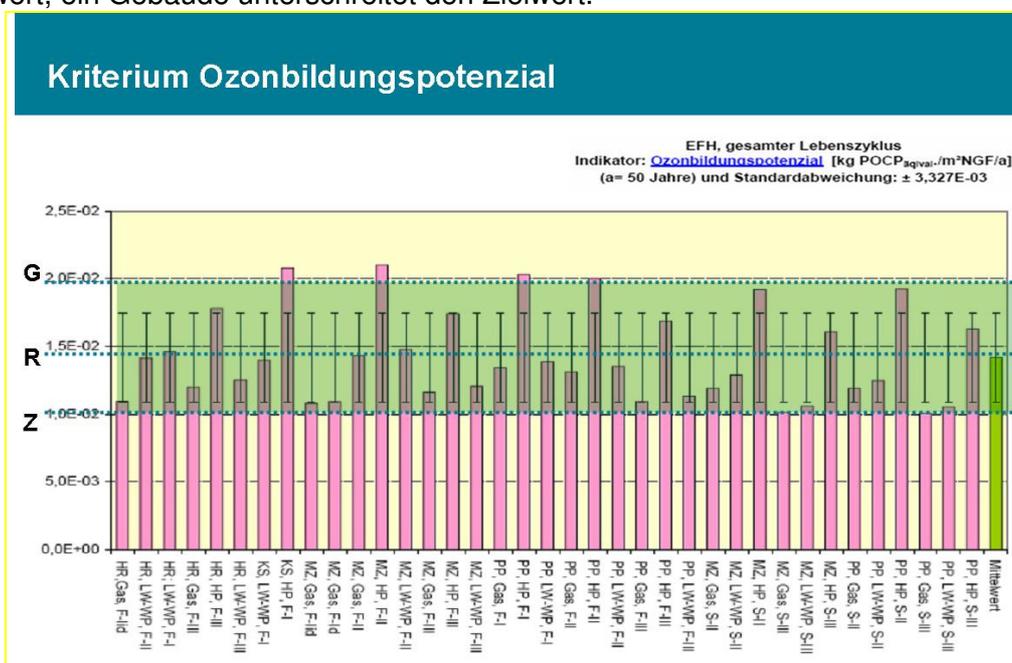


Abb. 9-3: Ozonbildungspotenzial

9.1.4 Wirkungskategorie Versauerungspotenzial

Beim Versauerungspotenzial liegen zwei Gebäude über dem Grenzwert, vier Gebäude unterschreiten den Zielwert.

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

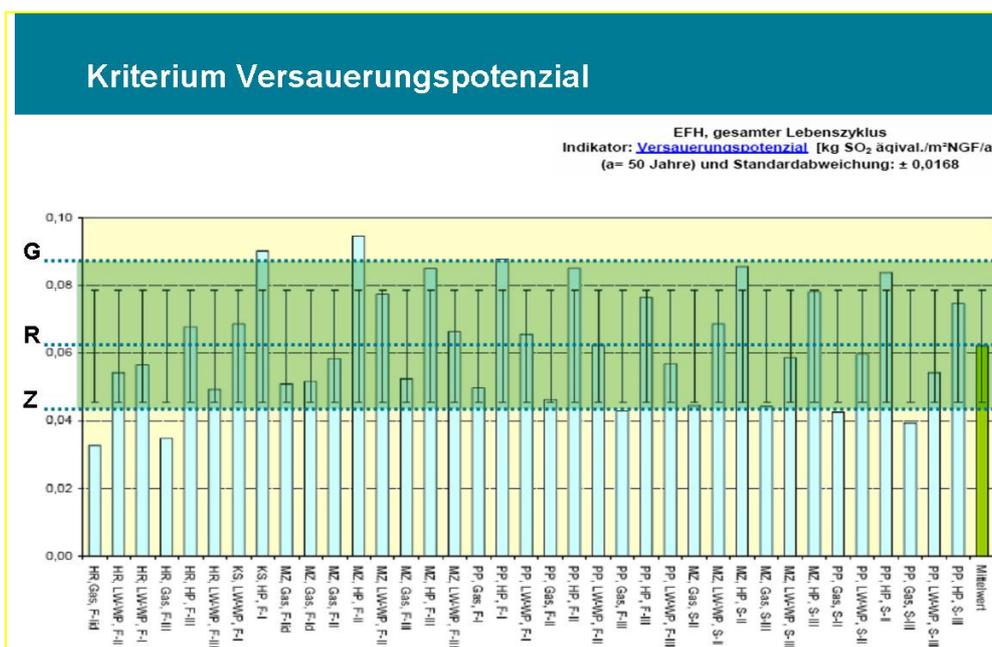


Abb. 9-4: Versauerungspotenzial

9.1.5 Wirkungskategorie Überdüngungspotenzial

Beim Überdüngungspotenzial überschreiten neun Gebäude den Grenzwert, sechs Gebäude unterschreiten den Zielwert. Die Gebäude die mit Holzpelletkessel beheizt werden überschreiten den Grenzwert.

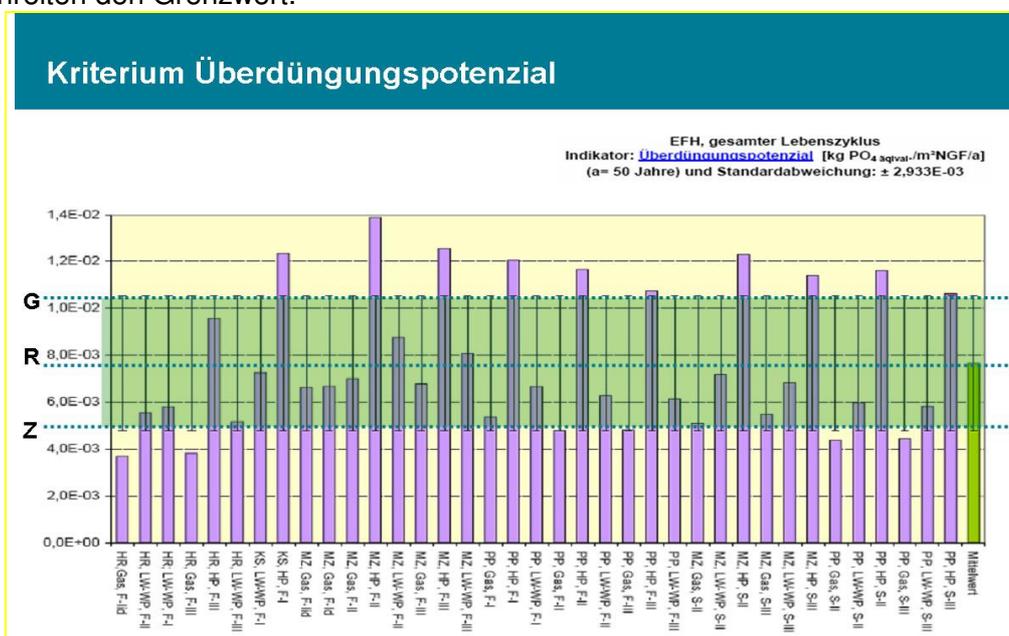


Abb. 9-5: Überdüngungspotenzial

9.1.6 Inputkategorie Primärenergie nicht erneuerbar

Der Aufwand an Primärenergie wird unterschieden in nicht erneuerbare und erneuerbare Primärenergie. Bei dem Indikator nicht erneuerbare Primärenergie liegt kein Gebäude über dem Grenzwert, sechs Gebäude unterschreiten den Zielwert.

9.1.8 Verhältnis Primärenergie erneuerbar zur Gesamtprimärenergie

Innerhalb der Gesamt-Primärenergie ist ein hoher Anteil erneuerbarer Energie wünschenswert. Im Steckbrief des BNB wird der Prozentsatz der erneuerbaren Primärenergie an der Gesamtprimärenergie abgefragt. In diesem Fall ist ein hoher Prozentsatz das Ziel. Vier Gebäude unterschreiten den Grenzwert, sechzehn Gebäude überschreiten den Zielwert. Die Beheizung mit nachwachsenden Rohstoffen, z.B. durch Holzpelletkessel, führt zu den hohen Prozentwerten des Anteils der erneuerbaren Primärenergie. Deswegen wurde der obere Wert der Standardabweichung nicht als Zielwert herangezogen.

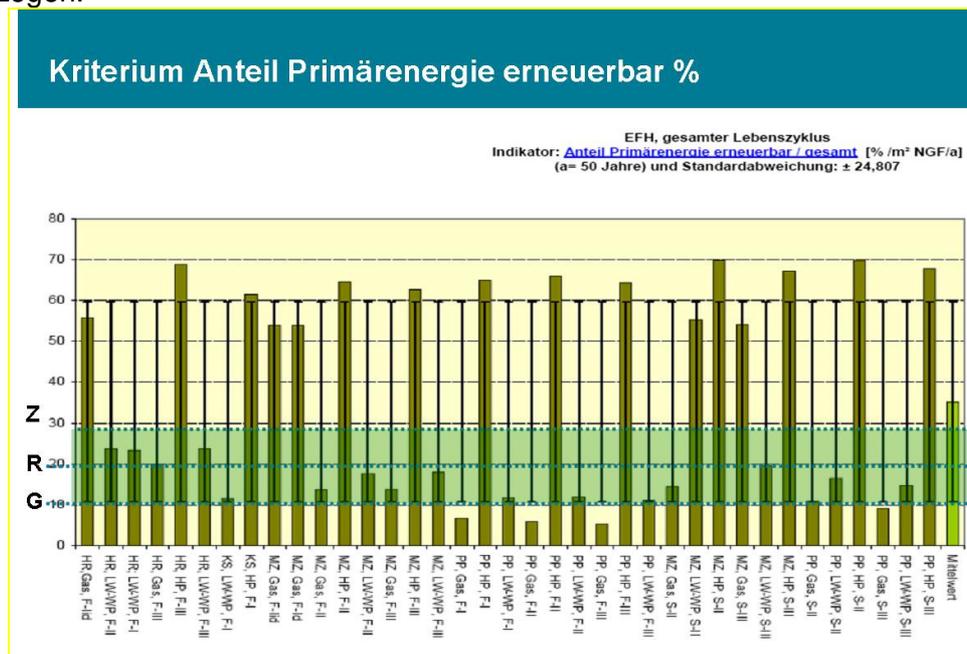


Abb. 9-8: Prozentanteil Primärenergie erneuerbar

9.1.9 Ergebnis der Ökobilanz für EFH

Durch die Auswertung der Berechnungen der Ökobilanz für die Gruppe der Typvertreter der Einfamilienhäuser können Ziel-, Orientierungs- und Grenzwerte für die einzelnen Indikatoren ermittelt werden. Diese werden in den folgenden Tabellen noch einmal zusammengestellt.

Indikator	Einheit	Referenz	f Grenz	f Ziel
		R	G	Z
Treibhauspotenzial	kg CO2-equ./m² NGF und Jahr	22,00	1,40	0,70
Ozonabbaupotenzial	kg CFC11-equ./m² NGF und Jahr	0,0000017	2,00	0,70
Ozonbildungspotenzial	kg C2H4-equ./m² NGF und Jahr	0,014	1,40	0,70
Versauerungspotenzial	kg SO2-equ. /m² NGF und Jahr	0,062	1,40	0,70
Überdüngungspotenzial	kg PO4-equ. /m² NGF und Jahr	0,0075	1,40	0,70
Primärenergie nicht ern.	kWh PE ne/m² NGF und Jahr	108,00	1,40	0,70
Primärenergie ern.	kWh PE ern/m² NGF und Jahr	62,00		
Primärenergie gesamt	kWh PE ges. /m² NGF und Jahr	180,00	1,40	0,70
% Anteil Primärenergie ern. an Gesamtprimärenergie	%	20	0,5	2

Tabelle 9-1: Übersicht Referenzwerte und Faktoren für die Ökobilanz EFH

Werden die Faktoren für die einzelnen Indikatoren berechnet ergeben sich die Werte, wie sie in der folgenden Tabelle dargestellt werden. Zusätzlich zur Auswertung für das gesamte

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

Gebäude inklusive der Versorgung wird eine Auswertung nur für das Gebäude aus den berechneten Werten erzeugt. Somit stehen Werte für das Zertifizierungssystem BNB und DGNB zur Verfügung.

Benchmark für die ökologische Qualität - Einfamilienhäuser Ökobilanz gerechnet mit LEGEP gesamter Lebenszyklus mit Versorgung

	Bezugsgröße (BG) m ² NGF a a=50								
	Global Warming Potential CO ₂ kg/m ² NGFa	Ozon Depletion Potential CFC11-kg/m ² NGF a	Photochemical Ozone Creation Potential C ₂ H ₄ kg/m ² NGF	Acidification Potential SO ₂ kg/m ² NGF a	Eutrophication Potential PO ₄ kg/m ² NGF a	Primary Energy non renewable kWh/m ² NGF a	total Primary Energy kWh/m ² NGF a	% renewable Primary Energy of total %	
10 Punkte	15,40	0,0000012	0,010	0,043	0,005	75,00	126,00	5,0	30,00
5 Punkte	22	0,0000017	0,014	0,062	0,0075	108	180	2,5	20
1 Punkt	30,8	0,0000034	0,02	0,087	0,0105	151	252	0,5	10

Ökobilanz gerechnet mit LEGEP, Kennwerte nur für Gebäude gesamter Lebenszyklus

	Global Warming Potential CO ₂ kg/m ² NGFa	Ozon Depletion Potential CFC11-kg/m ² NGF a	Photochemical Ozone Creation Potential C ₂ H ₄ kg/m ² NGF	Acidification Potential SO ₂ kg/m ² NGF a	Eutrophication Potential PO ₄ kg/m ² NGF a	Primary Energy non renewable kWh/m ² NGF a	total Primary Energy kWh/m ² NGF a	P.	%
10 Punkte	5,60	0,00000035	0,00770	0,023	0,00280	30,00	46,00	5,0	30,00
5 Punkte	8	0,0000005	0,011	0,033	0,004	42	65	2,5	20
1 Punkt	11,2	0,000001	0,0154	0,0462	0,0056	59	91	0,5	10

Tabelle 9-2: Übersicht Ziel-, Referenz- und Grenzwerte Ökobilanz MFH

9.2 Auswertung MFH - Laubengangtyp

Am ersten Gebäudetyp Laubengang, Flachdach, 3-geschossig mit Keller, Primärkonstruktion Kalksandstein mit Wärmedämmverbundsystem (WDVS), 18 Wohneinheiten (WE) wird das Kriterium „energetisches Niveau“ und „Heizmedium“ variiert. Die Ergebnisse werden auf Plausibilität geprüft. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über alle berechneten Werte. Die angegebenen Werte beziehen sich auf einen m² NGF a und Jahr.

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

Ökologie: gesamter Lebenszyklus									
MFH-Laubeng. FD 3 Gesch.	CO ₂ äq.	SO ₂ äq.	CFC11 äq.	POCP äq.	PO ₄ äq.	PEI n. ern. [kWh]	PEI ern. [kWh]	PEI ges. [kWh]	Anteil ern. PEI [%]
JOSEFSTIFT-Bamberg Zertifizierung	15,584	0,0668	1,002E-06	1,172E-02	9,487E-03	64,993	77,887	142,880	54,512
NIEDRIGST-Energ. KS massiv	15,651	0,0437	7,642E-07	7,878E-03	5,661E-03	61,231	5,110	66,341	7,703
ENEV-KS massiv	21,511	0,0557	7,488E-07	8,297E-03	6,148E-03	83,110	4,080	87,190	4,679
Mittelwert	17,582	0,0554	8,382E-07	9,299E-03	7,099E-03	69,778	29,026	98,804	22,298
Standard- abweichung	3,403	0,0115	1,418E-07	2,108E-03	2,083E-03	11,698	42,318	39,569	27,939
Minimum	15,584	0,0437	7,488E-07	7,878E-03	5,661E-03	61,231	4,080	66,341	4,679
Maximum	21,511	0,0668	1,002E-06	1,172E-02	9,487E-03	83,110	77,887	142,880	54,512
Indikatoren:	Treibhauspotential [kg CO ₂ äquiv./m ² NGF/a]	Versauerungspotenzial [kg SO ₂ äquiv./m ² NGF/a]	Ozonschichtzerörungspotenzial [kg CFC11 äquiv./m ² NGF/a]	Ozonbildungspotenzial [kg POCP äquiv./m ² NGF/a]	Überdüngungspotenzial [kg PO ₄ äquiv./m ² NGF/a]	nicht erneuerbarer Primär- energieverbrauch [kWh/m ² NGF/a]	erneuerbarer Primärenergie- verbrauch [kWh/m ² NGF/a]	gesamter Primärenergie- verbrauch [kWh/m ² NGF/a]	Anteil erneuerbarer PEI [%] am gesamten Primärenergieverbrauch

NGF = Nettogrundfläche [m²]
a = Nutzungsdauer (hier 50 Jahre)

Tabelle 9-3: Übersicht Ökobilanz Laubenganghaus FD-3 GE

An der Wirkungskategorie Treibhaus, ausgedrückt in kg CO₂-äquivalent werden die Folgen der Variationen dargestellt. Die EnEV-Variante erreicht den höchsten Wert, die Niedrigstenergievariante den günstigsten Wert. Gleichauf liegt die Standardvariante, da sie im Unterschied zu den beiden anderen Varianten (fossiler Energieträger) mit einem Holzpelletkessel beheizt wird.

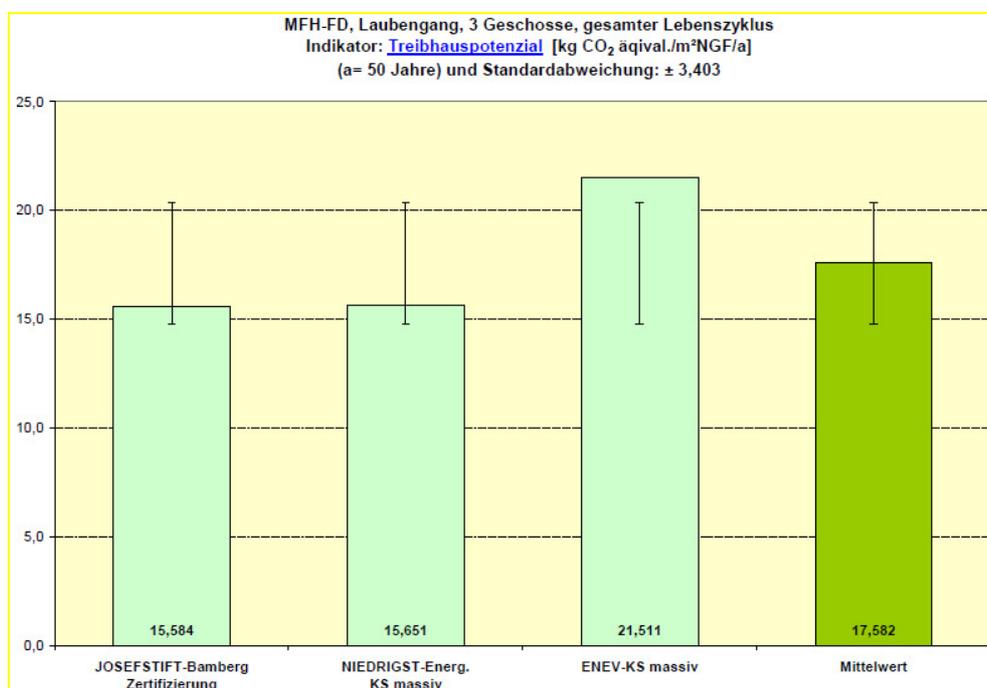


Abb. 9-9: Laubengangtyp FD, 3 GE, Wirkungskategorie Klimagas,

Die Heizung bei der Standardvariante ist auch der Verursacher für das wesentlich höhere Überdüngungspotenzial.

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

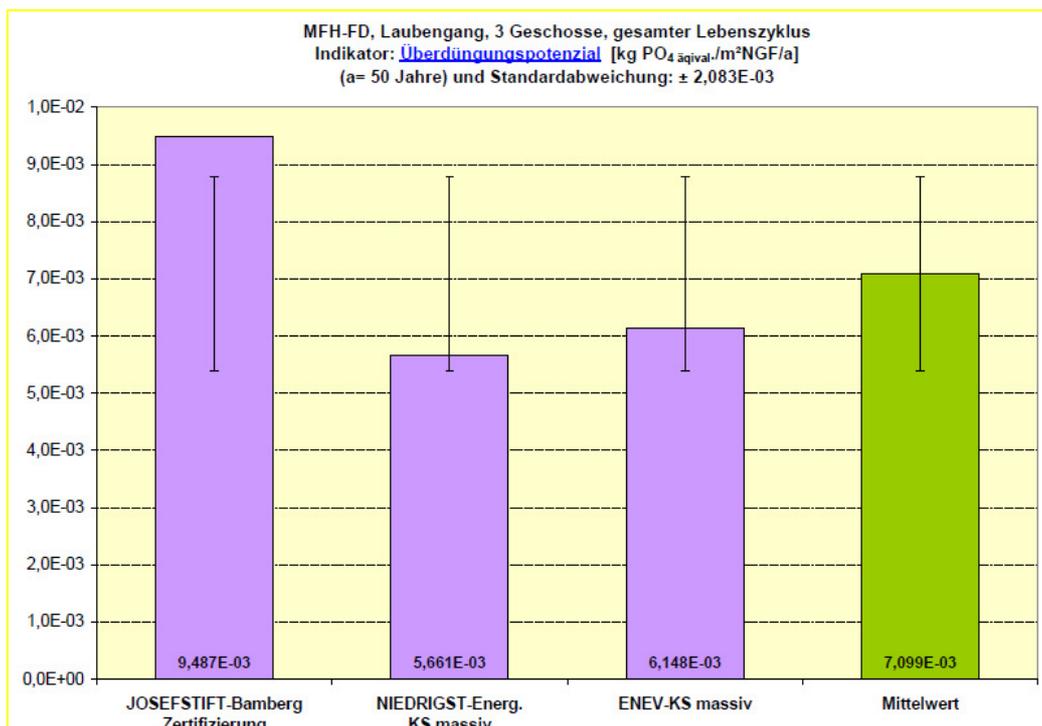


Abb. 9-10: Laubengangtyp FD, 3 GE, Wirkungskategorie Überdüngungspotenzial

Beim Anteil der erneuerbaren Primärenergie erreicht das Standardgebäude erwartungsgemäß einen sehr hohen Wert durch den Holzpelleteinsatz bei der Heizung.

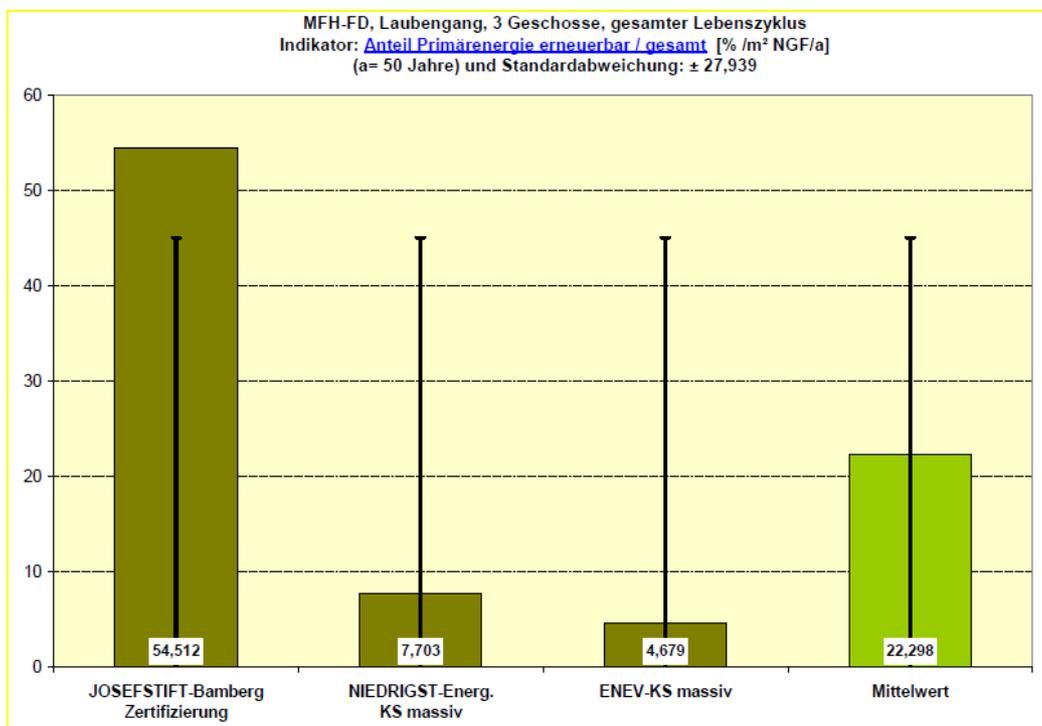


Abb. 9-11: Laubengangtyp FD, 3 GE, Sachbilanz Primärenergie erneuerbar, Anteil an Gesamt PE

9.3 Auswertung MFH - Punkthaustyp

Der Gebäudetyp Punkthaus wird von zwei Varianten repräsentiert:

- das alleinstehende Punkthaus, das mit einer Geschoßanzahl von sechs Geschossen bereits als städtebauliche Dominante im Quartier wahrgenommen wird und
- das eingebaute Punkthaus im innerstädtischen Bereich.

Das alleinstehende Punkthaus weist bei der Variation des energetischen Niveaus dieselben relativen Wertverhältnisse auf, die bereits beim Laubengangtyp auftraten. Beim städtisch eingebauten Punkthaus wurde bei gleicher Primärkonstruktion jedes unterschiedliche energetische Niveau mit einem anderen Energieträger beheizt:

- Gas
- Holzpellet
- Wärmepumpe elektrisch.

Damit kann ermittelt werden, welches Ausmaß die Abweichung vom Standardwert annimmt. An der Wirkungskategorie Klimagas, ausgedrückt in kg CO₂ äquiv. werden die Folgen der Variationen dargestellt. Die Standard-Variante erreicht den höchsten Wert, da sie bereits 2002 erbaut wurde und die damals erreichten Mittelwerte der EnEV, für das heute geforderte Niveau nicht mehr ausreichen. Die Niedrigstenergievariante mit Holzpelletkessel erreicht den günstigsten Wert.

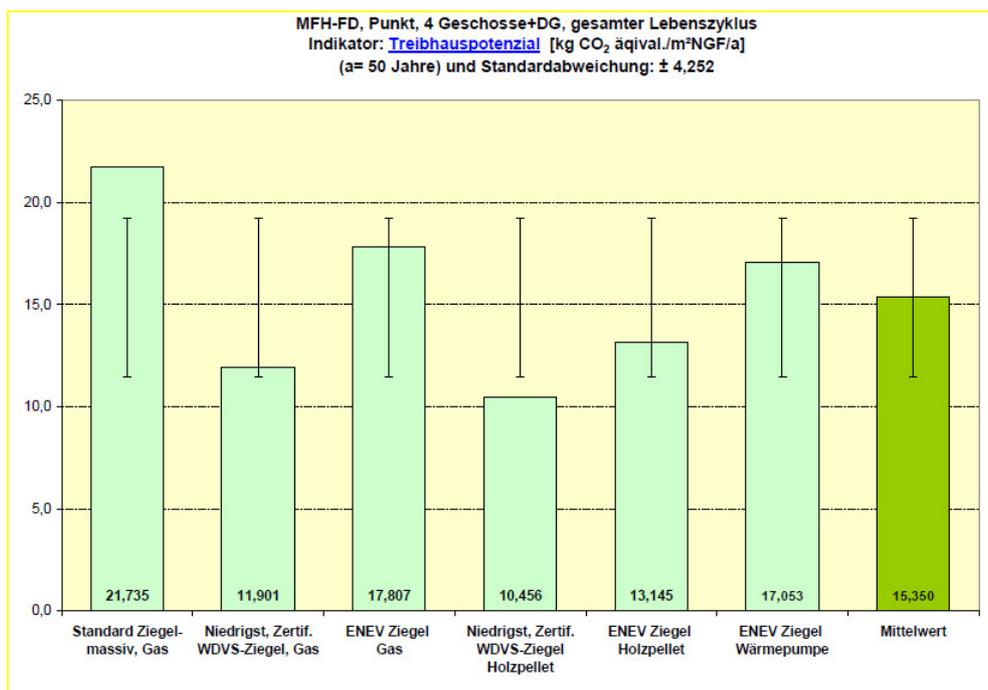


Abb. 9-12: Punkthaustyp FD, 4 GE+DG, Wirkungskategorie Klimagas

Eine Holzpelletheizung besitzt auch ein höheres Versauerungspotenzial. Dies wird deutlich an der EnEV 2009 Variante mit Holzpelletheizung, das die höchsten Werte erreicht. Die Elektrowärmepumpe weist keine spezifischen Höchstwerte bei einer Input- oder Outputkategorie auf.

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

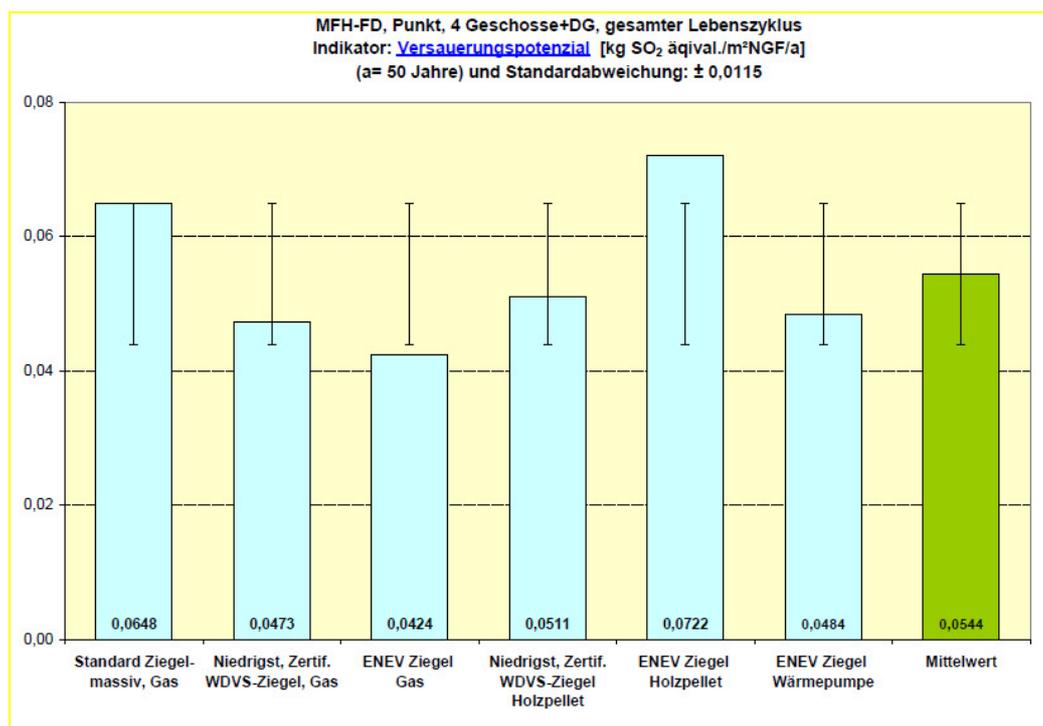


Abb. 9-13: Punkthaustyp FD, 4 GE+DG, Wirkungskategorie Versauerungspotenzial

9.4 Auswertung MFH - Zweispänner

Das kleinste Zweispännergebäude ohne Keller mit 3 Geschossen und ausgebautem Dach wird in der Bauweise und dem energetischen Niveau variiert. Die Primärkonstruktion wird ausgeführt in:

- Kalksandstein massiv mit Wärmedämmverbundsystem, Betondecken, Holzdachstuhl mit Hohlraumdämmung
- Brettstapelkonstruktion mit zus. Hohlraumdämmung und hinterlüfteter Verschalung, Brettstapelmassivdecken, Holzdachstuhl mit Hohlraumdämmung.

An der Wirkungskategorie Klimagas, ausgedrückt in kg CO₂ äquiv. werden die Folgen der Variationen dargestellt. Die EnEV-Variante in Massivbauweise erreicht den höchsten Wert, die Niedrigstenergievariante in Holzmassivbauweise mit großem Abstand den günstigsten Wert. Die Beheizung erfolgt in allen Fällen mit Gas.

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

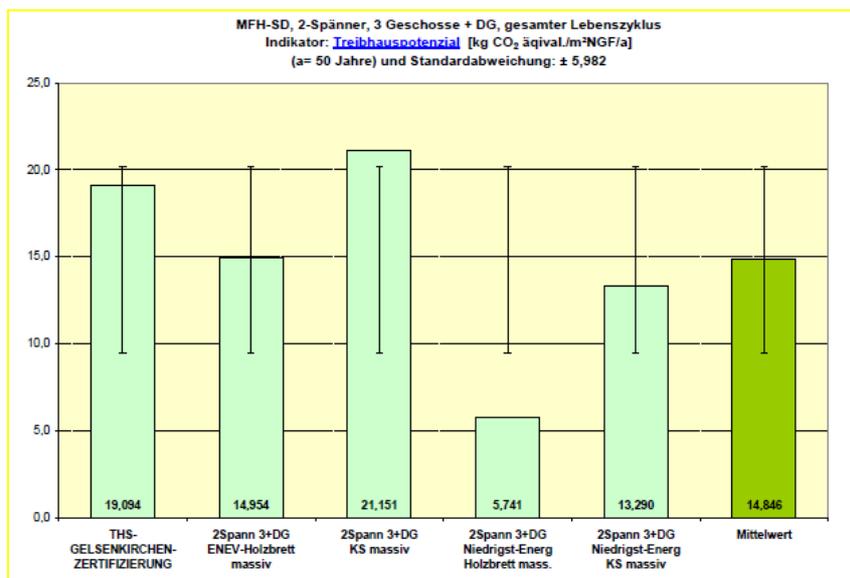


Abb. 9-14: Zweispänner SD, 3 GE+DG, Wirkungskategorie Treibhaus

Die großen Unterschiede beim Indikator Treibhauspotential finden keine Entsprechung beim Ozonabbaupotenzial. In den meisten Fällen ist der Bedarf an elektrischem Strom der Verursacher größerer Unterschiede. Bei der Nutzungskategorie Wohnungsbau wird nur der Hilfsstrom der technischen Anlagen berücksichtigt.

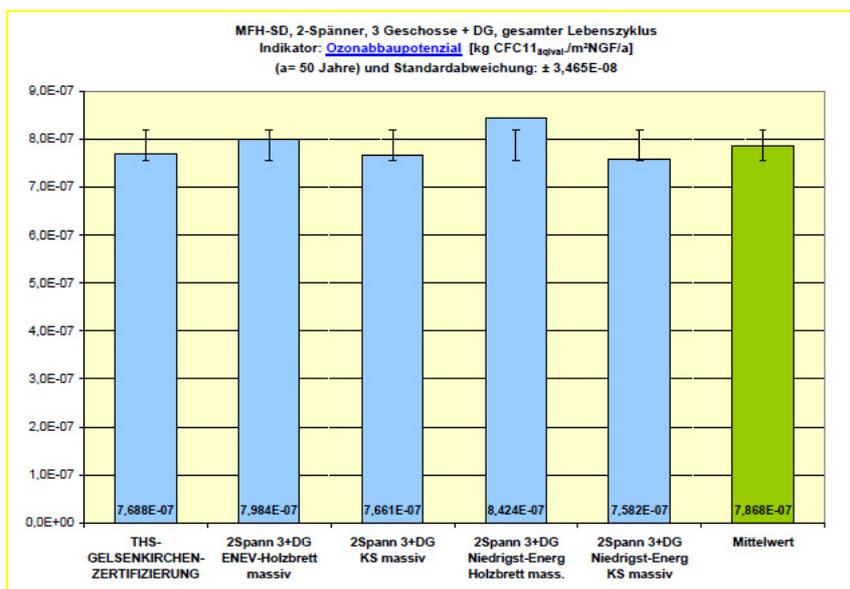


Abb. 9-15: Zweispännertyp SD, 3 GE+DG, Wirkungskategorie Ozonabbaupotenzial

Beim Anteil der erneuerbaren Primärenergie erreichen die Primärkonstruktionen in Holzmassivbauweise mit 22 % und 33 % einen relativ hohen Wert, bei gleichem Energieträger für die Beheizung wie alle anderen Varianten.

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

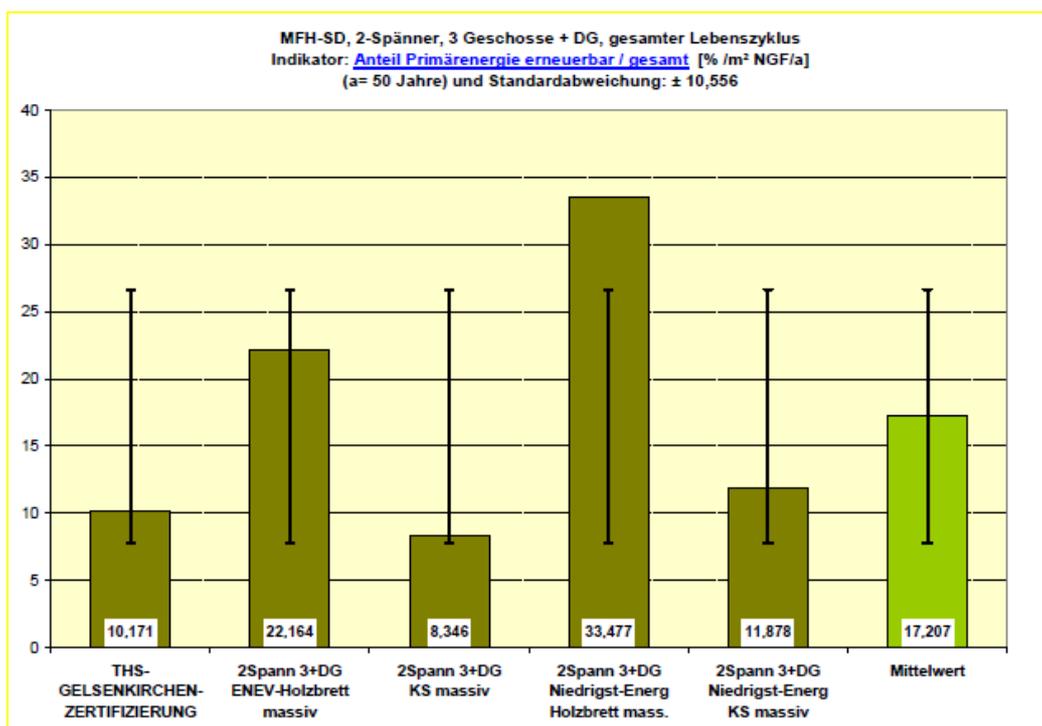


Abb. 9-16: Zweispännertyp SD, 3 GE+DG, Sachbilanz Primärenergie erneuerbar, Anteil an Gesamt PE

Ein größerer Zweispännertyp mit 7 Geschossen wurde ebenfalls in den beiden vorher beschriebenen Primärkonstruktionen variiert. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei siebengeschossiger Bauweise der Aufwand für den Brandschutz bei Holzbauweise erheblich ansteigt.

An der Wirkungskategorie Treibhaus, ausgedrückt in kg CO₂ äquiv., werden die Folgen der Variationen dargestellt. Die EnEV-Variante in Massivbauweise erreicht den höchsten Wert, die Niedrigstenergievariante in Holzmassivbauweise mit großem Abstand den günstigsten Wert. Die Beheizung erfolgt in allen Fällen mit Gas.

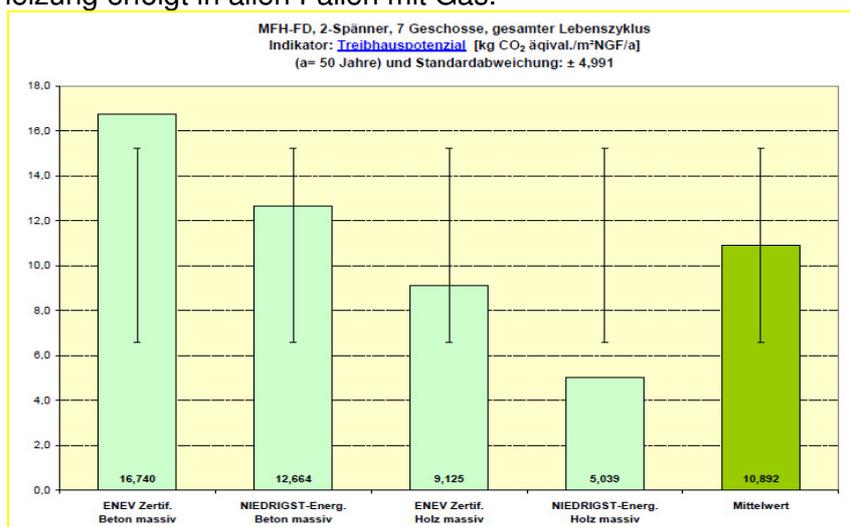


Abb. 9-17: Zweispänner FD, 7 GE, Wirkungskategorie Treibhauspotenzial

Interessanterweise liegt die Holzbauvariante bei der nicht erneuerbaren Primärenergie in beiden Fällen höher als die Massivbauvariante.

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

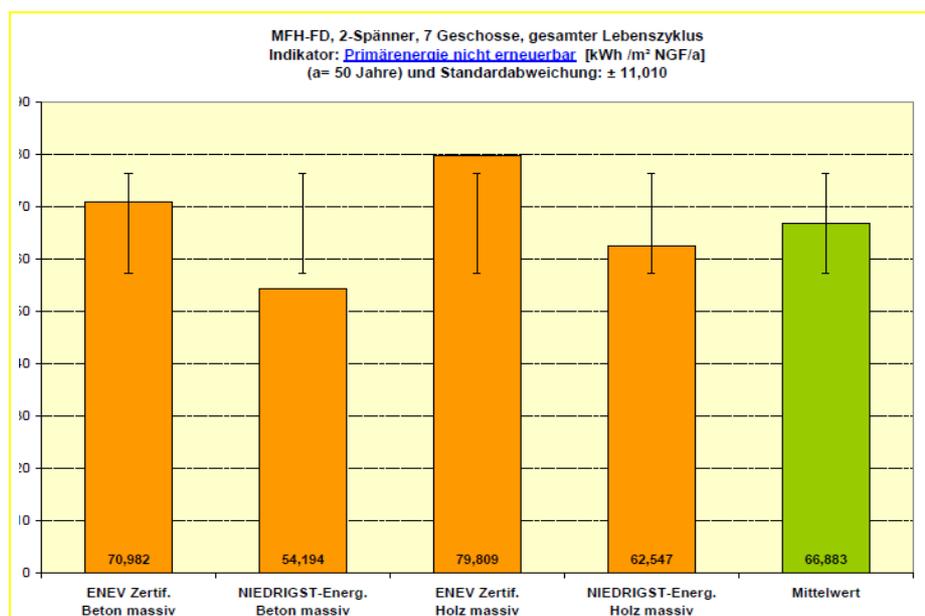


Abb. 9-18: Zweispänner FD, 7 GE, Inputkategorie Primärenergie nicht erneuerbar

9.5 Auswertung MFH - Vierspänner

Der Vierspänner in Massivbauweise mit Steildach, vier Geschossen und Keller, nicht ausgebautes Dach verhält sich ähnlich den anderen Typvertretern, bei denen das energetische Niveau variiert wurde. Mit Abnahme des Energiebedarfs nimmt auch das Versauerungspotenzial kontinuierlich ab.

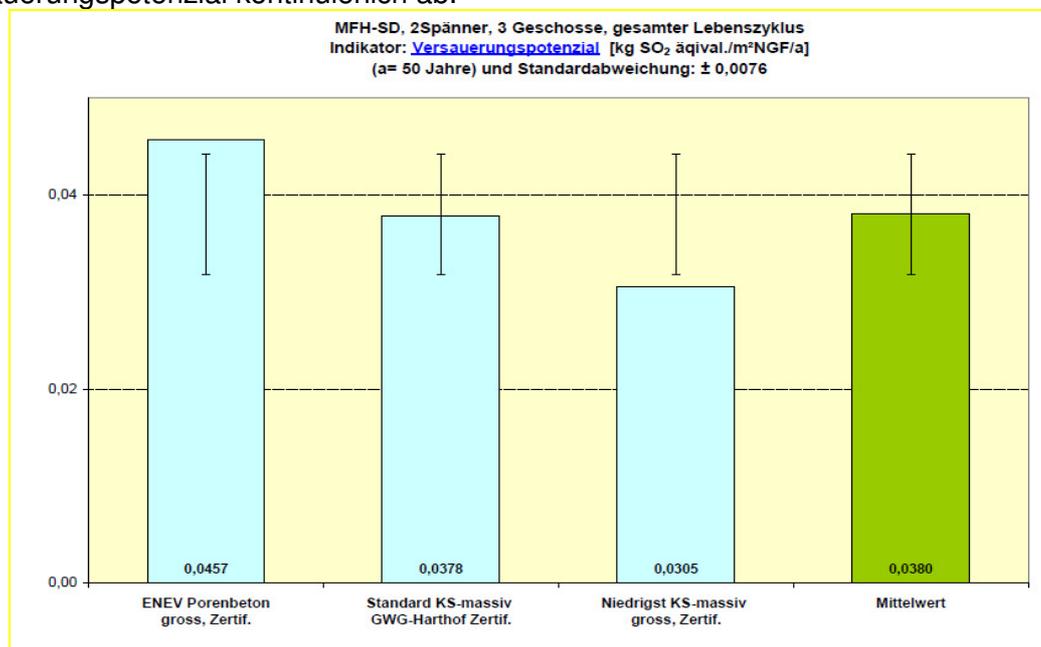


Abb. 9-19: Vierspännertyp SD, 4 GE, Wirkungskategorie Versauerungspotenzial

9.6 Zusammenfassung Gebäudeauswertung

Die berechneten Werte der einzelnen Gebäudetypen sind in Bezug auf die verschiedenen Variationen plausibel. Es treten keine unerwarteten Veränderungen auf. Einen wichtigen Einfluss auf das Gesamtergebnis hat immer noch der Energiebedarf, obwohl der Abstand zwischen einem EnEV 2009 Grenzwertniveau und dem Niedrigstenergieniveau durch die gestiegene Anforderung der EnEV deutlich kleiner geworden ist.

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

Der Einfluss der Primärkonstruktion ist dadurch in der Bedeutung gestiegen, da der Bedarf an Endenergie auch bei 50 jährigem Betrachtungszeitraum stark zurückgegangen ist. Die Wahl des Energieträgers kann einen erheblichen Einfluss auf das Ergebnis haben. Der Einsatz eines nachwachsenden Energieträgers zeigt je nach Ökobilanz-Indikator positive und negative Wirkungen. Der Einsatz von elektrischen Wärmepumpen dagegen zeigt keine signifikanten Abweichungen im Vergleich zum Einsatz eines fossilen Energieträgers.

9.7 Ziel-, Orientierungs- und Grenzwerte Mehrfamilienhaus

Die Gesamtauswertung aller Gebäude erlaubt die Festlegung von belastbaren Ziel-, Orientierungs- und Grenzwerten. Der Orientierungswert entspricht nicht dem berechneten Mittelwert, sondern wird von den Gebäuden gebildet, die den EnEV-Grenzwert einhalten. Hintergrund ist die Festlegung im Bewertungssystem, dass ein nach geltenden Verordnungen erbautes Gebäude einen Mittelwert erreichen kann. Im BNB bedeutet dies für den Orientierungswert 50 von 100 Punkten.

In den folgenden Abbildungen wird auf dieser Basis für alle Ökoindikatoren der Orientierungswert (R) festgelegt und anschließend der Korridor zwischen Grenzwert (G) und Zielwert (Z). Die Festlegung des Korridors orientiert sich dabei auch teilweise an den Vorgaben, die im BNB für Bürogebäude eingeführt wurden.

Der entwickelte Korridor zwischen Grenzwert (G) im Sinne der oberen Grenze für den jeweiligen Indikator, Referenzwert (R) und Zielwert (Z) im Sinne minimaler Werte bei der Ökobilanz ist in den nachstehenden Abbildungen grün hinterlegt.

Bei den Gebäuden bedeutet der erste Materialbezeichner (z.B. Beton) das Material der Primärkonstruktion (MZ=Mauerziegel, KS= Kalksandstein, Beton= Beton, Holz= Holzrahmen oder Brettstapel). Der zweite Bezeichner steht für das energetische Niveau (E= EnEV-Erfüllung, S= Standard, real gebaute Variante, N= Niedrigstenergie). Beim Gebäude Nr. 12 bedeutet GS= Gasbrennwertkessel, LWP= Luftwärmepumpe.

9.7.1 Wirkungskategorie Treibhauspotenzial

Der Indikator Treibhauspotenzial (GWP) ist einer der wichtigsten Wirkungskategorien. Ein Gebäude überschreitet den Grenzwert. Fünf Gebäude unterschreiten den Zielwert.

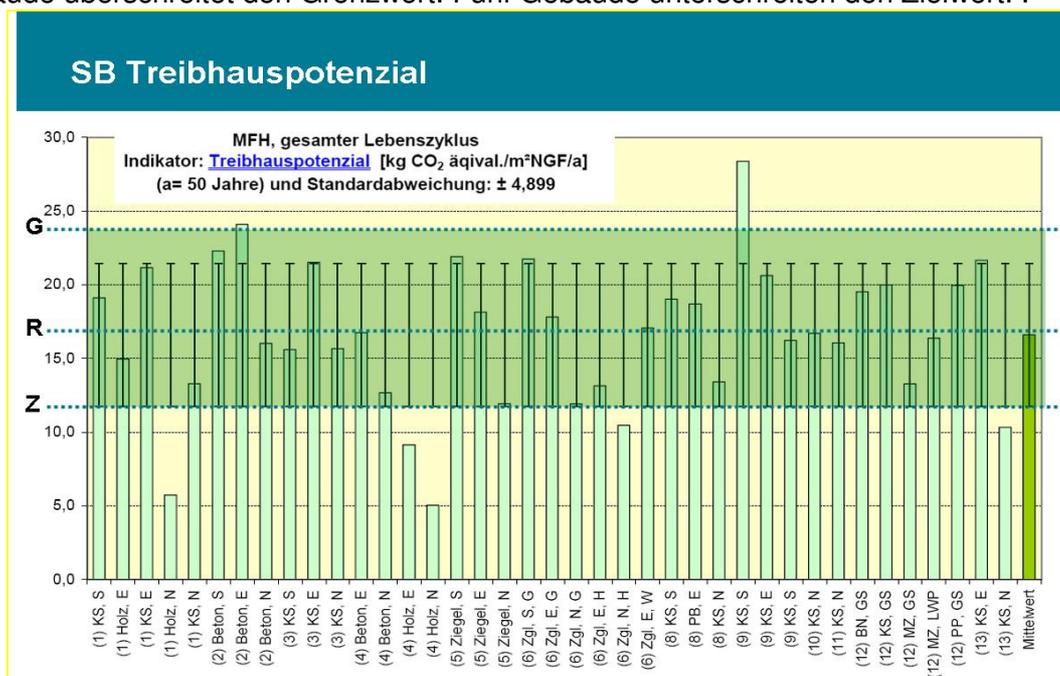


Abb. 9-20: Treibhauspotenzial

9.7.2 Wirkungskategorie Ozonabbaupotenzial

Beim Indikator Ozonabbaupotenzial überschreiten zwei Gebäude den Grenzwert, fünf Gebäude unterschreiten den Zielwert.

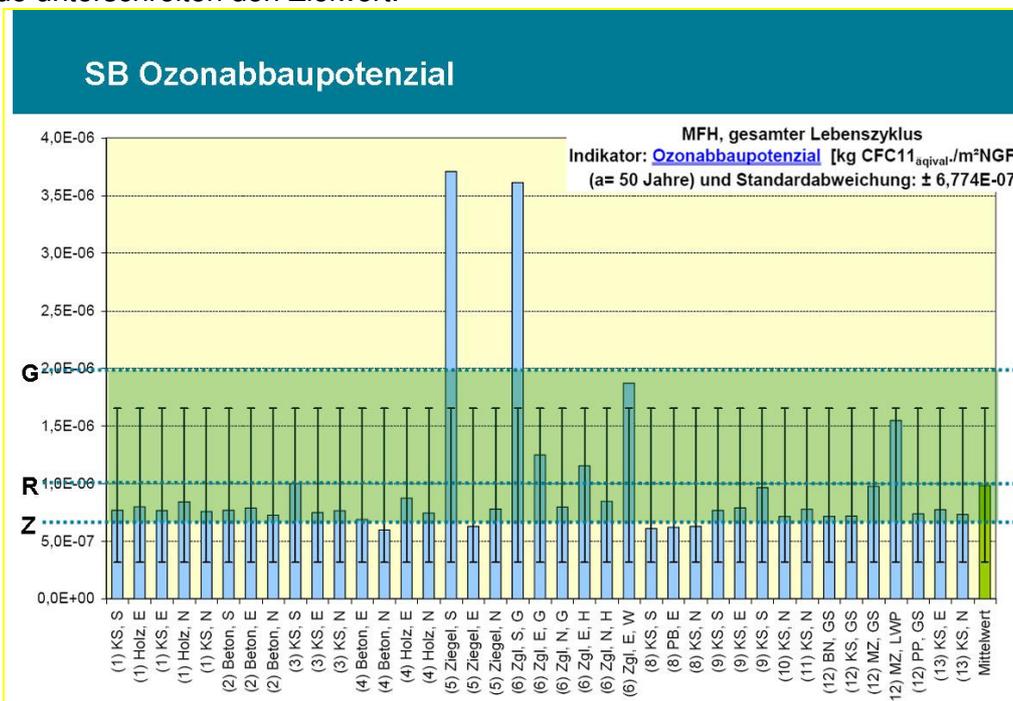


Abb. 9-21: Ozonabbaupotenzial

9.7.3 Wirkungskategorie Sommersmogpotenzial

Das Ozonbildungspotenzial beschreibt die Zunahme von bodennahem Ozon, das vornehmlich für den Sommersmog verantwortlich ist. Fünf Gebäude überschreiten den Grenzwert, vier Gebäude unterschreiten den Zielwert.

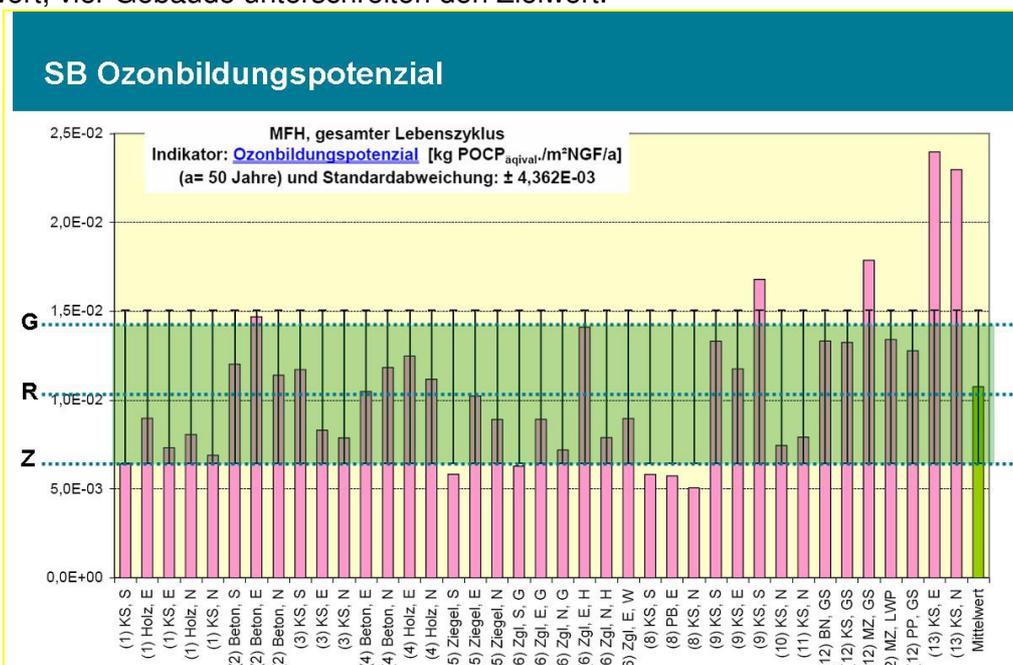


Abb. 9-22: Ozonbildungspotenzial

9.7.4 Wirkungskategorie Versauerungspotenzial

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

Beim Versauerungspotenzial liegt ein Gebäude über dem Grenzwert, fünf Gebäude unterschreiten den Zielwert.

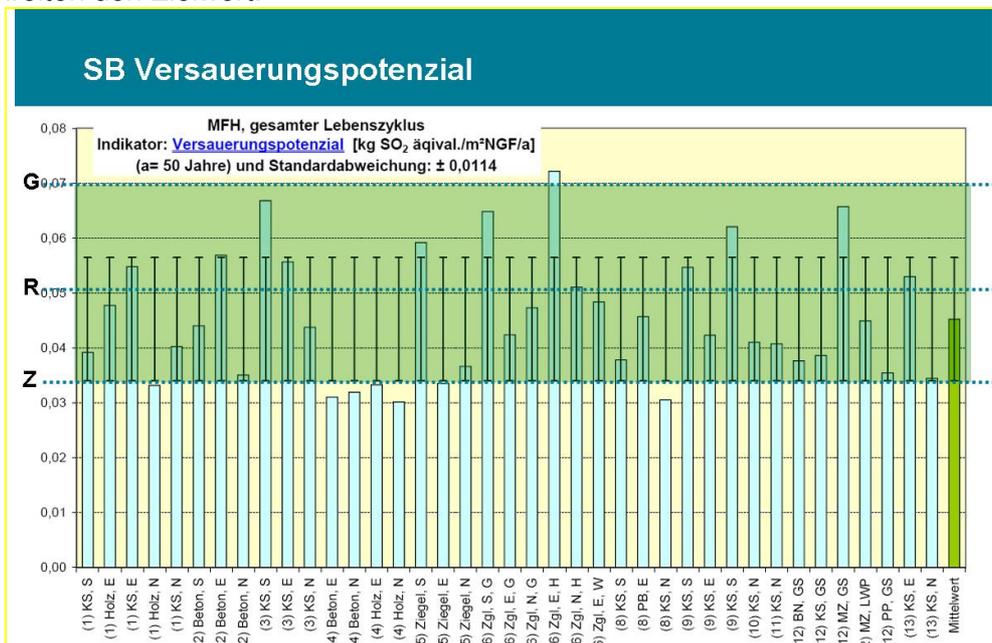


Abb. 9-23: Versauerungspotenzial

9.7.5 Wirkungskategorie Überdüngungspotenzial

Beim Überdüngungspotenzial überschreiten vier Gebäude den Grenzwert, zwei Gebäude unterschreiten den Zielwert.

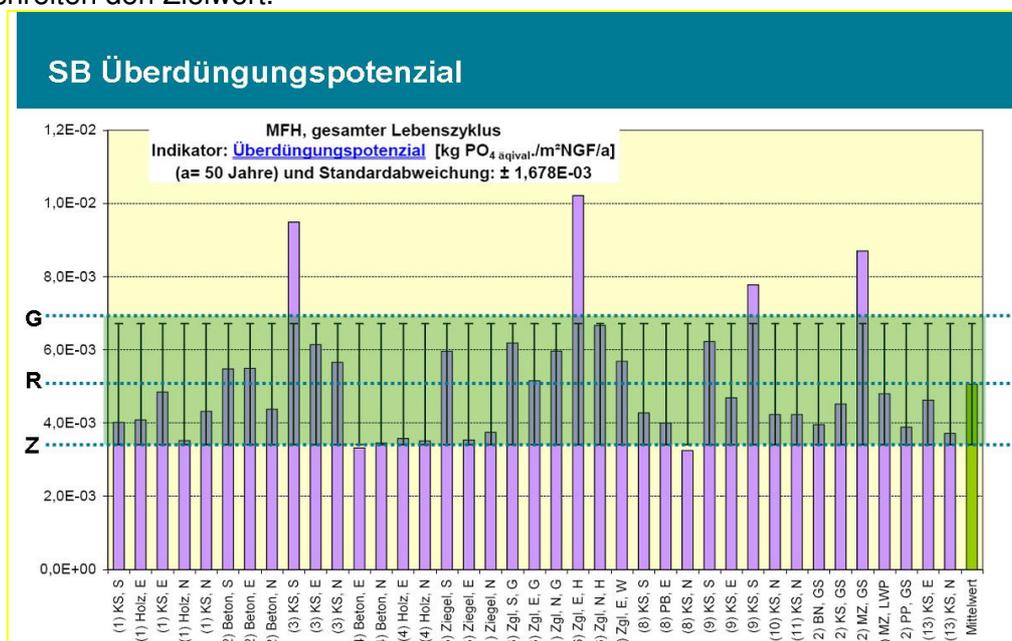


Abb. 9-24: Überdüngungspotenzial

9.7.6 Inputkategorie Primärenergie nicht erneuerbar

Der Aufwand an Primärenergie wird unterschieden in nicht erneuerbare und erneuerbare Primärenergie. Bei dem Indikator nicht erneuerbare Primärenergie liegen drei Gebäude über dem Grenzwert, fünf Gebäude unterschreiten den Zielwert.

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

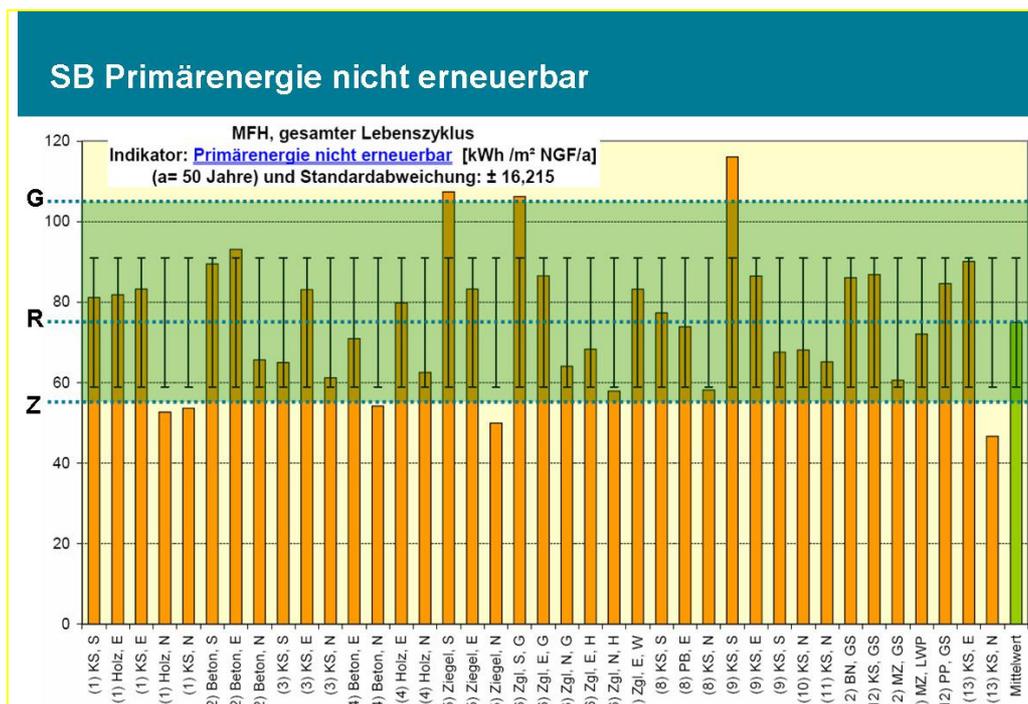


Abb. 9-25: Primärenergie nicht erneuerbar

9.7.7 Inputkategorie Gesamt-Primärenergie

Die Inputkategorie Gesamtprimärenergie berücksichtigt den nicht erneuerbaren und den erneuerbaren Anteil. Da bei der erneuerbaren Primärenergie im Gegensatz zur nicht erneuerbaren das Ziel ist einen relativ hohen Anteil zu erreichen, können beide Aspekte „niedrige Gesamtenergie – hoher erneuerbarer Anteil“ nur selten erreicht werden. Drei Gebäude überschreiten den Grenzwert, vier Gebäude unterschreiten den Zielwert.

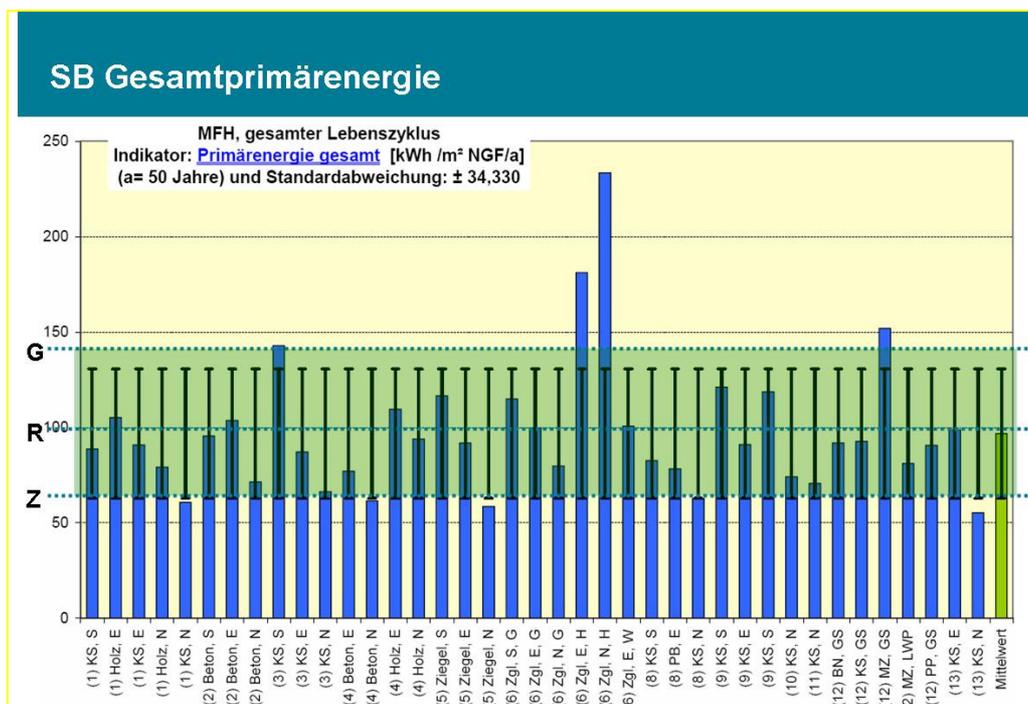


Abb. 9-26: Gesamt-Primärenergie nicht erneuerbar

9.7.8 Verhältnis Primärenergie erneuerbar zur Gesamtprimärenergie

Innerhalb der Gesamt-Primärenergie ist ein hoher Anteil erneuerbarer Energie wünschenswert. Im Steckbrief des BNB wird der Prozentsatz der erneuerbaren Primärenergie an der Gesamtprimärenergie abgefragt. In diesem Fall ist ein hoher Prozentsatz das Ziel. Vier Gebäude unterschreiten den Grenzwert, neun Gebäude überschreiten den Zielwert.

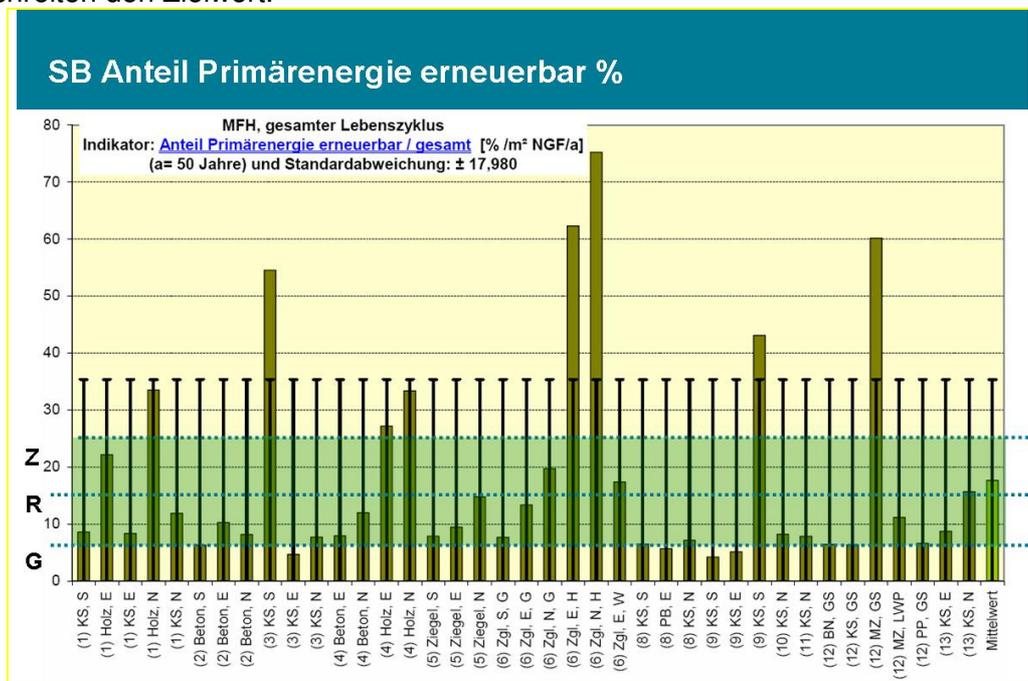


Abb. 9-27: Prozentanteil Primärenergie erneuerbar

9.7.9 Ergebnis der Ökobilanz für MFH

Durch die Auswertung der Berechnungen der Ökobilanz für die Gruppe der Typvertreter der Mehrfamilienhäuser können Ziel-, Orientierungs- und Grenzwerte für die einzelnen Indikatoren ermittelt werden. Diese werden in den folgenden Tabellen noch einmal zusammengestellt.

Indikator	Einheit	Referenz	f Grenz	f Ziel
		R	G	Z
Treibhauspotenzial	kg CO ₂ -equ./m ² NGF und Jahr kg CFC11-equ./m ² NGF und	17,00	1,40	0,70
Ozonabbaupotenzial	Jahr	0,000001	2,00	0,70
Ozonbildungspotenzial	kg C ₂ H ₄ -equ./m ² NGF und Jahr	0,010	1,40	0,70
Versauerungspotenzial	kg SO ₂ -equ. /m ² NGF und Jahr	0,050	1,40	0,70
Überdüngungspotenzial	kg PO ₄ -equ. /m ² NGF und Jahr	0,005	1,40	0,70
Primärenergie nicht ern.	kWh PE ne/m ² NGF und Jahr	75,00	1,40	0,70
Primärenergie ern.	kWh PE ern/m ² NGF und Jahr	25,00		
Primärenergie gesamt	kWh PE ges. /m ² NGF und Jahr	100,00	1,40	0,70
% Anteil Primärenergie ern. an Gesamtprimärenergie	%	15	0,5	1,7

Tabelle 9-4: Übersicht Referenzwerte und Faktoren Ökobilanz MFH

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

Benchmark für die ökologische Qualität - Mehrfamilienhäuser
 Ökobilanz gerechnet mit LEGEP gesamter Lebenszyklus mit
 Versorgung

	Bezugsgröße (BG)							
	Global Warming Potential	Ozone Depletion Potential	Photochemical Ozone Creation Potential	Acidification Potential	Eutrophication Potential	Primary Energy non renewable	total Primary Energy	% renewable Primary Energy of total
	CO ₂ kg/m ² NGFa	CFC11-kg/m ² NGF a	C ₂ H ₄ kg/m ² NGF	SO ₂ kg/m ² NGF a	PO ₄ kg/m ² NGF a	kWh/m ² NGF a	kWh/m ² NGF a	%
10 Punkte	11,90	0,000007	0,007	0,035	0,004	52,50	70,00	5,0 25,00
5 Punkte	17	0,000001	0,01	0,05	0,005	75	100	2,5 15
1 Punkt	23,8	0,000002	0,014	0,07	0,007	105	140	0,5 7,5

Ökobilanz gerechnet mit LEGEP, Kennwerte nur für Gebäude gesamter Lebenszyklus

	Global Warming Potential	Ozone Depletion Potential	Photochemical Ozone Creation Potential	Acidification Potential	Eutrophication Potential	Primary Energy non renewable	total Primary Energy	% renewable Primary Energy of total
	CO ₂ kg/m ² NGFa	CFC11-kg/m ² NGF a	C ₂ H ₄ kg/m ² NGF	SO ₂ kg/m ² NGF a	PO ₄ kg/m ² NGF a	kWh/m ² NGF a	kWh/m ² NGF a	P. %
10 Punkte	6,00	0,00000031	0,00560	0,022	0,00280	27	32	5,0 25,00
5 Punkte	8,5	0,00000045	0,008	0,032	0,004	38	46	2,5 15
1 Punkt	11,9	0,0000009	0,0112	0,045	0,0056	53	64	0,5 7,5

Tabelle 9-5: Übersicht Benchmark Ökobilanz MFH nach Referenz-, Grenz- und Zielwerten

Der obere Teil der Tabelle berücksichtigt die Mehrfamilienhäuser mit Gebäude und Betrieb. Der untere Teil der Tabelle bezieht sich auf Mehrfamilienhäuser und berücksichtigt nur das Gebäude.

10 Zusammenfassung der Forschungsergebnisse

Die Plausibilitätsprüfung der Typvertreter „Wohnen“ durch den Vergleich mit Daten anderer Gebäudedokumentationssysteme führte zu einem positiven Ergebnis. Damit konnte diese effiziente Methodik der Gebäudemodellierung als Grundlage für die Erzeugung belastbarer Daten eingesetzt werden.

Die berechneten Werte für die Ökobilanz haben in der Gesamtauswertung sinnvolle und plausible Wertekorridore ergeben. Über- und Unterschreitungen lassen sich auf spezifische Konstruktionen oder Betriebsmittel zurückführen.

Ein deutlicher Unterschied ist zwischen den Ein- und Mehrfamilienhäusern inklusive Betrieb festzustellen. Die Abweichung ist nach Indikator unterschiedlich und bewegt sich zwischen 24 % – 80% (vom niedrigeren Wert des MFH). Da die Referenzwerte für die Gebäude ohne Betrieb nur geringfügig abweichen, ist der Unterschiede in der Betriebsphase begründet. Da der Betrieb von Einfamilienhäusern wesentlich unwirtschaftlicher ist, als bei Mehrfamilienhäusern, ist dieses Ergebnis plausibel. Bei Entwicklung von Bewertungssystemen für Einfamilienhäuser ist dies zu berücksichtigen.

Die eingesetzten Faktoren zur Ermittlung von Ziel- und Grenzwerten haben sich als weitgehend identisch mit der ermittelten Standardabweichung bewiesen. Beim Indikator Überdüngungspotenzial muss der Faktor für den Grenzwert von 1,4 auf 2 erhöht werden, wenn man die höheren Werte der Holzpelletkessel nicht abwerten will. Diese Diskussion wurde in früheren Jahren bereits beim Indikator Ozonabbaupotenzial in Bezug auf die strombetriebenen Wärmepumpen geführt. Hier wurde der Grenzwert-Faktor im BNB-System auf 2 gesetzt.

Deutlich sind in den Auswertungen die Unterschiede in der energetischen Qualität der Gebäude zu erkennen. Die Niedrigstenergiegebäude erreichen bei fast allen Indikatoren gute Werte. Werden diese Gebäude mit nachwachsenden Rohstoffen gebaut, erreichen sie sehr gute Werte (siehe Abb. 9-20, 9-23, 9-24, 9-25, 9-27).

Der Vergleich zwischen den Werten für die Nutzungskategorie Büro und den Werten für die Nutzungskategorie Wohnen muss berücksichtigen, dass die Berechnung der Betriebsphase für Bürogebäude nach DIN 18599 den Aufwand für die Beleuchtung des Gebäudes und die Klimatisierung berücksichtigt. Bei Wohngebäuden wird nur der Hilfsstrom für die Heizung berücksichtigt. Dies führt zu einem wesentlich höheren Energiebedarf bei Bürogebäuden.

Deshalb müssen die Werte für das Gebäude inklusive Versorgung erheblich höher sein. Dies ist auch der Fall. Die Unterschiede liegen bei den einzelnen Indikatoren zwischen 40 und 500%. Für das Gebäude allein ist der Vergleich zwischen den Werten vom Betrieb unbeeinflusst. Hier liegen die Werte bei den Bürogebäuden etwas höher, im Schnitt um 10 – 30%. Der höhere bauliche Aufwand im Bürogebäudebereich bei Fassadenausbildung und Haustechniksystemen macht diesen Unterschied plausibel. Nur beim Indikator „Überdüngung“ liegen die Werte beim Wohnbausystem höher. Die Ursache liegt wahrscheinlich bei der umfangreicheren Erfassung von Oberflächenbeschichtungen bei der Elementmethode in der Legep-Datenbank.

Die erreichten Werte der einzelnen Indikatoren für den Wohnbaubereich konnten bereits in der Erprobungsphase einer Plausibilitätsprüfung unterzogen werden ^[KOEN2011]. Das Ergebnis der Bewertung bestätigt sowohl die Anwendbarkeit der Rechenregeln durch die Plausibilität der Ergebnisse, als auch die Bedeutungsrelevanz der angebotenen Wertekorridore.

11 Ausblick

Der Stand der Forschung ist in Bezug auf Umweltdaten von Gebäuden trotz der Vorgaben der ISO-Normung als dürftig zu bezeichnen. Die Veröffentlichungen sind gekennzeichnet durch:

- Unschärfe bei der Kubatur- und Flächendokumentation
- Unterschiedliche Betrachtungszeiträume
- Unklare Gebäudebeschreibungen
- Unterschiedliche Berechnung des Energiebedarfs
- Unklarer Einbezug der Lebenszyklusphasen.

Für die Erzeugung belastbarer Referenz-, Ziel- und Grenzwerte waren diese Daten nicht einsetzbar.

Die mit dieser Forschungsarbeit vorgelegten Berechnungen basieren auf der Modellierung von Typvertretern und deren Variation. Die Festlegung eindeutiger Rechenregeln für die Ökobilanzierung mit festgelegten Szenarien und der Zugriff auf eine für das Zertifizierungssystem in Deutschland verbindliche Ökomoduldatenbank erlaubt eine konsistente und nachvollziehbare Berechnung von Ökobilanzdaten. Dies erlaubte in einem abschließenden Schritt die Festlegung von Referenz-, Ziel- und Grenzwerten für die Nutzungskategorie „Wohnungsbau. Damit sind die Ergebnisse in den Zertifizierungssystemen von BMVBS und DGNB anwendbar.

Die Über- oder Unterschreitungen der Grenz- oder Zielwerte bei einzelnen Gebäuden sollten als Anregung für eine Überarbeitung/Anpassung der Benchmarks dienen. Folgende Vorschläge werden unterbreitet:

- Erweiterung des Untersuchungsrahmens mit einer größeren Varianz der Gebäude bezüglich des Primärkonstruktionsmaterials
- Erweiterung des Untersuchungsrahmens mit einer größeren Varianz der Gebäude bezüglich des eingesetzten Energieträgers
- Erweiterung des Untersuchungsrahmens mit einer größeren Varianz der Gebäude bezüglich des unterschiedlichen EnEV-Niveaus.

Die in diesem Forschungsprojekt entwickelten Methoden können für die Wertermittlung von Ökobilanzen anderer Nutzungskategorien z.B. Schulen, Hotels oder Industriegebäuden eingesetzt werden.

Quellennachweis

- [PE2005] PE Europe, Glossar der GABI-Datenbank, Stuttgart 2005
- [BK12005] Baukosteninformationszentrum, Baukosten 2005, Stuttgart 2005
- [WEKA2008] Mandl W., König H. Baukostenatlas 2008, Kissing 2007
- [ENQ92] Hrsg.: Enquete Kommission: Schutz der Erdatmosphäre, Bonn 1992
- [ENQ1998] Deutscher Bundestag, Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" des 13. Deutschen Bundestages. Konzept Nachhaltigkeit - Vom Leitbild zur Umsetzung. 1998. Ed.: Deutscher Bundestag Referat Öffentlichkeitsarbeit. Berlin
- [BINE99] Bewertung der Energie- und Stoffströme im Planungsprozess von Gebäuden, Bine Informationsdienst Bonn 1999
- [NABAU01] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Städtebau, Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Berlin 2001
- [NABAU01] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Städtebau, Leitfaden Nachhaltiges Bauen, S.16, Berlin 2001
- [BMVBS2011] Bundesministerium für Verkehr, Wohnen und Stadtentwicklung, Leitfaden für nachhaltiges Bauen 2011, Berlin 2011
- [LUE03] Lützkendorf Thomas, Von der Ökobilanzierung zur integrierten Lebenszyklusanalyse-Wege zur Verknüpfung von Umweltfreundlichkeit und Wirtschaftlichkeit in der Planung Karlsruhe 2003
- [IEMB2007] Vogdt, Frank, Kerz, Nicolas, Auswirkung quantitativer Bewertung im Planungs- und Bewertungsprozess von Gebäuden, Bonn 2007
- [CENTC350] Centre Europeenne de Normalisation, CEN TC 350 Sustainability of Construction Works, Brussel 2005
- [CENTC350] Centre Europeenne de Normalisation, CEN TC 350 Sustainability of Construction Works, Brussel 2005
- [PRE2004] PRESCO –comparison and benchmarking of building related environmental assessment and design tools Paris 2004
- [LEIT2000] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen BMVBW (2002) (Hrsg.) Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Berlin 2001 (www.nachhaltigesbauen.de)
- [UBA2002] Umweltbundesamt Forschungsprojekt „Kriterien und Indikatoren für ein nachhaltig umweltverträgliches Bauen und Wohnen (FKZ 210 12 303), IWU Darmstadt; Öko-Institut Darmstadt; IÖR Dresden; ÖÖW – Uni Karlsruhe
- [RUT105] Runder Tisch Nachhaltigkeit , Indikatorenliste für umweltverträgliches Bauen, Berlin 2005
- [DGNB09] Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen e.V., Imagebroschüre BAU2009, Stuttgart 2009

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

- [KOE2008] König, Holger, Orientierungswerte für die Bewertung von Hochbauten – erste Stufe: Bürogebäude, Karlsfeld 2008
- [KOE2009] König, Holger, Entwicklung einer Methodik zur Bestimmung von Orientierungswerten für Lebenszykluskosten, Teil 1: Bürogebäude, Karlsfeld 2009
- [HAUS2001] BMVBS mit Bundesarchitektenkammer, Hausakte, Bonn 2001
- [BAU2003] Bundesingenieurkammer et al. , Bauwerkspass, Berlin 2003
- [LEIT2000] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen BMVBW (2002) (Hrsg.) Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Berlin 2001 (www.nachhaltigesbauen.de)
- [GEB2001] Deilmann, Clemens et al. Grundlagen eines Instrumentariums zur Kennzeichnung guter Bauqualität und Förderung ökologischer Orientierungen im Bauwesen, Dresden 2001
- [IMMO2001] Steiger, Peter et al., ImmoPass, München 2001
- [TQ2002] Bruck, Karl, ÖÖI, Total Quality Planung und Bewertung, Wien 2002
- [GBT98] GreenBuildingChallenge 98, GBTool, Tagungsdokumentation der Green Building Challenge GBC'98, Vancouver 1998
- [ITAC2006] Istituto per l'innovazione e trasparenza degli appalti e la compatibilità ambientale, Protocollo Itaca, www.itaca.org, Turin 2006
- [ZUK2004] <http://www.hausderzukunft.at/results.html?id=2758&menulevel1=3&menulevel2=0>
- [GEWO03] GEWOFAG et al., Wohngebäude an der Friedenspromenade und der Georg-Kerschensteiner-Strasse in München, Ökologische und ökonomische Bewertung, München 2003
- [GRAU2006] Graubner C.-A. et al. Ökobilanzstudie, Darmstadt 2006
- [KOE2008] König, Holger, Orientierungswerte für die Bewertung von Hochbauten – erste Stufe: Bürogebäude, Karlsfeld 2008
- [DGNB2008] DGNB Steckbriefe „Ökologische Qualität“, vorläufige Fassung für Probezertifizierung 12-2008, Stuttgart 2008
- [UBA2007] Umweltbundesamt, Umweltdaten Deutschland, Dessau 2007
- [STABU78] Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Systematik der Bauwerke. Ausgabe 1978. Systematische Verzeichnisse
- [STABU78] Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Systematik der Bauwerke. Ausgabe 1978. Systematische Verzeichnisse
- [ages99] Zeine, Karl et al., Verbrauchskennwerte 1999, Münster 2000
- [ARGEBAU] ARGEBAU-Hochbauausschuss, Fachkommission Baukostenplanung

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

- [EMIS03] Energie- und Medieninformationssystem des Bundesministeriums für Verkehr, Bauen und Städteplanung; Berlin 2003
- [ELTO01] Oberfinanzdirektion Frankfurt, Energiewirtschaftliche Beratungsstelle, Frankfurt 2001
- [LBAA2005] Landesinstitut für Bauwesen Aachen, Bauwerkszuordnungskatalog Aachen 2005
- [OFDRP05] Oberfinanzdirektion Koblenz, Landesvermögens- und Bauverwaltung, Bauwerkszuordnungskatalog, Koblenz 2005
- [OFDBWW06] Oberfinanzdirektion Freiburg, Richtlinie Baukostenplanung Freiburg 2006]
- [BKI06] Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (Hrsg.): BKI Objekte: Kosten abgerechneter Bauwerke, Bd. 1; Stuttgart 2006;
- [BOG07] Bogenstätter, Ulrich, Bauwerkszuordnungskataloge Synopse, Nürtigen-Geislingen 2007
- [NORM2000] Normalherstellungskosten (NHK 2000), Anlage 7 der Wertermittlungsrichtlinie 2006, Berlin 2006
- [NHK2000] Normalherstellungskosten, Berlin 2000
- [BKI2008] BKI, Aktuelle Sachwerte in der Verkehrswertermittlung, Stuttgart 2008
- [STABU78] Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Systematik der Bauwerke. Ausgabe 1978. Systematische Verzeichnisse
- [AGES99] ages, Verbrauchskennwerte 99. Anhang 13. Seite 1-3
- [DREES83] Drees, Gerhard; Höh, Gerhard: Entwicklung einer Methode für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen bei Baumaßnahmen des Bundes, Schriftenreihe "Bau- und Wohnforschung", BMBau 04.094; Bonn 1983, S. 44
- [MEST2004] Mestmacher, Wolfgang, Krikler, Manfred, Gebäudeschätzung über die Bruttogeschoßfläche, 2004
- [ENQ99] Kohler, Niklaus; Hassler, Uta; Paschen, Herbert (Hrsg.): Stoffströme und Kosten in den Bereichen Bauen und Wohnen. Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages“. Springer Verlag Berlin/Heidelberg/New York 1999
- [FEIST02] Feist, Wolfgang, Kotengünstiges Bauen von Passivhäusern, Beispiele aus CEPHEUS, Darmstadt 2002
- [MIN2002] Binz A. et al., Minenergie und Passivhaus, zwei Gebäudestandards im Vergleich, Bern 2002
- [EXTER02] Bruck, Manfred Externe Kosten Teil III, Referenzgebäude und Wärmeerzeugungssysteme, Wien 2002
- [DENA05] Kwappich Thomas, DENA-Feldversuch Nichtwohngebäude, Berlin 2005

Entwicklung von Grundlagen und Datensätzen für Orientierungs-, Grenz- und Zielwerte für die ökologische Bewertung von Gebäuden

[BKI2005] Baukosteninformationszentrum, Baukosten 2005, Stuttgart 2005

[MITTAG03] Mittag, Martin, in Kostenschätzung leicht gemacht, Kissing 2003

[NHK2000] Normalherstellungskatalog, Berlin 2000

[BKI2005] Baukosteninformationszentrum, Baukosten 2005, Stuttgart 2005

[MITTAG03] Mittag, Martin, in Kostenschätzung leicht gemacht, Kissing 2003

[NHK2000] Normalherstellungskatalog, Berlin 2000

[KOE2009] König, Holger, Entwicklung einer Methodik zur Bestimmung von Orientierungswerten für Lebenszykluskosten Teil 1: Bürogebäude, Gröbenzell 2009

[KOEN2011] König, Holger, Nachweis der Belastbarkeit von Ziel- und Grenzwerten für Lebenszyklus (LCC) und Umweltbelastung (LCA) für Wohngebäude