

Nachhaltigkeit massiv

AP06

OI3-Erweiterungen: Bilanzgrenzen, Kennzahlen
und Nutzungsdauer



Impressum Autor DI Dr. Bernhard Lipp, IBO GmbH

Für den Inhalt verantwortlich DI Dr. Bernhard Lipp, IBO GmbH

Alserbachstraße 5/8 1090 Wien Tel +43.1.3192005 12 Fax +43.1.3192005 50

Email bernhard.lipp@ibo.at ibo@ibo.at Web www.ibo.at

OI3-Erweiterungen: Bilanzgrenzen, Kennzahlen und Nutzungsdauer

Auftraggeber:

Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „ENERGIE DER ZUKUNFT“ durchgeführt. Zusätzlich wird das Projekt aus Mitteln des Fachverbands der Stein- und keramischen Industrie der Wirtschaftskammer Österreich unterstützt.

AutorInnen:

DI Dr. Bernhard Lipp
unter Mitarbeit von
Mag. Hildegund Mötzl, DI Philipp Boogman, Markus Wurm, DI Wolfgang Huber

Wien, September 2009

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	9
2	Erkenntnisse und Ergebnisse.....	10
2.1	Weiterentwicklung des OI3 zum OI4	10
2.2	Erweiterung der zeitlichen Bilanzgrenzen (Herstellung und Instandhaltung).....	11
2.3	Erweiterung der zeitlichen Bilanzgrenzen (Herstellung und Instandhaltung).....	12
2.4	Analyse und Implementierung weiterer Ergebnisse aus den anderen Teilprojekten (Transporte)	13
2.5	Ergebnisse für die Integration in das Gebäudebewertungssystem TQBneu.....	14
2.6	Ergebnisse für die Bauwirtschaft	14
3	Überblick über das OI3-Konzept	15
3.1	IBO-Referenzbaustoff-Datenbank.....	16
3.2	Grundlagen der OI3-Indikatoren	16
3.2.1	Ökoindikator OI3 _{KON} der Konstruktion.....	17
3.2.2	Ermittlung der Teilkennzahlen OI _{PEIne} , OI _{GWP} , OI _{AP}	17
3.2.3	OI _{PEIne}	18
3.2.4	OI _{GWP}	18
3.2.5	OI _{AP}	19
3.2.6	Wertebereich des OI3 _{KON} -Indikators	19
3.2.7	Δ OI3 - Der OI3-Indikator für eine Baustoffschicht.....	20
3.2.8	OI3 _{TGH,X} - Ökoindikatoren für Gebäude	22
3.2.9	Berechnung des OI3 _{TGH}	22
3.2.10	Berechnung des OI3 _{TGH,lc}	22
3.2.11	Berechnung des OI3 _{TGH,BGF}	23
4	Erweiterung des OI3 zum OI4	24
4.1	Ziele der OI3-Erweiterung.....	24
4.2	Analyse des POCP von Baustoffen, Konstruktionen und Gebäuden	24
4.2.1	Referenzkonstruktions-Datensatz	25
4.2.2	Referenzgebäude Modellhaus	29
4.3	Bilanzgrenze TGH (Bilanzgrenze BG0).....	35
4.3.1	Keller/Bodenplatte	35
4.3.2	Fassade.....	36
4.3.3	Dach/Eindeckung/Abdichtung	36
4.3.4	Innenwände	36
4.3.5	Fußbodenbelag	36

4.4	Bilanzgrenze BG1	36
4.4.1	Erweiterung des IBO-Referenzdatensatzes um Baustoffe in diesen Bauteilschichten	36
4.4.2	Erhöhung des OI3 durch die Einbeziehung der neuen Schichten	37
4.4.3	OI3 _{BG1}	37
4.4.4	Abdichtungen und Fundamente	37
4.4.5	Fassade	37
4.4.6	Dachhaut/Dacheindeckung	38
4.4.7	Zusammenfassung	38
4.4.8	Modellentwurf zur Integration des Kellers bzw. der Nebengebäude in das OI3 - Konzept	38
5	Implementierung eines Nutzungsdauermodells in das OI3-Konzept.....	44
5.1	Methode und Ergebnisse	44
5.2	Referenzkonstruktionen	44
5.2.1	Außenwände	44
5.2.2	Dächer	45
5.2.3	Erdberührte Außenwände und Fundamente	46
5.2.4	Decken	47
5.2.5	Resümee für die Referenzkonstruktionen	48
5.2.6	Referenzgebäude Modellhaus	49
5.2.7	Resümee für ein Referenzgebäude	51
6	Analyse weiterer Ergebnisse aus anderen Forschungsprojekten und Implementierung in das OI3-Modell	52
6.1	Analyse und Ergebnisse	52
7	Zusammenfassung und Ausblick	54
7.1	Zusammenfassung OI3 bzw. OI4	54
7.2	Zusammenfassung und Ausblick zu Erweiterung der Bilanzgrenzen.....	54
7.3	Implementierung weiterer Ergebnisse aus den anderen Teilprojekten (Transporte)	55
8	Literatur	56
9	Tabellenverzeichnis.....	58
10	Abbildungsverzeichnis.....	59
11	Anhang	60
11.1	Referenzkonstruktionen Übersicht.....	60
11.2	Kennwerte Referenzgebäude MDH08_FD_XXX_Y	79

1 Einleitung

Vereinfachte quantitative ökologische Bewertungsmethoden für Gebäude haben in den letzten Jahren Einzug in die Wohnbauförderungsmodelle fast aller Bundesländer, das klima:aktiv haus und in die Gebäudebewertungssysteme TQB und IBO ÖKOPASS gehalten. Ein zentrale Rolle spielte dabei, neben dem im „Haus der Zukunft“ entwickelten Gebäudebewertungssystem TQ, der vom IBO ursprünglich für die Salzburger Wohnbauförderung im Jahre 2003 entwickelte Ökoindex 3 (OI3). Seit der erstmaligen Einführung in der Salzburger Wohnbauförderung haben Planer, Gebäudebewerter und Wohnbauförderungen umfangreiche Erfahrungen mit dem OI3 sammeln können, sodass nun folgende Weiterentwicklungen des OI3 als praktisch umsetzbar erscheinen:

- Erweiterung des OI3 zum OI4 (Hinzunahme des Photosmogpotentials)
- Erweiterung der räumlichen Bilanzgrenzen der Gebäude
- Erweiterung der zeitlichen Bilanzgrenzen (Herstellung und Instandhaltung)

Die Weiterentwicklungen des heute in Österreich etablierten OI3-Systems soll die Treffsicherheit des Bewertungsverfahrens erhöhen ohne dabei seine Praxistauglichkeit zu gefährden.

Der Forschungsbericht zu den oben genannten Themen ist wie folgt gegliedert:

- Zusammenfassung der Projektergebnisse
- Überblick zum OI3-Konzept
- Weiterentwicklung des OI3 zum OI4
- Erweiterung der zeitlichen Bilanzgrenzen (Herstellung und Instandhaltung)
- Analyse und Implementierung weiterer Ergebnisse aus den anderen Teilprojekten (Transporte)
- Ausblick und Empfehlungen
- Literaturverzeichnis
- Anhang A: Referenzkonstruktionen

Durch den derzeit schon weit verbreiteten Einsatz des OI3-Konzepts ist zu erwarten, dass die Weiterentwicklungen und Verbesserungen auch von den bisherigen OI3-Nutzern (Wohnbauförderungen, klima:aktiv haus, TQB, IBO ÖKOPASS) übernommen werden und die neuen Konzepte dadurch rasch flächendeckend in Österreich eingeführt werden.

2 Erkenntnisse und Ergebnisse

2.1 Weiterentwicklung des OI3 zum OI4

Der OI3 wird aus den drei Ökokennzahlen Primärenergieinhalt nicht erneuerbar (PEI n.e.), Treibhauspotential (GWP) und Versäuerungspotential (AP) berechnet. Umweltwirkungen durch VOC-Emissionen werden damit nicht abgebildet. VOC-Emissionen führen unter Anwesenheit von Stickoxiden und Licht zur Bildung von bodennahem Ozon („Photosmog“), das besonders bei Kindern und Kranken brennende Augen, Husten, Heiserkeit und entzündete Atemwege auslösen oder die Lungenfunktion schwächen kann. In diesem Projektteil sollte der OI3 zum OI4 inklusive Photosmogpotential (POCP) weiterentwickelt werden.

Dazu wurde zuerst der IBO-Baustoffreferenzdatensatz bezüglich des Photosmogpotentials von Baustoffen vervollständigt und ergänzt. Danach wurde mit einem Referenzkonstruktions-Datensatz und für das Referenzgebäude Modellhaus das Photosmogpotential berechnet und analysiert. Das folgende Diagramm zeigt das POCP für das gesamte Modellgebäude und aufgliedert nach den einzelnen Konstruktionen im Gebäude (Außenwand, Innenwand, Fenster, Dach, Geschoßdecke, Kellerdecke und erdberührte Außenwände) für die Herstellung (blau) und Herstellung und Instandhaltung über 100 Jahre (rot).

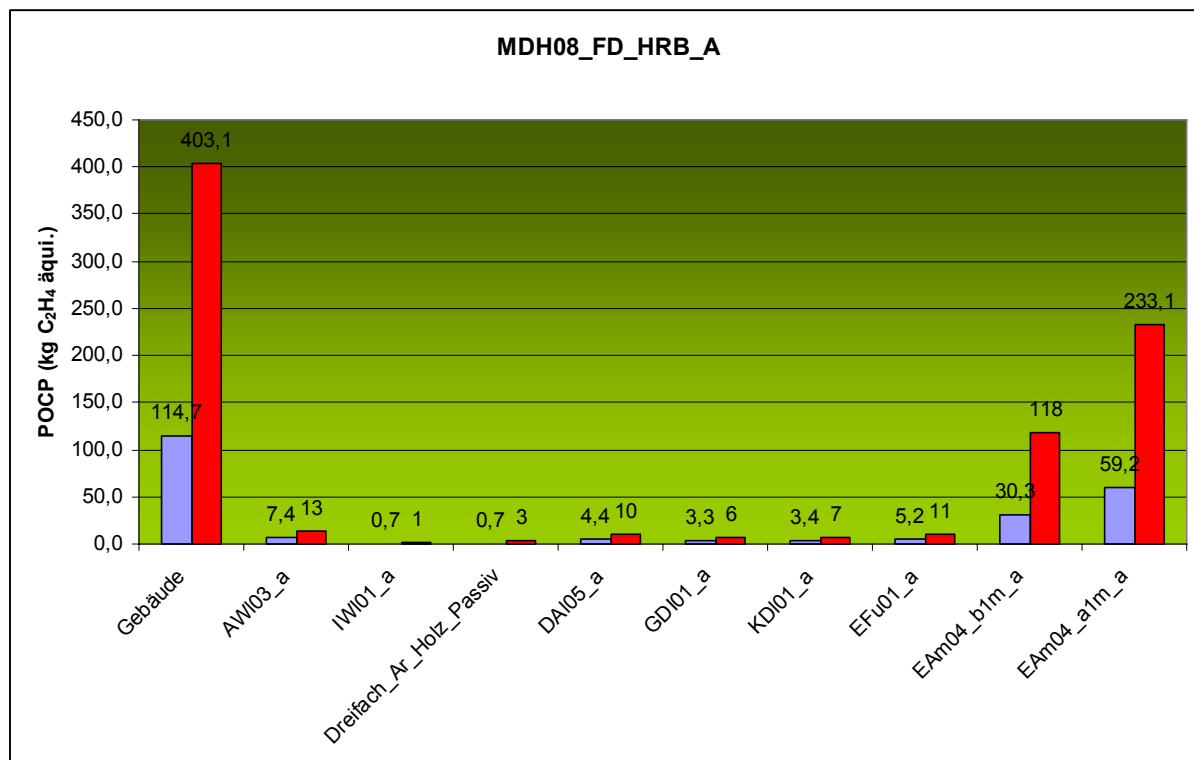


Abbildung AP6.7: POCP des Modellgebäudes MDH08_FD_HRB_A

Die Analyse kommt zur überraschenden Schlussfolgerung, dass das POCP eines Gebäudes praktisch ausschließlich vom lösemittelhaltigen Bitumenanstrich bestimmt wird (in den erdberührten Außenwänden EAm04_xxx_a). Die Erweiterung des OI3 mit dem POCP macht daher wenig Sinn. Das System wäre zu fehleranfällig, da die Bilanzgrenzen auch auf andere lösmittelhaltige Produkte wie Kleber, Bodenbeläge, Farben und Lacke ausgedehnt werden müssten. Dies wäre mit Sicherheit eine Überforderung des OI3 bzw. OI4-Konzepts. Das POCP eines Gebäudes wird am besten direkt über die Vermeidung von Lösemitteln in den Bauprodukten bewertet, optimiert und reduziert. Dies wird jedoch aus praktischen Gründen auch derzeit schon genau so in den Gebäudebewertungssystemen TQB, klima:aktiv Haus und IBO ÖKOPASS durchgeführt. Die Ergebnisse dieses Projektteils sind daher eine Rechtfertigung dieser Vorgangsweise.

2.2 Erweiterung der zeitlichen Bilanzgrenzen (Herstellung und Instandhaltung)

Aus dem Projekt AP01 wurde ersichtlich, dass eine Erweiterung der räumlichen und zeitlichen Bilanzgrenzen (BG) für ein Gebäude eine genauere Abbildung der Ökologie des Gebäudes ermöglichen sollte. Für die praktische Umsetzung der Bilanzgrenzenerweiterung über die derzeitige Bilanzgrenze TGH (Errichtung der thermische Gebäudehülle und Decken) hinaus ist ein flexibles Bilanzgrenzenkonzept, räumlich und zeitlich, erforderlich. Es wurde daher das folgende stufenförmige Bilanzgrenzenkonzept für die OI3-Weiterentwicklung entworfen:

- BG1 = TGH + Decken + Dacheindeckung + Feuchtigkeitsabdichtungen + hinterlüftete Fassadenteile
- BG2 = BG1 + Innenwände (Trennbauteile)
- BG3 = BG2 + Keller komplett
- BG4 = BG3 + direkte Erschließung (Stiegen, Laubengänge usw.)
- BG5 = BG4 + HT (Haustechnik)
- BG6 = BG5 + gesamte Erschließung + Nebengebäude

Ab der Bilanzgrenze BG1, kann die zeitliche Bilanzgrenze jedenfalls schon die Nutzungsdauern enthalten. Ab der Bilanzgrenze BG3 muss die Nutzungsdauer enthalten sein.

Die folgende Ergebnistabelle stellt am Beispiel des Referenzgebäudes Utendorfgasse den Anteil der für den OI3 wichtigen Ökoindikatoren für Errichtung, berechnet mit der Bilanzgrenze BG1, bezogen auf die Summe Errichtung plus Instandhaltung, berechnet mit der Bilanzgrenze BG5, dar. Aus dieser Tabelle wird ersichtlich, dass mit der Bilanzgrenze

BG1 über 28 % - Punkte der drei wesentlichen Umweltwirkungen bezüglich des OI3 abgebildet werden.

Anteil Errichtung BG1 am gesamtem Betrachtungszeitraum und BG5	global warming (GWP100)	acidification	PEI nicht erneuerbar
	kg CO ₂ eq.	kg SO ₂ eq.	MJ
Variante 1: Stahlbeton	41%	33%	34%
Variante 2: Holzmassiv	41%	30%	28%
Variante 3: Ziegel	31%	28%	30%

Tabelle AP6.16: Anteil der Umweltwirkungen der Bilanzgrenze BG1 bezogen auf die Bilanzgrenze BG5 für das Referenzgebäude Utendorfgasse

Diese Berechnung widerlegt eindeutig die Ergebnisse und Darstellungen aus dem AP01 - Vorprojekt Gebäudebewertung, wonach durch die Bilanzgrenze BG1 nur 3% des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes abgedeckt würden.

2.3 Erweiterung der zeitlichen Bilanzgrenzen (Herstellung und Instandhaltung)

Ziel dieses Teils des Projektes war die Berücksichtigung und Implementierung von Nutzungsdauern für die verschiedenen Bauteilschichten bei der OI3-Berechnung. Dies führt zu einer gerechteren Beurteilung von langlebigen Baustoffen. Die Ökologie von Konstruktionen und Gebäuden wird dadurch genauer abgebildet.

Die Nutzungsdauern von Baustoffschichten und Konstruktionen wurden vom Arbeitspaket AP03 übernommen. Die Auswirkungen auf die OI3-Berechnungen wurden an einem Referenzkonstruktions-Datensatz aus dem IBO-Passivhausbauteilkatalog und an verschiedenen Varianten des Referenzgebäudes Modellhaus untersucht.

Durch die Einbeziehung der Nutzungsdauern bei der OI3-Berechnung verändern sich die Ergebnisse deutlich.

Bei den Außenwänden des Referenzkonstruktions-Datensatzes hat die Konstruktion Ah01 (hinterlüftete Brettstapelwand) den niedrigsten OI_{kon,ND}-Wert. Die Massivbau-Außenwände und die Holzständerwand mit WDVS haben ungefähr gleich hohe OI_{kon,ND}-Werte.

Bei den Dächern des Referenzkonstruktions-Datensatzes haben die Steildächer, unabhängig ob leicht oder massiv, die niedrigsten OI_{kon,ND}-Werte. Der Abstand zu den Flachdächern hat sich deutlich vergrößert.

Bei den erdberührten Außenwänden verdoppeln sich durch die Einbeziehung der Nutzungsdauern ihre OI_{kon}-Werte, während sich die Werte bei den Fundamenten nur um ca. 50 %-Punkte erhöhen.

Eine Überraschung gibt es bei den Decken: Aus dem Satz der Referenzdecken hat durch die Berücksichtigung der Nutzungsdauern die Massivdecke GDM01_a den niedrigsten $OI3_{kon,ND}$ - Wert.

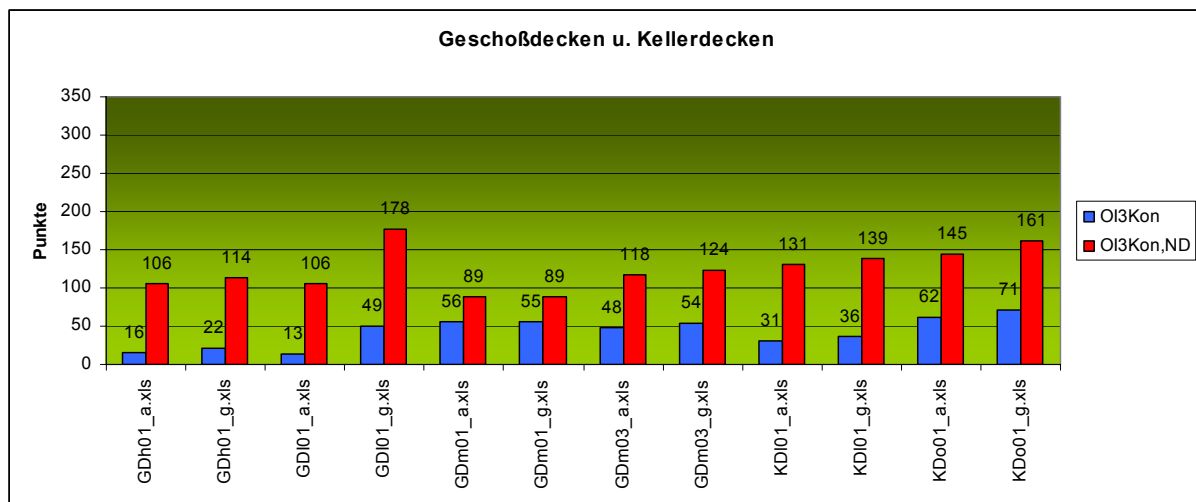


Abbildung AP6.11: POCP Vergleich von Geschoß- und Kellerdecken bezüglich der OI3-Punkte für die Errichtung (blau) und die Errichtung und Nutzung (rot)

Durch die Berücksichtigung der Nutzungsdauern bei der OI3-Berechnung für das Referenzgebäude Modellhaus ergibt sich ein ähnliches Bild wie für die Referenzkonstruktionen.

Die OI3-Werte erhöhen sich naturgemäß am stärksten bei den ökologisch optimierten leichten Gebäudevarianten, da diese von einem sehr niedrigen Ausgangswert starten.

Bei der Standardausführung der Gebäude hat den niedrigsten $OI3_{BG3,ND}$ -Wert die Variante Holzmassiv (HZM), gefolgt von den Varianten Ziegel (MZI), Beton (MBE) und Holzrahmenbau (HRB).

2.4 Analyse und Implementierung weiterer Ergebnisse aus den anderen Teilprojekten (Transporte)

Aus den Darstellungen und Berechnungen des AP04 – Transportrucksäcke von Bauprodukten und der Einbeziehung der Nutzungsdauern in die Berechnungen ergibt sich, dass die Transporte weniger als 4% des gesamten Primärenergieinhaltes nicht erneuerbar des Gebäudes ausmachen. Bei dieser Größenordnung ist eine exakte Erfassung der Transporte und deren Einbeziehung in die Berechnung der Wirkungskategorien aus praktischer Sicht nicht erforderlich. Eine viel effizientere Maßnahme ist z.B. die direkte Bewertung der eingesetzten Transportfahrzeuge (Klasse EURO 4 und 5) in einem Gebäude-Bewertungssystem.

2.5 Ergebnisse für die Integration in das Gebäudebewertungssystem TQBneu

Die aus praktischen Gründen derzeit durchgeführte direkte Bewertung der Lösemittel in Bauprodukten ist für ein Gebäudebewertungssystem besser geeignet als eine Erweiterung des OI3 mit dem POCP.

In TQBneu müsste die räumliche Bilanzgrenze BG3 für Gebäude mit vertretbarem Aufwand umsetzbar sein. Diese räumliche Bilanzgrenze erfasst nahezu alle Bauteile die in der Bausphysik ohnehin aufscheinen müssen.

Für die quantitative ökologische Bewertung sollte der OI3_{BG3,ND} eingesetzt werden.

Für die Bewertung der Transporte auf Gebäudeebene reicht die direkte Bewertung der eingesetzten Transportfahrzeuge (Euro-Klassen) völlig aus.

2.6 Ergebnisse für die Bauwirtschaft

Das OI3-System kann durch die Erweiterung der räumlichen und zeitlichen Bilanzgrenzen wesentlich treffsicherer gemacht werden.

Als räumliche Bilanzgrenze scheint die Bilanzgrenze BG3 für Gebäude mit vertretbarem Aufwand umsetzbar zu sein. Diese räumliche Bilanzgrenze erfasst nahezu alle Bauteile die in der Bausphysik ohnehin aufscheinen müssten.

Als zeitliche Bilanzgrenze für die OI3-Berechnungen müssten in der Praxis die Errichtung und die Instandhaltung umsetzbar sein. Wichtig dabei ist, dass bei den

Bauphysikprogrammen die Nutzungsdauern von Bauteilschichten implementiert werden.

Eine rasche und möglichst fehlerfreie Einführung könnte gewährleistet werden, wenn auch ein vollständiger Bauteilkatalog dazu in allen Programmen implementiert würde.

Letztendlich haben die Ergebnisse zu den Transporttrucksäcken von Baustoffen auf Gebäudeebene gezeigt, dass eigentlich kein bauproduktspezifischer Transportreferenz-Datensatz notwendig ist.

3 Überblick über das OI3-Konzept

Vereinfachte quantitative Bewertungsmethoden für Baustoffe, Konstruktionen und Gebäude auf Basis von Ökokennzahlen und Ökobilanzen haben in den letzten Jahren Einzug in die Wohnbauförderungsmodelle fast aller Bundesländer gehalten. Eine zentrale Rolle spielt dabei der vom IBO ursprünglich für die Salzburger Wohnbauförderung im Jahre 2003 entwickelte OI3-Index. Damals sollte eigentlich ein Bewertungsverfahren auf Basis der Ökokennzahl Treibhauspotential [CML 1992, CML 2001] für die Herstellung eines Gebäudes entwickelt werden. Ein solches Bewertungsverfahren ist zwar einfach zu kommunizieren, jedoch wird es den komplexen Zusammenhängen in der Bauökologie nicht gerecht. Ein einfaches Argument gegen ein solches Minimalmodell ist, dass bei einer Gesamtbetrachtung der Herstellung und der Nutzung eines Gebäudes in einem solchen Modell Gebäude mit CO₂-neutralen Heizsystemen sehr gut abschneiden, fast unabhängig davon, wie viel Energie in der Nutzung verwendet wird. Gebäude mit hohem Energieverbrauch, auch wenn dieser mit einem CO₂-neutralen Energieträger gedeckt wird, sollten aber nicht zu den „ökologischen bzw. förderwürdigen Gebäuden“ zählen. Denn es gibt auch noch andere wichtige Emissionen und Umweltwirkungen eines Heizsystems (z.B. Stickoxid- und Feinstaubproblematik bzw. Emissionshöchstmengengesetz Luft EG-L (BGBl. I Nr. 34/2003)), welche in einem reinen Treibhauspotential-Kennzahlmodell unberücksichtigt bleiben. Daher sollte ein Modell zumindest noch eine weitere wichtige Umweltwirkung (z.B. Versäuerung) berücksichtigen. Auch eine Kennzahl für die Ressourceneffizienz der Herstellung und Nutzung ist in einem Wohnbauförderungsmodell, welches "ökologisches Bauen" belohnen möchte, wichtig. Ein sinnvolles Minimalmodell benötigt damit zumindest drei Ökokennzahlen. Für die Akzeptanz eines Wohnbauförderungsmodells, in dem Ökobilanzierung und daraus abgeleitete Ökokennzahlen für die Herstellung von Gebäuden eine wichtige Rolle spielen, sind folgende Randbedingungen aus praktischer Sicht zu erfüllen: Das Nachweisverfahren

- darf kaum Mehraufwand für die Berechnung der Kennzahlen erzeugen, d.h. die erforderlichen Ökokennzahlen müssen automatisch mit den schon bisher erhobenen bzw. berechneten Daten (Energieausweis) ermittelt werden.
- sollte ein "Einzahlmodell" sein, da ein "Ökokennzahlenprofil" den WohnbauförderwerberInnen kaum zu kommunizieren ist.
- sollte aus den oben genannten Gründen zumindest drei Umweltwirkungen erfassen.
- Sollte Umweltwirkungen berücksichtigen, welche eine "ökologische Amortisation" im Laufe des Lebenszyklus ermöglichen (höherer ökologischer Herstellungsaufwand dafür geringerer Umweltwirkung in der Nutzung).
- sollte absolute Zahlenwerte (Punkte) im selben Bereich wie bei die Zahlenwerte für den Heizwärmebedarf liefern (einfache Analogie).

- muss umso niedrigere absolute Zahlenwerte der "Ökokennzahl" für das Gebäude liefern, je weniger Ressourcen für die Herstellung aufgewendet und je niedriger die verursachten Umweltbelastungen sind.

Diese Randbedingungen werden vom OI3-Index im Wesentlichen erfüllt. Die für die Berechnung des OI3-Index für ein Gebäude erforderlichen Ökokennwerte der Baustoffe und Konstruktionen (Referenzwerte) werden vom IBO den Bauphysik-Softwareherstellern kostenlos zur Verfügung gestellt und fortlaufend aktualisiert (IBO-Baustofftabelle, Referenzwerte).

3.1 IBO-Referenzbaustoff-Datenbank

Die IBO-Referenzbaustoff-Datenbank enthält ökologische Kennwerte zu einem Großteil der im Rohbau eingesetzten Baustoffe. Angegeben werden Treibhauspotential, Versauerungspotential und der Primärenergieinhalt an nicht erneuerbaren energetischen Ressourcen, die aus repräsentativen bzw. durchschnittlichen Werkbilanzen von Baustoffen erhoben wurden. Die Ursprünge der IBO-Referenzdatenbank gehen auf das Projekt Ökologischer Bauteilkatalog [BTK 1999] zurück, im Zuge dessen ab 1994 ökologische Baustoffdaten erhoben wurden und seither kontinuierlich aktualisiert werden. Als Quelle dienen Herstellerangaben und Literaturdaten. Als Literaturwerte wurden nur Angaben herangezogen, die nicht älter als 10 Jahre sind. Die aktuelle IBO-Referenzdatenbank, (September 2006) wurde im Rahmen der Forschungsstudie „Passivhaus-Bauteilkatalog“ erarbeitet [BTK 2008].

Die IBO-Referenzbaustoff-Datenbank wird herangezogen:

- als Teilkriterium im Rahmen einer umfassenden (qualitativen) Lebenszyklusanalyse von Baustoffen;
- als Referenzwerte für die Produktdatenbank www.baubook.at (Zusammenschluss von [oobox](http://oobox.at) und ixbau.at) sowie für Bauphysikprogramme;
- zur Berechnung von Gebäudekennwerten für die ökologischen Aufwände zur Herstellung eines Gebäudes im Rahmen von Gebäudezertifizierungs- oder Wohnbauförderprogrammen.

3.2 Grundlagen der OI3-Indikatoren

Es existiert eine ganze Familien von OI3-Indikatoren:

- Ökoindikator $\Delta OI3$ einer Baustoffschicht
- Ökoindikator $OI3_{KON}$ eines Quadratmeters einer Konstruktion bzw. eines Baustoffs. Dies ist der Ausgangsindikator für die Bewertung von Gebäuden.

- Ökoindikator $OI3_{TGH}$ der thermischen Gebäudehülle und der Zwischendecken (flächengewichteter $OI3_{KON}$ mit den Konstruktionsflächen der erweiterten thermischen Gebäudehülle)
- Ökoindikator $OI3_{TGH-Lc}$ (flächengewichteter $OI3_{KON}$ der erweiterten thermischen Gebäudehülle korrigiert in Bezug auf die charakteristische Länge des Gebäudes)
- Ökoindikator $OI3_{TGH-BGF}$ (flächengewichteter $OI3_{KON}$ der erweiterten thermischen Gebäudehülle bezogen auf die Bruttogeschosßfläche)
- Ökoindikator $OI3_{STGH}$ für Sanierungen (Abschreibungsmodell für die ökologischen Belastungen der Herstellung)

Die Basis stellt der $OI3_{KON}$ für 1 m² einer Konstruktion dar. Auf der Berechnung dieses Ökoindikators beruhen im Grunde alle anderen $OI3$ -Indikatoren.

Der $\Delta OI3$ (sprich Delta $OI3$) für Baustoffschichten gibt an, um wie viel $OI3$ -Punkte diese Baustoffschicht den $OI3_{KON}$ einer Konstruktion erhöht. Dieser $OI3$ -Indikator ist bei der Konstruktionsoptimierung sehr hilfreich. Die genauen Berechnungsvorschriften für die $OI3$ -Indikatoren sind im $OI3$ -Berechnungsleitfaden dargestellt [IBO 2006].

3.2.1 Ökoindikator $OI3_{KON}$ der Konstruktion

In den Ökoindikator $OI3_{KON}$ der Konstruktion (1 m² einer Konstruktion) geht der OI_{PEIne} (Ökoindikator der Primärenergie nicht erneuerbar PEI n.e.), der OI_{GWP} (Ökoindikator des Treibhauspotentials GWP) und der OI_{AP} (Ökoindikator der Versäuerung AP), jeweils gewichtet mit 1/3, ein. Der $OI3_{KON}$ berechnet sich wie folgt:

$$OI3_{KON} = 1/3 OI_{PEIne} + 1/3 OI_{GWP} + 1/3 OI_{AP}$$

Das Datenblatt zur Berechnung des $OI3_{KON}$ enthält:

- alle Bauteilschichten einer Konstruktion
- Rohdichte der Bauteilschichten
- Dicke der Bauteilschichten
- Prozentanteil (bei inhomogenen Schichten)
- Baustoffkennwerte aus der IBO Baustoffdatenbank (Referenzwerte)

3.2.2 Ermittlung der Teilkennzahlen OI_{PEIne} , OI_{GWP} , OI_{AP}

Um die $OI3_{KON}$ -Berechnung durchführen zu können, müssen zuerst die drei Ökoindikatoren, der Ökoindikator OI_{PEIne} für den Ressourcenverbrauch bei der Herstellung der Konstruktion, der Ökoindikator OI_{GWP} für die Klimaschonung bei der Herstellung der Konstruktion und der Ökoindikator OI_{AP} für die Versäuerung bei der Herstellung der Konstruktion ermittelt werden. Der Wertebereich jedes Indikators liegt für typische Konstruktionen ungefähr in einem Bereich von 0 – 100 Punkten für typische Konstruktionen.

Für die Indikatoren $OI_{PEI_{ne}}$, OI_{GWP} und OI_{AP} werden die ökologischen Kennwerte der Baustoffe über alle Bauteilschichten und Bauteile aufsummiert und durch die folgenden Funktionen auf einen Wertebereich von typischerweise 0 - 100 Punkte abgebildet:

3.2.3 $OI_{PEI_{ne}}$

Für den $OI_{PEI_{ne}}$ wurde folgender Verlauf aus realen Konstruktions- und Gebäudedaten abgeleitet:

Die Umrechnung 1 MJ pro 1 m² Konstruktionsfläche in $OI_{PEI_{ne}}$ - Punkte erfolgt entsprechend der linearen Funktion $f(x) = 1/10 \cdot (x-500)$.

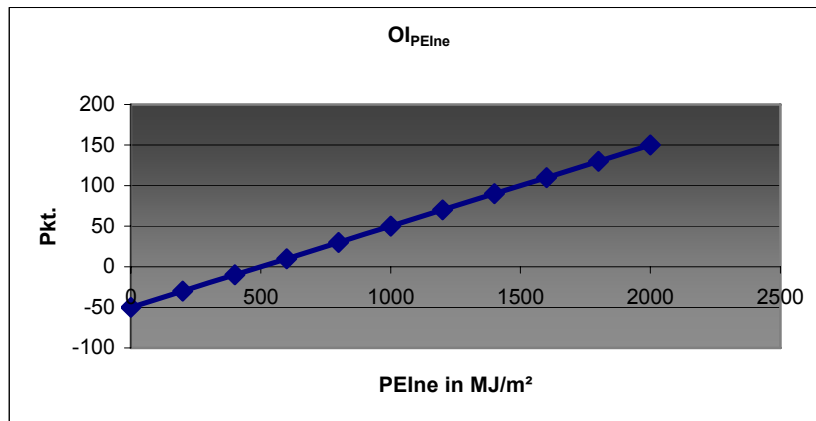


Abbildung AP6.1: POCP Abbildungsfunktion PEI_{ne} in MJ/m² in $OI_{PEI_{ne}}$ -Punkte

3.2.4 OI_{GWP}

Für den OI_{GWP} wurde folgender Verlauf aus realen Konstruktions- und Gebäudedaten abgeleitet:

Die Umrechnung von kg CO₂ äqui. pro 1 m² Konstruktionsfläche in OI_{GWP} -Punkte erfolgt entsprechend der linearen Funktion $f(x) = 1/2 \cdot (x+50)$.

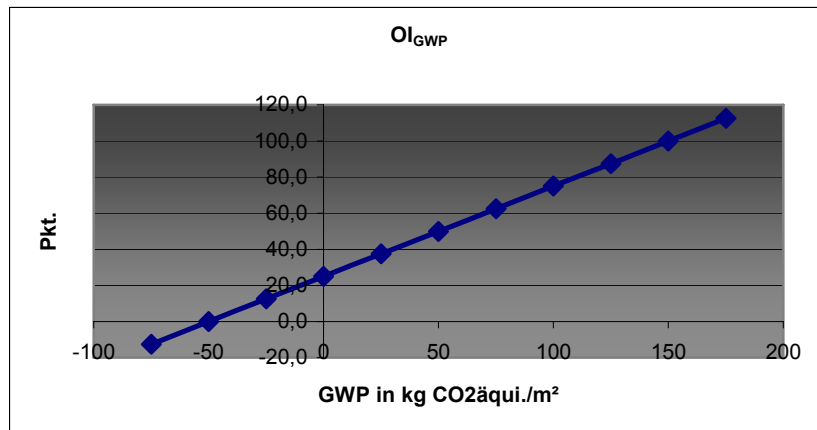


Abbildung AP6.2: Abbildungsfunktion GWP in kg CO₂ äqui. in OI_{GWP}-Punkte

3.2.5 OI_{AP}

Für den OI_{AP} wurde folgender Verlauf aus realen Konstruktions- und Gebäudedaten abgeleitet:

Die Umrechnung von kg SO₂ äqui. pro 1 m² Konstruktionsfläche in OI_{AP}-Punkte erfolgt entsprechend der linearen Funktion $f(x) = 100/(0,25) \cdot (x - 0,21)$.

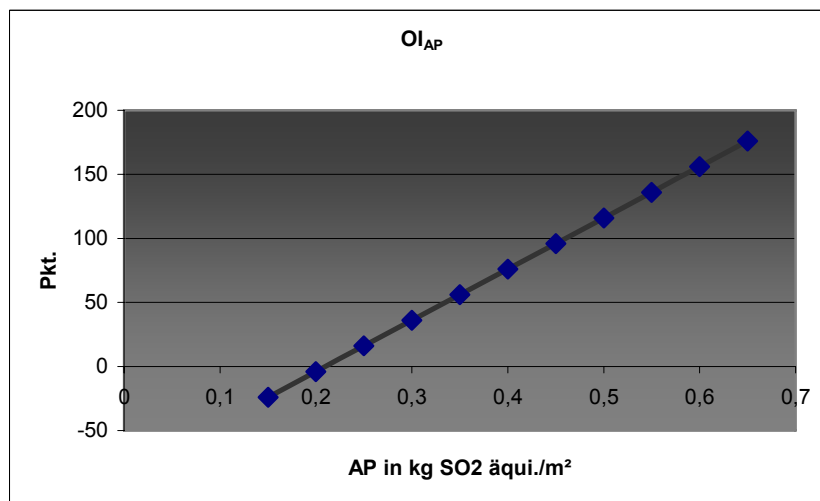


Abbildung AP6.3: Abbildungsfunktion AP in kg SO₂ äqui. in OI_{AP}-Punkte

3.2.6 Wertebereich des OI_{3KON}-Indikators

Die ökologische Qualität von typischen Konstruktionen wird durch den Ökoindikator OI_{3KON} ungefähr auf einen Wertebereich von 0 bis 100 Punkten abgebildet, d.h. 70 Punkte bei Außenwänden bedeuten typischerweise eine Standardkonstruktion ohne ökologische Optimierungsmaßnahmen.

15 Punkte oder weniger sind nur durch ökologisch besonders optimierte oder sehr leichte Konstruktionen zu erreichen.

Die OI3-Punkte orientieren sich dabei an den Zahlenwerten des Heizwärmebedarfs. Ein niedriger Heizwärmebedarf von 15 kWh/m²a wird als ausgezeichnet angesehen ebenso Gebäude und Konstruktionen mit weniger als 15 OI3-Punkten.

3.2.7 Δ OI3 - Der OI3-Indikator für eine Baustoffschicht

Der Δ OI3 (sprich Delta OI3) für Baustoffschichten gibt an, um wie viele OI3-Punkte diese Baustoffschicht den Wert OI3_{KON} der Konstruktion erhöht. Anders gesagt, löscht man eine Bauteilschicht aus einer Konstruktion heraus, so verringert sich OI3_{KON} der Konstruktion um Δ OI3_{BS} Punkte (BS bedeutet Bauteilschicht). Dieser Δ OI3-Indikator ist bei der Konstruktionsoptimierung sehr hilfreich, da sich die "ökologischen Schwergewichte" einer Konstruktion an den höchsten Δ OI3_{BS} -Punkten einfach erkennen lassen. Die Berechnungsformel für die Δ OI3_{BS} -Punkte einer Bauteilschicht lautet:

$$\Delta OI3_{BS} = \frac{1}{3} \cdot \left[\frac{1}{10} \cdot (PEIne)_{BS} + \frac{1}{2} (GWP)_{BS} + \frac{100}{0,25} (AP)_{BS} \right]$$

(PEIne)_{BS}....Primärenergieaufwand nicht erneuerbar der

Bauteilschicht (BS) in MJ/m²

(GWP)_{BS}....Treibhauspotential der Bauteilschicht in kg CO₂ äqui./m²

(AP)_{BS}....Versäuerungspotential der Bauteilschicht in kg SO₂ äqui./m²

Summiert man alle Δ OI3-Punkte einer Konstruktion auf, so erhält man nicht den OI3_{KON} -Wert der Konstruktion, sondern einen um 109/3 höheren Wert (Nullpunktverschiebung der OI3-Punkte, damit Gebäude mit der Bilanzgrenze TGH im Bereich von ca. 0 - 100 OI3_{TGH}-Punkte abgebildet werden können).

In der folgenden Grafik sind zwei Konstruktionen aus der Online-Version des IBO-Passivhaus-Bauteilkatalogs dargestellt (www.baubook.info/phbtk/). AWm05x ist eine Hochlochziegel-Außenwand, a ist die gängige Variante, b ist die ökologisch optimierte Variante. Sie unterscheiden sich im Wesentlichen durch das unterschiedliche Wärmedämm-Verbundsystem. Der OI3_{KON} - Wert der gängigen Variante beträgt 44 Punkte, der ökologisch optimierten Variante 18 Punkte, also eine Verbesserung um 26 Punkte (Werte in den roten Kreisen). Will man wissen, woher die Verbesserung kommt, so muss man die Δ OI3-Punkte der Bauteilschichten analysieren (grüne Ellipsen). Da sieht man, dass der Lehmputz gegenüber dem Kalk-Zementputz 3 OI3-Punkte Verbesserung bringt und das

Mineralschaumplattensystem gegenüber dem EPS-WDVS mit 23 OI3-Punkte zu Buche schlägt, in Summe sind das 26 Punkte Verbesserung.

AWm 05 a Hochlochziegel-Außenwand, WDVS

Wand: gegen Außen - nicht hinterlüftet

U:¹ 0,115 W/m²K d: 56,690 cm R: 8,687 m²/K/W R': 8,687 m²/K/W R'': 8,687 m²/K/W

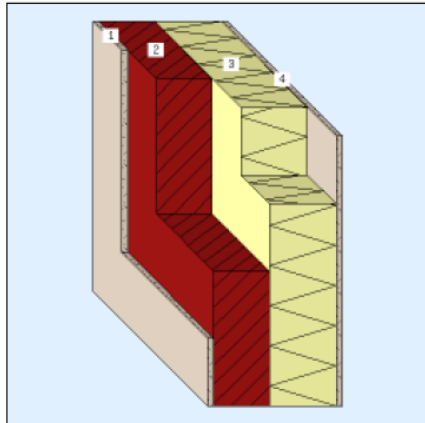
flächenspez. Masse: 235,8 kg/m²

OI-3
44
Punkte

PEI n. e.: 1.112,33 MJ/m²

GWP100: 59,0576 kg CO₂/m²

AP: 0,252279 kg SO₂/m²



¹ berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946
² nicht relevant

Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m ² /K/W	OI-3
						R _{si} = 0,130
1		Kalk-Zementputz	1,500	1,000	0,015	4
2		Ziegel - Hochlochziegel porosiert <=800kg/m ³	25,000	0,250	1,000	37
3		Polystyrol (EPS f. Wärmedämmverbundsysteme WDVS)	30,000	0,040	7,500	38
4		Silikatputz armiert	0,190	0,800	0,002	2
						R _{se} = 0,040

AWm 05 b Hochlochziegel-Außenwand, WDVS

Wand: gegen Außen - nicht hinterlüftet

U:¹ 0,123 W/m²K d: 60,690 cm R: 8,130 m²/K/W R': 8,130 m²/K/W R'': 8,130 m²/K/W

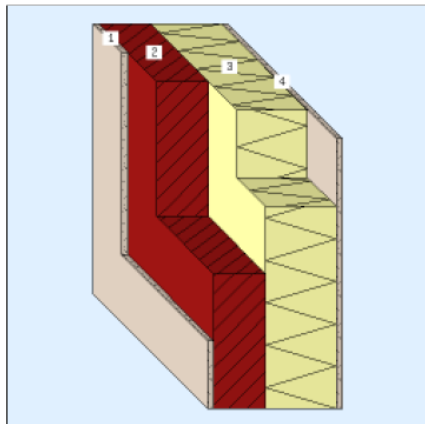
flächenspez. Masse: 268,0 kg/m²

OI-3
18
Punkte

PEI n. e.: 714,66 MJ/m²

GWP100: 53,6774 kg CO₂/m²

AP: 0,163508 kg SO₂/m²



¹ berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946
² nicht relevant

Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m ² /K/W	OI-3
						R _{si} = 0,130
1		Lehmputz 1700 kg/m ³	1,500	0,810	0,019	1
2		Ziegel - Hochlochziegel porosiert <=800kg/m ³	25,000	0,250	1,000	37
3		Mineralschaumplatte	34,000	0,049	6,939	15
4		Silikatputz armiert	0,190	0,800	0,002	2
						R _{se} = 0,040

Abbildung AP6.4: OI_{3kon} und ΔOI3

Die Summe der ΔOI3-Punkte der Bauteilschichten (Werte in der grünen Ellipse) ergibt für die ökologisch optimierte Variante 55. Zieht man davon die Nullpunktverschiebung 109/3 ab, so erhält man 18, den OI_{3kon}-Wert der Konstruktion.

3.2.8 OI3_{TGH,X} - Ökoindikatoren für Gebäude

Gebäude sind aus Konstruktionen aufgebaut. Der direkte Weg zur Berechnung von OI3-Punkten eines Gebäudes ist daher, die gewichteten Mittelwerte der OI3-Punkte aller darin enthaltenen Konstruktionen zu berechnen. Theoretisch müssen alle Konstruktionen und Bauteile eines Gebäudes erfasst und mitgerechnet werden. Aus praktischer Sicht führt dies zu einem sehr hohen Erfassungsaufwand. Außerdem sind die Unsicherheiten in den Erfassungsgenauigkeiten der wesentlichen Bauteile oft schon höher als die absoluten Werte von untergeordneten Bauteilen.

Für die OI3-Punkte-Berechnung eines Gebäudes wird derzeit am häufigsten die örtliche Bilanzgrenze TGH verwendet (TGH: Bauteile der thermischen Gebäudehülle inklusive der Zwischendecken).

3.2.9 Berechnung des OI3_{TGH}

Der OI3_{TGH} ist der flächengewichtete Mittelwert der OI3_{KON} - Werte aller Konstruktionen der thermischen Gebäudehülle und der Zwischendecken.

$$OI3_{TGH} = \frac{\sum_{i=1}^N A_i \cdot OI3_{KON,i}}{\sum_{i=1}^N A_i}$$

A_i ... Flächen der Konstruktionen in m^2

$OI3_{KON,i}$... $OI3_{KON}$ der i -ten Konstruktion

$\sum_{i=1}^N A_i$... Konstruktionsfläche (KOF)

3.2.10 Berechnung des OI3_{TGH,Ic}

Um die Umweltbelastung durch schlecht gewählte Oberflächen-Volumsverhältnisse im OI3_{TGH}-Indikator zu erfassen, wird die Kennzahl OI3_{TGH,Ic} wie folgt definiert:

$$OI3_{TGH,Ic} = 3 \cdot OI3_{TGH} / (2 + I_c)$$

Hierbei ist I_c die charakteristische Länge des Gebäudes.

$$I_c = VG/AG$$

AGOberfläche des Gebäudes, VG ... Volumen des Gebäudes.

Die Berechnung von I_c erfolgt wie im OIB-Leitfaden RL6 für die Berechnung von Energiekennzahlen angegeben [OIB-Leitfaden].

3.2.11 Berechnung des $OI3_{TGH,BGF}$

Um den Umweltbelastung pro m^2 -Bruttogeschosßfläche im $OI3_{TGH,BGF}$ Indikator zu erfassen, wird die Kennzahl $OI3_{TGH,BGF}$ wie folgt definiert:

$$OI3_{TGH,BGF} = \frac{\sum_{i=1}^N A_i \cdot OI3_{KON,i}}{BGF}$$

A_i ...Flächen der Konstruktionen in m^2

$OI3_{KON,i}$... $OI3_{KON}$ der i – ten Konstruktion

BGF ...Bruttogeschosßfläche in m^2

Die Berechnung der BGF erfolgt wie im OIB-Leitfaden RL6 für die Berechnung von Energiekennzahlen für Gebäude angegeben.

4 Erweiterung des OI3 zum OI4

4.1 Ziele der OI3-Erweiterung

Der OI3 wird aus den drei Ökokennzahlen (Primärenergieinhalt, Treibhauspotential und Versäuerungspotential) berechnet. Umweltwirkungen durch VOC-Emissionen sind dabei nicht enthalten. VOC-Emissionen führen unter Anwesenheit von Stickoxiden und Licht zur Bildung von bodennahem Ozon („Photosmog“), das besonders bei Kindern und Kranken brennende Augen, Husten, Heiserkeit und entzündete Atemwege auslösen oder die Lungenfunktion schwächen kann. Im diesem Teil des Arbeitspakets wurde das Photosmogpotential (POCP) von Konstruktionen und Gebäuden untersucht. Auf Basis dieser Ergebnisse wird die Erweiterungen des OI3 mit dem POCP zum OI4 und dessen Auswirkungen bzw. Praxistauglichkeit untersucht.

4.2 Analyse des POCP von Baustoffen, Konstruktionen und Gebäuden

Der erste Arbeitsschritt war die Vollständigkeitsanalyse des IBO-Baustoffreferenzdatensatzes bezüglich des Photosmogpotentials. Die Analyse lieferte folgende Ergebnisse:

Die Grundlage für die Berechnung der einzelnen Wirkungsindikatoren bildet die aktuellste Fassung der Methode nach CML (2001). In der Kategorie „Photochemical Ozone Creation Potential (POCP)“ wird die Bildung von Ozon in der Troposphäre unter Einfluss von ultraviolettem Licht durch Oxidation von VOC und Kohlenmonoxid in Anwesenheit von Stickstoffoxid (high NO_x) betrachtet. Dabei werden den verschiedensten Kohlenwasserstoffen als Einzelsubstanzen konkrete Gewichtungsfaktoren in Bezug auf die Leitsubstanz Ethen (C_2H_4) zugeordnet. In der Praxis werden aber nicht nur Einzelsubstanzen, sondern auch Summenparameter wie etwa VOC (volatile organic compounds), Aldehyde etc. in die Sachbilanzen aufgenommen, für die CML keine Gewichtungsfaktoren angibt. Daher wurde für den IBO-Baustoffreferenzdatensatz der Durchschnittswert der zur jeweiligen Gruppe gehörenden Einzelsubstanzen ermittelt und in die Methode aufgenommen.

In der folgenden Tabelle sind die dem IBO-Baustoffreferenzdatensatz zu Grunde gelegten Gewichtungsfaktoren für Summenparameter angeführt:

Gruppenbezeichnung	kg Ethen äqui
Aldehyde	0,69
Alkane	0,39
Alkene	0,97
Alkohole	0,38
Aromatische Kohlenwasserstoffe	0,88
Halogenierte Kohlenwasserstoffe	0,18
Non-methane VOC	0,416
Ungesättigte Kohlenwasserstoffe	0,83
Zyklische Alkane	0,29

Tabelle AP6.1: Gewichtungsfaktoren für Summenparameter

Mit diesen Faktoren wurde der gesamte IBO-Baustoffreferenzdatensatz neu hochgerechnet und in die folgenden Berechnungen für die Referenzkonstruktionen und Gebäude eingesetzt.

4.2.1 Referenzkonstruktions-Datensatz

Der Referenzkonstruktions-Datensatz setzt sich aus folgenden Konstruktionen aus dem IBO-Passivhausbauteilkatalog zusammen:

Außenwände

AWh01_g	AWh01_a	Brettstapel-Außenwand, hinterlüftet
AWI03_g	AWI03_a	Holzständer-Außenwand mit WDVS
AWm01_g	AWm01_a	Stahlbeton-Außenwand mit WDVS
AWm05_g	AWm05_a	Hochlochziegel-Außenwand mit WDVS

Dächer

DAh01_g	DAh01_a	Massivholz-Flachdach als Warmdach
DAI03_g	DAI03_a	Doppel-T-Träger-Steildach
DAI05_g	DAI05_a	Doppel-T-Träger-Flachdach
DAm01_g	DAm01_g	Stahlbeton-Steildach
DAm02_g	DAm02_a	Stahlbeton-Flachdach, hinterlüftet
DAm03_g	DAm03_a	Stahlbeton-Flachdach als Warmdach
DAm04_g	DAm04_g	Stahlbeton-Flachdach als Warmdach (Gründach)

Erdberührte Außenwände

EAm02_g	EAm02_a	Erdberührte Stahlbeton-Außenwand
EAm04_g	EAm04_a	Erdberührte Ziegel-Außenwand
EFu01_g	EFu01_a	Plattenfundament, unterseitig gedämmt, Nassestrich
EFo01_g	EFo01_a	Plattenfundament, oberseitig gedämmt, Nassestrich

Decken

GDh01_g	GDh01_a	Brettstapel-Geschoßdecke, Nassestrich
GDI01_g	GDI01_a	Leichtbau- (oder Tram-) Geschoßdecke, Zementestrich
GDm01_g	GDm01_a	Stahlbeton-Geschoßdecke, Nassestrich (Nassräume)
GDm03_g	GDm03_a	Ziegel-Geschoßdecke ohne Aufbeton
KDI01_g	KDI01_a	Leichtbau-Kellerdecke
KDo101_g	KDo101_a	Kellerdecke oberseitig gedämmt, Nassestrich

Tabelle AP6.2: Referenzkonstruktions-Datensatz

Die Konstruktionen existieren immer in zwei Ausführungen: _g für gängige Konstruktion und _a für alternative bzw. ökologisch optimierte Konstruktion.

Für diese Konstruktionen wurden für die Errichtung und für die Errichtung inklusive Nutzung (mit aktuellen Nutzungsdauern aus AP3) folgende ökologische Kennwerte berechnet:

Kennwerte für die Errichtung:

Errichtung									
Konstruktion	Masse	OI3(kon)	Global Warming (GWP100)	Photochemical Oxidation	Acidification	Eutrophication	PEI nicht erneuerbar	PEI erneuerbar	
Außenwände	kg/m ²	Punkte	kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₄	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ --- eq	MJ	MJ	
AWh01_a.xls	100,3	-16,8	-132,1	0,0503	0,2120	0,0367	399,3	1916,9	
AWh01_g.xls	102,4	6,8	-119,9	0,0674	0,2842	0,0480	757,7	2002,5	
AWI03_a.xls	98,2	23,4	-42,1	0,0329	0,2697	0,0498	922,6	1168,0	
AWI03_g.xls	76,8	46,2	0,5	0,1253	0,3392	0,0503	1117,6	764,6	
AWm01_a.xls	482,7	44,4	10,3	0,0448	0,3342	0,0580	1034,1	928,1	
AWm01_g.xls	420,2	63,4	81,8	0,0834	0,3301	0,0467	1263,4	32,0	
AWm05_a.xls	264,6	30,7	64,1	0,0239	0,2061	0,0273	866,8	118,7	
AWm05_g.xls	232,4	56,7	69,5	0,0689	0,2949	0,0327	1264,5	88,0	

Dächer									
Konstruktion	Masse	OI3(kon)	Global Warming (GWP100)	Photochemical Oxidation	Acidification	Eutrophication	PEI nicht erneuerbar	PEI erneuerbar	
Dächer	kg/m ²	Punkte	kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₄	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ --- eq	MJ	MJ	
DAh01_a.xls	283,1	9,5	-200,3	0,0757	0,3620	0,0608	927,4	3078,5	
DAh01_g.xls	271,9	104,5	-70,0	0,2783	0,6639	0,1050	1920,5	2152,9	
DAI03_a.xls	82,2	10,6	-51,2	0,0285	0,2399	0,0379	705,4	1140,7	
DAI03_g.xls	72,6	40,0	-15,8	0,0483	0,2950	0,0411	1188,3	957,7	
DAI05_a.xls	183,7	41,7	-30,1	0,0551	0,3618	0,0505	1043,2	1048,1	
DAI05_g.xls	176,5	74,4	5,3	0,0801	0,3903	0,0462	1733,9	822,0	
DAm01_a.xls	474,4	60,0	34,0	0,0455	0,3549	0,0695	1299,4	708,8	
DAm01_g.xls	450,2	65,0	49,4	0,0642	0,3806	0,0640	1272,3	500,7	
DAm02_a.xls	540,0	43,2	-2,9	0,0558	0,3497	0,0576	1000,8	974,3	
DAm02_g.xls	513,5	67,1	27,9	0,0752	0,4225	0,0671	1273,3	756,4	
DAm03_a.xls	623,2	55,6	5,2	0,0535	0,3845	0,0620	1193,2	1043,3	
DAm03_g.xls	580,0	110,3	100,6	0,1125	0,4621	0,0606	2046,9	47,7	
DAm04_a.xls	711,6	74,1	17,7	0,0574	0,4370	0,0685	1476,6	1057,0	
DAm04_g.xls	668,4	126,4	110,5	0,1174	0,5176	0,0670	2258,3	57,4	

Erdberührte Außenwände									
Konstruktion	Masse	OI3(kon)	Global Warming (GWP100)	Photochemical Oxidation	Acidification	Eutrophication	PEI nicht erneuerbar	PEI erneuerbar	
Erdberührte Außenwände	kg/m ²	Punkte	kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₄	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ --- eq	MJ	MJ	
EAb02_a1m_a.xls	713,6	129,3	124,1	1,0817	0,5138	0,0673	2293,2	77,6	
EAb02_a1m_g.xls	591,3	134,2	120,6	1,0858	0,5255	0,0648	2409,7	45,2	
EAb02_b1m_a.xls	716,7	149,9	134,5	1,1073	0,5779	0,0726	2603,3	80,3	
EAb02_b1m_g.xls	594,4	154,8	131,1	1,1113	0,5897	0,0701	2719,8	47,9	
EAb02_SüE_a.xls	618,1	150,2	129,2	1,1073	0,5808	0,0721	2628,1	81,1	
EAb02_SüE_g.xls	597,4	149,1	130,1	1,1066	0,5756	0,0697	2609,3	51,5	

Fundamente									
Konstruktion	Masse	OI3(kon)	Global Warming (GWP100)	Photochemical Oxidation	Acidification	Eutrophication	PEI nicht erneuerbar	PEI erneuerbar	
Fundamente	kg/m ²	Punkte	kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₄	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ --- eq	MJ	MJ	
EFu01_a.xls	967,5	113,7	116,9	0,0703	0,4802	0,0818	1996,0	558,2	
EFu01_g.xls	964,7	128,2	129,0	0,0764	0,5158	0,0867	2228,2	456,1	

Decken									
Konstruktion	Masse	OI3(kon)	Global Warming (GWP100)	Photochemical Oxidation	Acidification	Eutrophication	PEI nicht erneuerbar	PEI erneuerbar	
Decken	kg/m ²	Punkte	kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₄	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ --- eq	MJ	MJ	
GDh01_a.xls	309,8	15,8	-94,3	0,0647	0,2966	0,0588	849,2	1979,1	
GDh01_g.xls	305,8	21,7	-83,8	0,0680	0,3137	0,0617	904,6	1865,3	
GDI01_a.xls	258,8	12,8	-30,9	0,0458	0,2282	0,0459	714,4	1074,7	
GDI01_g.xls	265,1	49,2	-20,1	0,0556	0,4031	0,0765	1053,2	1218,6	
GDM01_a.xls	624,4	55,6	91,0	0,0413	0,3012	0,0524	1098,4	107,8	
GDM01_g.xls	601,2	55,2	92,5	0,0438	0,2984	0,0495	1089,9	57,9	
GDM03_a.xls	203,0	48,2	61,9	0,0382	0,2862	0,0495	1082,0	389,0	
GDM03_g.xls	201,7	53,6	74,6	0,0401	0,2995	0,0521	1125,6	265,2	
KDI01_a.xls	235,9	30,5	-33,8	0,0412	0,3162	0,0623	910,2	1253,8	
KDI01_g.xls	230,0	35,7	-15,7	0,0537	0,3319	0,0613	910,6	1001,9	
KDo01_a.xls	594,0	62,4	82,9	0,0484	0,3384	0,0615	1193,8	337,3	
KDo01_g.xls	571,8	71,5	90,9	0,0795	0,3628	0,0615	1328,6	209,7	

Tabelle AP6.3: Kennwerte des Referenzkonstruktions-Datensatzes für die Errichtung

Kennwerte für die Errichtung inklusive Nutzungsphase:

Errichtung + Nutzung

Konstruktion	Masse	OI3 _{Kon}	Global Warming (GWP100)	Photochemical Oxidation	Acidification	Eutrophication	PEI nicht erneuerbar	PEI erneuerbar
Außenwände	kg/m ²	Punkte	kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₄	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq.	MJ	MJ
AWH01_a.xls	100,3	32,3	-85,0	0,1004	0,4227	0,0731	794,1	3833,5
AWH01_g.xls	102,4	63,8	-80,9	0,1146	0,5020	0,0820	1399,0	3180,7
AWI03_a.xls	98,2	108,6	30,1	0,0675	0,5460	0,0954	2014,4	2050,7
AWI03_g.xls	76,8	155,1	74,9	0,2842	0,7466	0,1103	2381,5	1260,7
AWm01_a.xls	482,7	121,9	72,7	0,0792	0,6247	0,1019	1885,2	2251,1
AWm01_g.xls	420,2	150,5	131,3	0,1764	0,6173	0,0761	2480,4	53,3
AWm05_a.xls	264,6	80,4	111,5	0,0455	0,3658	0,0488	1482,3	149,7
AWm05_g.xls	232,4	140,1	117,1	0,1567	0,5701	0,0610	2426,4	108,8

Konstruktion	Masse	OI3 _{Kon}	Global Warming (GWP100)	Photochemical Oxidation	Acidification	Eutrophication	PEI nicht erneuerbar	PEI erneuerbar
Dächer	kg/m ²	Punkte	kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₄	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq.	MJ	MJ
DAh01_a.xls	283,1	101,9	-138,7	0,1309	0,7108	0,1066	1998,1	4790,8
DAh01_g.xls	271,9	327,3	52,9	0,5504	1,4473	0,2115	4854,9	2968,9
DAI03_a.xls	82,2	59,5	-7,9	0,0516	0,4069	0,0625	1285,3	1971,4
DAI03_g.xls	72,6	115,1	29,3	0,0901	0,5455	0,0754	2214,5	1610,3
DAI05_a.xls	183,7	186,7	45,4	0,1695	0,8822	0,1067	2935,5	1808,2
DAI05_g.xls	176,5	275,1	99,7	0,2247	1,0093	0,1115	4806,0	1371,9
DAm01_a.xls	474,4	107,3	53,3	0,0627	0,5212	0,1024	1957,4	1363,3
DAm01_g.xls	450,2	118,8	84,5	0,1009	0,5777	0,0938	1921,9	976,7
DAm02_a.xls	540,0	108,1	37,6	0,0978	0,6058	0,0864	1723,0	1901,5
DAm02_g.xls	513,5	153,2	74,9	0,1373	0,7565	0,1077	2286,8	1495,4
DAm03_a.xls	623,2	129,4	48,5	0,0907	0,6686	0,0956	2056,6	2067,5
DAm03_g.xls	580,0	257,1	159,0	0,2185	0,8912	0,1016	4442,5	88,9
DAm04_a.xls	711,6	203,5	98,3	0,1063	0,8787	0,1216	3190,1	2122,5
DAm04_g.xls	668,4	321,4	198,4	0,2382	1,1133	0,1274	5288,0	127,7

Konstruktion	Masse	OI3 _{Kon}	Global Warming (GWP100)	Photochemical Oxidation	Acidification	Eutrophication	PEI nicht erneuerbar	PEI erneuerbar
Erdberührte Außenwände	kg/m ²	Punkte	kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₄	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq.	MJ	MJ
EAb02_a1m_a.xls	713,6	232,6	178,0	2,1340	0,8182	0,0957	3904,5	98,4
EAb02_a1m_g.xls	591,3	243,5	170,2	2,1428	0,8468	0,0930	4156,2	63,2
EAb02_b1m_a.xls	716,7	273,8	198,9	2,1850	0,9464	0,1062	4524,6	103,9
EAb02_b1m_g.xls	594,4	284,8	191,1	2,1938	0,9751	0,1036	4776,4	68,7
EAb02_SüE_a.xls	618,1	337,5	222,4	2,7242	1,1519	0,1242	5496,8	119,4
EAb02_SüE_g.xls	597,4	336,4	223,3	2,7235	1,1467	0,1218	5478,0	89,8

Konstruktion	Masse	OI3 _{Kon}	Global Warming (GWP100)	Photochemical Oxidation	Acidification	Eutrophication	PEI nicht erneuerbar	PEI erneuerbar
Fundamente	kg/m ²	Punkte	kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₄	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq.	MJ	MJ
EFu01_a.xls	967,5	180,3	186,6	0,1028	0,7052	0,1363	2745,2	1191,2
EFu01_g.xls	964,7	195,5	197,5	0,1102	0,7432	0,1429	2994,6	982,4

Konstruktion	Masse	OI3 _{Kon}	Global Warming (GWP100)	Photochemical Oxidation	Acidification	Eutrophication	PEI nicht erneuerbar	PEI erneuerbar
Decken	kg/m ²	Punkte	kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₄	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq.	MJ	MJ
GDh01_a.xls	309,8	106,4	-2,7	0,1172	0,6043	0,1294	1879,7	3191,4
GDh01_g.xls	305,8	113,5	4,1	0,1225	0,6304	0,1342	1953,8	2967,4
GDI01_a.xls	258,8	106,2	66,2	0,1015	0,5459	0,1194	1762,2	2259,8
GDI01_g.xls	265,1	177,6	79,0	0,1210	0,8957	0,1807	2439,9	2547,7
GDm01_a.xls	624,4	88,5	122,2	0,0530	0,4028	0,0665	1523,6	159,8
GDm01_g.xls	601,2	88,6	122,7	0,0588	0,4024	0,0630	1525,3	89,7
GDm03_a.xls	203,0	117,9	135,5	0,0722	0,5212	0,1054	1865,9	1016,4
GDm03_g.xls	201,7	123,7	147,2	0,0752	0,5361	0,1098	1919,8	792,7
KDI01_a.xls	235,9	130,7	51,4	0,0891	0,6700	0,1420	2074,4	2467,9
KDI01_g.xls	230,0	139,1	76,6	0,1141	0,7015	0,1401	2075,3	1964,1
KDo01_a.xls	594,0	144,6	164,4	0,0863	0,6081	0,1220	2122,6	988,7
KDo01_g.xls	571,8	161,0	170,0	0,1485	0,6569	0,1219	2442,4	733,6

Tabelle AP6.4: Kennwerte des Referenzkonstruktions-Datensatzes für die Errichtung und Nutzung

Die Berechnung der POCP - Kennwerte liefert folgende Ergebnisse:

- Die Absolutwerte des Photosmogpotentials liegen für fast alle Konstruktionen in der gleichen Größenordnung.
- Die Absolutwerte für das Versauerungspotential liegen für fast alle Konstruktionen um den Faktor 5 bis 10 höher.
- Die große Ausnahme bei den Konstruktionen bilden die Erdberührten Außenwände: Das Photosmogpotential dieser Konstruktionen liegt um den Faktor 10 bis 20 über allen anderen Konstruktionen. Die Absolutwerte liegen sogar um den Faktor 4 - 5 über dem Versauerungspotential.
- Die Ursache für diese hohen Werte liegt in einer einzigen Schicht, dem Bitumenanstrich, wie die folgende Abbildung zeigt (gelbe Markierung der Schicht).

EAb02_a1m_g								Nutzung + Errichtung	Nutzung + Errichtung	Nutzung + Errichtung	Nutzung + Errichtung	Nutzung + Errichtung	Nutzung + Errichtung	
Schicht Nr.	Benennung der Schicht	Dicke m	Anteil %	Dichte kg/m³	Maßzahl kg/m²/m/Stk	Nutzungsduer Jahr	Masse/m² kg	GWP					PEI nicht erneuerbar MJ	PEI erneuerbar MJ
								gesamt Nutzung kg CO2 eq.	photochemical oxidation kg C2H4	acidification kg SO2 eq.	eutrophication kg PO4-- eq			
1	Vlies (PP)		100,00%	600	0,14	50	0,14	0,79	7,80E-04	6,72E-03	4,59E-04	26,24	0,46	
2	Drainageplatte (EPS)	0,0800	100,00%	30	2,40	50	2,40	13,01	1,54E-02	8,40E-02	7,97E-03	414,24	0,67	
3	Polystyrol extrudiert CO2-geschä	0,2400	100,00%	38	9,12	50	9,12	62,75	1,53E-01	3,85E-01	3,17E-02	1860,48	16,58	
4	Bitumenanstrich		100,00%	1050	2,50	50	2,50	5,85	1,93E+00	3,48E-02	3,48E-03	332,00	0,41	
5	Polymerbitumen-Dichtungsbahn		100,00%	1100	8,60	50	8,60	16,98	1,94E-02	1,32E-01	1,28E-02	860,00	17,89	
6	Normalbeton	0,2500	100,0%	2300	575,00	100	575,00	59,43	1,29E-02	1,38E-01	2,24E-02	396,22	17,27	
7	Armierungsstahl			7800	12,50	100	12,50	10,93	1,20E-02	6,33E-02	1,39E-02	251,25	8,78	
8	Gipsputz	0,0030	100,00%	1600	4,80	100	4,80	0,71	2,87E-04	3,25E-03	2,84E-04	15,79	1,13	
Ökoindex OI3 _{ko}		134,17	Errichtung	QBB	0	Betrachtung	591,32	170,23	2,14E+00	8,47E-01	9,30E-02	4156,22	63,19	

Tabelle AP6.5: POCP - Kennwerte der Bitumenschicht

- Den zweithöchsten Beitrag zum Photosmogpotential liefern die Dämmstoffe wie z.B. schwere Mineralwolle oder EPS (orange und blau markierte Konstruktionen in den obigen Tabellen). Die Beiträge sind jedoch deutlich niedriger.
- Abgesehen von diesen beiden Ausnahmen unterscheiden sich die Photosmogpotentiale der Referenzkonstruktionen nicht besonders.

4.2.2 Referenzgebäude Modellhaus

Das Modellhaus ist ein Einfamilienhaus mit Flachdach und beheiztem Kellergeschoß. Die Konstruktionen stammen aus dem IBO-Passivhausbauteilkatalog. Die Bruttogeschoßfläche beträgt 158,24 m² (mit Kellergeschoß 237,36 m²). Es stellt auf Grund seiner Kleinheit (hoher Anteil an Außenbauteilen) und dem beheizten Kellergeschoß einen bewusst gewählten Extremfall dar. Mit diesem Gebäude sollte die beste ökologische Bewertung nur mit ökologisch besonders optimierten Konstruktionen erreicht werden.

Die ökologischen Kennwerte für das Referenzgebäude Modellhaus wurden für folgende Ausführungsvarianten berechnet:

- MDH08_FD_MBE_G ... Beton, gängig
- MDH08_FD_MBE_A ... Beton, ökologisch optimiert
- MDH08_FD_MZI_G ... Ziegel, gängig
- MDH08_FD_MZI_A ... Ziegel, ökologisch optimiert
- MDH08_FD_HZM_G ... Holzmassivbau, gängig
- MDH08_FD_HZM_A ... Holzmassivbau, ökologisch optimiert
- MDH08_FD_HRB_G ... Holzrahmenbau, gängig
- MDH08_FD_HRB_A ... Holzrahmenbau, ökologisch optimiert

Tabelle AP6.6: Varianten des Referenzgebäudes Modellhaus MD08_FD_XXX_Y

Die folgende Abbildung zeigt Grundriss, Ansichten und einen Schnitt des Modellhauses.



Abbildung AP6.5: Grundriss, Ansichten und Schnitt des Modellhauses

Für das Modellhaus wurde mit folgenden Aufbauten und Flächen gerechnet:

Flächen Modellhaus: Typ Flachdach		MDH08_FD_MBE_S	MDH08_FD_MBE_A	MDH08_FD_MZI_S	MDH08_FD_MZI_A	MDH08_FD_HZM_S	MDH08_FD_HZM_A	MDH08_FD_HRB_S	MDH08_FD_HRB_A
	Fläche	Massivbaus aus Beton, gängig	Massivbaus aus Beton, alternativ	Massivbaus aus Ziegel, gängig	Massivbaus aus Ziegel, alternativ	Holzmassivbau, gängig	Holzmassivbau, alternativ	Holzrahmenbau, gängig	Holzrahmenbau, alternativ
EW 01	88,99	EAm02_g	EAm02_a	EAm04_g	EAm04_a	EAm04_g	EAm04_a	EAm04_g	EAm04_a
AW 01 mit Abzug Fenster/Tü	212,30	AWm01_g	AWm01_a	AWm05_g	AWm05_a	AWh01_g	AWh01_a	AWI03_g	AWI03_a
IW 01	134,86	IWm03	IWm03	IWm03	IWm03	IWI01	IWI01	IWI01	IWI01
EB 01	79,12	EFu01_g	EFu01_a	EFu01_g	EFu01_a	EFu01_g	EFu01_a	EFu01_g	EFu01_a
ZD 01	79,12								
UG	79,12	KDo101_g	KDo101_a	KDo101_g	KDo101_a	KDI01_g	KDI01_a	KDI01_g	KDI01_a
EG	79,12	GDM01_g	GDM01_a	GDM03_g	GDM03_a	GDh01_g	GDh01_a	GDI01_g	GDI01_a
FE	20,84	PH_PVC	PH_Holz	PH_PVC	PH_Holz	PH_PVC	PH_Holz	PH_PVC	PH_Holz
TÜ	17,60	Innentür	Innentür	Innentür	Innentür	Innentür	Innentür	Innentür	Innentür
AD 01	79,12	DAm03_g	DAm03_a	DAm02_g	DAm02_a	DAh01_g	DAh01_a	DAIh05_g	DAIh05_a
BGF_{gesamt}	237,36								
BGF₀₁₃	158,24								
V_B gesamt	751,65								
V_B 013	518,25								

Tabelle AP6.7: Flächenanteile und Konstruktionen des Modellhauses MD08_FD_XXX_Y

Für die Modellhausvarianten wurden folgende POCP-Kennwerte für die Errichtung und für die Errichtung inklusive Nutzung (mit aktuellen Nutzungsdauern aus AP3) berechnet:

	Errichtung	Errichtung+ Nutzung
Gebäude	POCP (E)	POCP (E+N)
MDH08_FD_HRB_A.xls	115	403
MDH08_FD_HRB_S.xls	137	461
MDH08_FD_HZM_A.xls	119	408
MDH08_FD_HZM_S.xls	140	449
MDH08_FD_MBE_A.xls	124	414
MDH08_FD_MBE_S.xls	141	454
MDH08_FD_MZI_A.xls	112	394
MDH08_FD_MZI_S.xls	131	440

Tabelle AP6.8: POCP-Kennwerte für die Varianten des Modellhauses in kg C₂H₄ äqui.

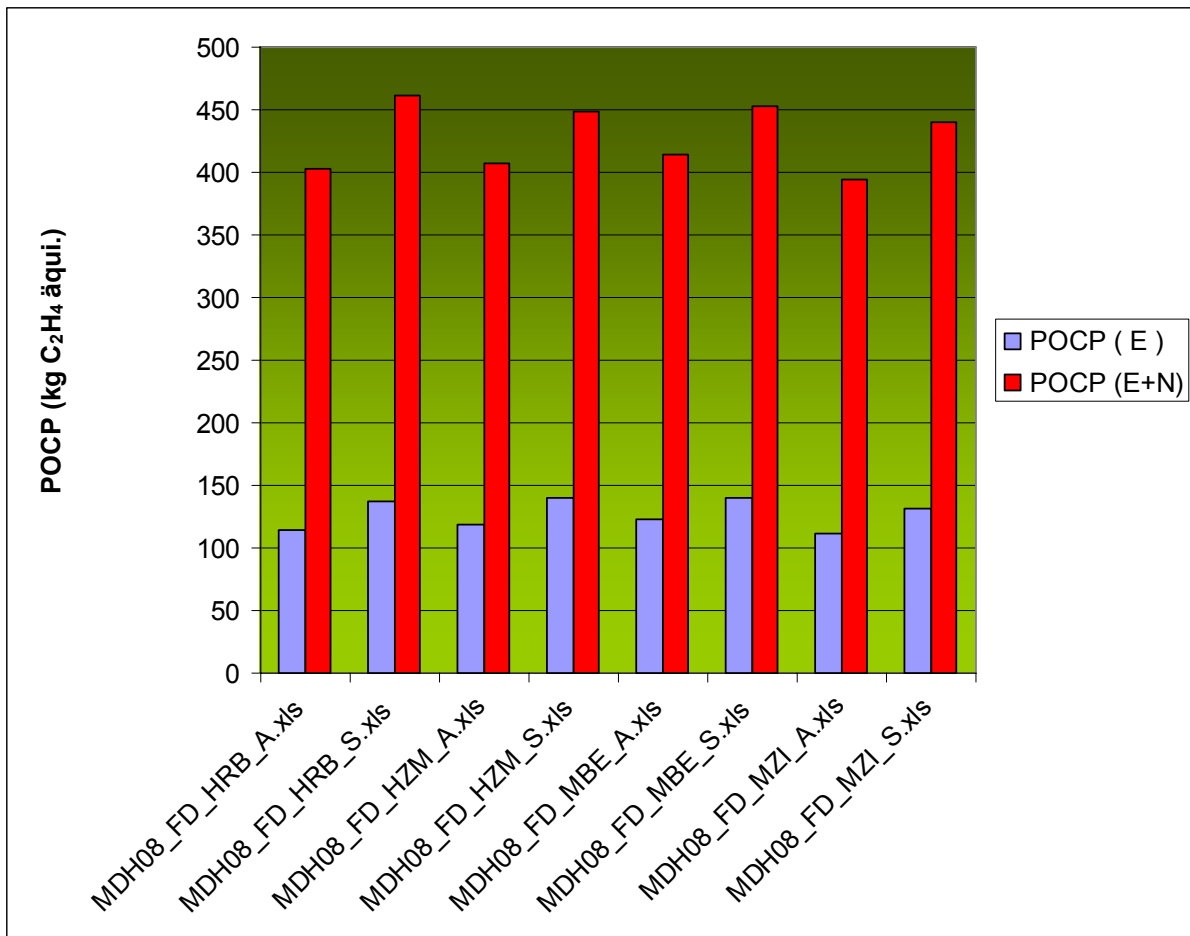


Abbildung AP6.6: POCP-Kennwerte für die Varianten des Modellhauses in kg C₂H₄ äqui.

Aus der obigen Abbildung ist zu erkennen, dass die ökologisch optimierten Varianten ein niedrigeres POCP haben. Durch die Einbeziehung der Nutzungsdauern ändert sich das Bild nicht wesentlich (POCP E+N).

Die folgende Abbildung zeigt die Anteile der einzelnen Konstruktionen am POCP für die Variante MDH08_FD_HRB_A. Daraus wird deutlich erkennbar, dass die erdberührten Außenwände (EAm04_b1m_a und EAm04_a1m_a) 80% bis 90% Anteil an den Gesamt-POCP haben und davon wieder mehr als 90% auf den Bitumenanstrich entfallen.

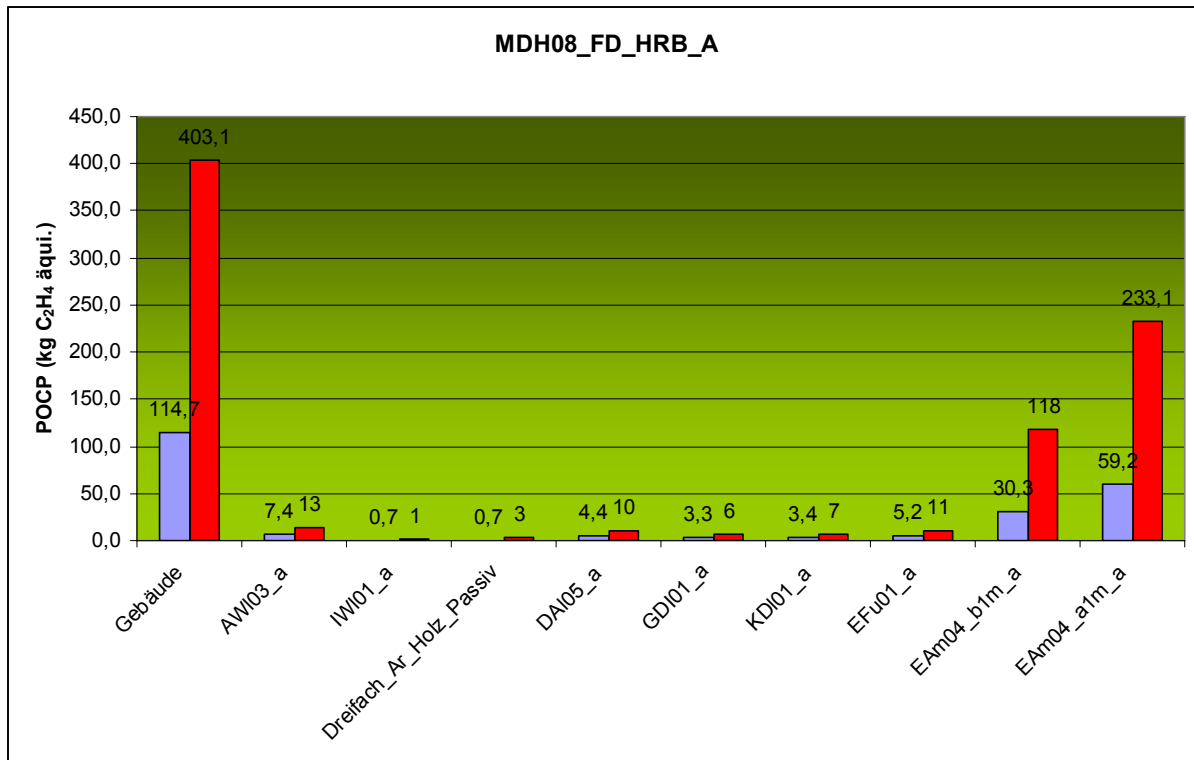


Abbildung AP6.7: POCP des Modellgebäudes MDH08_FD_HRB_A

Aus den Ergebnissen für die Referenzkonstruktionen und -gebäude können folgende Schlüsse gezogen werden:

1. Der lösemittelhaltige Bitumenanstrich schlägt bei der Berechnung des POCP einer Konstruktion voll durch, d.h. das POCP der restlichen Baustoffe spielt nur eine Nebenrolle.
2. Ein sehr ähnliches Bild ergibt sich auf Gebäudeebene.
3. Die einfachste und sicherste Lösung in einem solchen Fall ist die direkte Abbildung dieser Situation in einem Gebäudebewertungssystem (JA/NEIN-Entscheidung) und nicht das "Verstecken" in einer hochaggregierten Kennzahl wie dem OI4. Der OI4 wäre viel zu anfällig auf das "Vergessen" von Bauteilschichten mit hohen POCP-Werten, zumal weitere potentielle Kandidaten für hohe POCP-Werte, wie Kleber, Lacke, Farben in der derzeit üblichen OI3-Kennzahlberechnung gar nicht erfasst werden. Die folgende Abbildung zeigt das Ergebnis einer Ö.B.U.S.-Berechnung (www.wien.gv.at/umweltschutz/oekokauf/) von VOC-Emissionen für das Modellhaus. Daraus ist deutlich sichtbar, dass die Verlegung der Fußböden im "Worst Case"-Fall sogar noch mehr VOC-Emissionen erzeugen könnte als die Bitumenanstriche.

Produktgruppe	VOC-Emissionen im Vergleich [kg]:		
	"Worst Case"	"Business as usual"	"OkoKauf Wien"
Bitumenanstriche	44	37	6,2
Bodenbeschichtungen (ohne Belagsarbeiten)	0	0	0,0
Holzbeschichtungen	0	0	0,0
Innenwandbeschichtungen	1	0	0,3
Metalbeschichtungen (incl. Brandschutz)	1	1	0,1
Verlegung Fußbodenbeläge	84	10	1,0
Verlegung Sockelleisten	1	1	0,0
Summe	132	49	7,5

Tabelle AP6.9: Mögliche VOC-Emissionen in kg durch Kleber und Beschichtungen bei der Errichtung des Modellhauses MD08_FD_XXX_Y

4. Eine effiziente Lösung für die Einbindung bzw. Bewertung des POCP eines Gebäudes ist daher die direkte Bewertung bzw. Beschränkung des Lösemittelgehaltes von Bitumenanstrichen bzw. von Schwarzdeckerprodukten, Klebern, Fußbodenbelägen, Farben und Lacken. Dies wird in den Gebäudebewertungssystemen TQ, TQB, der IBO ÖKOPASS und klima:aktiv Haus genauso gemacht. Die Ergebnisse sind eine späte Rechtfertigung für diese Vorgangsweise. Bei der damaligen Entwicklung standen jedoch praktische Gründe im Vordergrund.

Es bleibt somit die etwas überraschende Schlussfolgerung, dass die Erweiterung des OI3 mit dem POCP aus dem Blickpunkt der praktischen Anwendung wenig Sinn macht. Das System wäre zu fehleranfällig, da die Bilanzgrenzen sogar auf Kleber, Bodenbeläge, Farben und Lacke ausgedehnt werden müsste. Dies wäre mit Sicherheit eine Überforderung des OI3 bzw. eines OI4-Konzepts. Das POCP eines Gebäudes wird am besten direkt über die Vermeidung von Lösemittel in den Bauprodukten bewertet, optimiert und reduziert.

Erweiterung der räumlichen Bilanzgrenzen

Ziel dieses Teils des Arbeitspaktes ist die Erweiterung der Bilanzgrenzen um derzeit nicht berücksichtigte Bauteilschichten bzw. Gebäudeteile in der OI3-Berechnung. Damit kann eine genauere Abbildung der Umweltauswirkungen des Herstellungsprozesses von Gebäuden und Konstruktionen erzielt werden. Die Ökologie der Gebäudeherstellung wird dadurch besser abgebildet.

4.3 Bilanzgrenze TGH (Bilanzgrenze BG0)

Die derzeitige Bilanzgrenze des OI3-Index (Bilanzgrenze TGH) enthält aus praktischen Gründen räumlich die thermische Gebäudehülle und die Zwischendecken und zeitlich den Herstellungsprozess der Baustoffe bis zum Fabrikator ohne die Transporte zur Baustelle und die Aufwendungen für den Einbau.

Die Beschränkung der Ökokennzahlenberechnung auf die thermische Gebäudehülle und die Zwischendecken vereinfacht die quantitative Bewertung mit Hilfe von Ökokennzahlen sehr und birgt relativ geringe Datenerfassungsunsicherheiten. Dadurch ist im Bezug auf die Datenerfassung und Datenqualität der Vergleich von Gebäuden mit geringen Unsicherheiten möglich. Die Einschränkungen bringen aber auch einige Besonderheiten mit sich. So ist es z.B. nicht möglich das "Treibhauspotential des Gebäudes" absolut zu berechnen, da viele Teilbereiche mit dieser Bilanzgrenze nicht erfasst werden und alle "Wirkungspotentiale" daher unterschätzt werden.

Es wurden auch einige Sonderregelungen bei der Erfassung der Bauteilschichten in der OI3-Berechnung mit dem Ziel eingeführt, die Vergleichbarkeit zu verbessern. Für die Bilanzgrenze TGH des OI3 gelten folgende Sonderregelungen:

4.3.1 Keller/Bodenplatte

Der Keller eines Gebäudes ist aufgrund der besonderen Anforderungen (Feuchtigkeitsisolierung) ein "ökologisches Schwergewicht", im Besonderen dann, wenn nur die Herstellung und nicht die Nutzungsdauer berücksichtigt wird. Der Keller liegt aber im Falle eines unbeheizten Kellers außerhalb der thermischen Gebäudehülle und daher außerhalb der OI3_{TGH}-Bilanzgrenze. Da die Feuchtigkeitsisolierung einen maßgeblichen Anteil an der ökologischen Belastung einer Bodenplatte hat, werden Gebäude ohne Keller benachteiligt. Daher darf derzeit die ökologische Belastung der Feuchtigkeitsisolierung einer

Bodenplatte auf Null gesetzt werden und trägt nicht zur Gesamtbelastung bei. Für dieses Problem soll eine ökologisch gerechtere Lösung gefunden werden.

4.3.2 Fassade

Bei einer Außenwand mit hinterlüfteter Fassade wird derzeit nur die Konstruktion bis zur Hinterlüftungsebene in der Berechnung berücksichtigt (thermisch wirksamer Teil). Die Eingabe des Fassadenmaterials ist vom Aufwand her vertretbar. Ein Vorteil wäre, dass die komplette Baukonstruktion gleich zu Dokumentationszwecken verwendet werden kann.

4.3.3 Dach/Eindeckung/Abdichtung

Ebenso werden hinterlüftete Dachkonstruktionen derzeit nur bis zur Hinterlüftungsebene in der Berechnung berücksichtigt. Es entfällt daher die Dachhaut und bei Dämmung der obersten Geschossdecke die gesamte Dachstuhlkonstruktion. Bei Flachdachkonstruktionen werden die Flachdachfolien ebenfalls nicht in die Berechnung aufgenommen. Der Witterungsschirm wird nicht berücksichtigt.

4.3.4 Innenwände

Innenwände werden auf Grund des hohen Erfassungsaufwandes nicht berücksichtigt.

4.3.5 Fußbodenbelag

Der Fußbodenbelag kann in die Berechnung einbezogen werden.

4.4 Bilanzgrenze BG1

4.4.1 Erweiterung des IBO-Referenzdatensatzes um Baustoffe in diesen Bauteilschichten

Die Vervollständigung des IBO-Referenzdatensatzes um Referenzdaten für Abdichtungen, Fassadenmaterialien und Dacheindeckungen wurde durchgeführt. Die aktuelle Baustoffliste IBO-Baustoffe08 wurde diesbezüglich ergänzt und den Forschungspartnern in einer Excel-Tabelle zur Verfügung gestellt.

4.4.2 Erhöhung des OI3 durch die Einbeziehung der neuen Schichten

Die endgültige Untersuchung der Auswirkungen der Änderung der Bilanzgrenzen soll an Hand eines Referenzgebäudes erfolgen. Ziel der Änderung der Bilanzgrenzen ist die genauere Erfassung der Gebäude und die komplette Erfassung der in die Berechnung eingehenden Bauteile. Da eine komplette Erfassung eines Gebäudes mit sehr hohem Aufwand verbunden ist – dies hat auch das Vorprojekt gezeigt – sollen die derzeitigen praxistauglichen Bilanzgrenzen räumlich wie zeitlich schrittweise erweitert werden. Dazu wurde ein nach oben offenes Bilanzgrenzenmodell, beginnend mit dem derzeitigen Modell TGH (Errichtung der thermischen Gebäudehülle und den Zwischendecken ohne Abdichtungen, Fassadenmaterialien und Dacheindeckungen) eingeführt.

4.4.3 OI3_{BG1}

Die Bilanzgrenze 1 (BG1) umfasst die derzeitige Bilanzgrenze TGH [Leitfaden OI3-Berechnung V1.7], ergänzt um die Fassadenmaterialien, Dacheindeckungen, Feuchtigkeitsabdichtungen und die Bodenplatte.

Die Änderungen der OI3-Werte aufgrund der geänderten Bilanzgrenze wurden mit Hilfe des IBO-PH-Bauteilkatalogs untersucht. Die Änderungen stellen die obere Grenze dar, da es sich um Passivhauskonstruktionen handelt und die Flächenanteile eines Einfamilienhauses verwendet werden, also die ungünstigsten Fälle.

4.4.4 Abdichtungen und Fundamente

Der mittlere OI3_{Kon}-Wert über 30 Fundamente des IBO-PH-Bauteilkatalogs ergibt einen Wert von 125,8 mit den Abdichtungen und 100,9 ohne Abdichtungen. Also eine Differenz von ca. 25 OI3-Punkten. Nimmt man einen Flächenanteil eines Fundamentes bei einem typischen EFH von ca. 15 % der Bauteilkonstruktionsfläche (KOF) an, so ergibt sich dadurch eine durchschnittliche Erhöhung des OI3_{Kon}-Wertes von ca. 4 OI3_{TGH}-Punkten aufgrund der Einbeziehung der Abdichtungen.

Ein mittlere OI3-Wert für eine Kellerdecke beträgt ca. 71,5 OI3_{Kon}-Punkte (Mittelwert über 14 Kellerdecken).

4.4.5 Fassade

Durch die Einbeziehung des Fassadenmaterials ergibt sich nur bei Metallfassaden eine wesentliche Änderung. Bei WDVS wurde ohnehin schon das komplette System berechnet.

4.4.6 Dachhaut/Dacheindeckung

Bei einer kompletten Eingabe der Dachhaut/Dacheindeckung und der Abdichtungen (Ausnahme: beim Steildach wird die Dacheindeckung nur bei jenen Konstruktionen eingegeben, wo sie tatsächlich vorhanden ist und der Witterungsschirm wird weiterhin weggelassen, da er typischerweise wenig zum OI3 des Gebäudes beiträgt) erhöhen sich die OI3_{Kon}-Werte von Dächern deutlich. Der mittlere OI3_{Kon}-Wert über 28 Dachkonstruktionen des IBO-PH-Bauteilkatalogs ergibt einen Wert von 60,6 mit der Dachhaut und 39,1 ohne die Dachhaut bzw. ohne Abdichtungen. Also eine Differenz von ca. 21 OI3-Punkten. Nimmt man einen Flächenanteil des Daches bei einem typischen EFH von ca. 20 % der KOF an, so ergibt sich dadurch eine durchschnittliche Erhöhung des OI3_{Kon}-Wertes von ca. 4 OI3_{TGH}-Punkten aufgrund der geänderten Bilanzgrenzen.

4.4.7 Zusammenfassung

Die Änderungen der Bilanzgrenzen führt zu einer Erhöhung der OI3-Werte um ca. 10 Punkte, dh. der OI3_{BG1} \approx OI3_{TGH} + 10 Punkte.

4.4.8 Modellentwurf zur Integration des Kellers bzw. der Nebengebäude in das OI3 - Konzept

Aus dem Vorprojekt OI3 wurde ersichtlich, dass ein flexibles Konzept der Bilanzgrenzen für ein Gebäude die besten Chancen hat in der Praxis auch umgesetzt zu werden. Es wurde daher das folgende Bilanzgrenzenkonzept, räumlich und zeitlich, für die OI3-

Weiterentwicklung entworfen:

- BG1: TGH + Decken + Dacheindeckung + Feuchtigkeitsabdichtungen + hinterlüftete Fassadenteile
- BG2: BG1 + Innenwände (Trennbauteile)
- BG3: BG2 + Keller komplett
- BG4: BG3 + direkte Erschließung (Stiegen, Laubengänge usw.)
- BG5: BG4 + HT (Haustechnik)
- BG6: BG5 + gesamte Erschließung + Nebengebäude

Ab der Bilanzgrenze BG2, kann die zeitliche Bilanzgrenze jedenfalls schon die Nutzungsdauern enthalten. Ab der Bilanzgrenze BG3 muss die Nutzungsdauer enthalten sein, da der Keller im speziellen beim Einfamilienhaus ökologisch "überbewertet" wird. Die Bilanzgrenze BG5 deckt ein Gebäude vollständig ab. Die Bilanzgrenze BG6 zielt schon auf Bauwerke ab.

Im Folgenden sollen die Auswirkungen der verschiedenen Bilanzgrenzen am Beispiel der Utendorfsgasse dargestellt werden. Die Bilanzierung des Gebäudes wurde vom Arbeitspaket AP 15 (TQBneu, Robert Lechner) übernommen und mit den aktuellen Nutzungsdauern des AP 3 aktualisiert.

In der folgenden Tabelle sind die einzelnen Varianten Stahlbeton, Holzmassiv und Ziegel für die Errichtung von der „Bilanzgrenze“ BG1 bis BG5 dargestellt. Bei den Ökopotentialen ist immer die Differenz dargestellt. So hat die Variante Stahlbeton für die Bilanzgrenze BG1 eine GWP von 191.696 kg CO₂ äquiv. Bilanziert man noch die Innenwände mit, so erhöht sich das GWP um 16.379 kg CO₂ äquiv. Die Summe entspricht dem GWP der Bilanzgrenze BG2. Die OI3-Kennzahlen hingegen werden immer aus den aufsummierten Ökopotentialen berechnet.

		Nur Errichtung							OI3	OI3 _{BGF}
		global warming (GWP100)	photochemical oxidation	acidification	eutrophication	PEI nicht erneuerbar	PEI erneuerbar			
		kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₂	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ --- eq	MJ	MJ	Punkte	Punkte	
Variante 1: Stahlbeton	BG1(thermische Hülle, inkl. Zwischendecken)	191.696	131	749	111	2.805.807	166.103	67	103	
	zzgl. Innenwände	16.379	15	126	20	515.310	162.357	40	97	
	zzgl. Tiefgarage	124.973	50	411	71	1.382.522	50.859	46	150	
	zzgl. Haustechnik	16.881	13	123	14	349.831	19.952	52	172	
	BG5	349.929	209	1.408	216	5.053.471	399.271	52	172	
Variante 2: Holzmassiv	BG1(thermische Hülle, inkl. Zwischendecken)	-112.776	118	727	120	2.303.113	3.195.568	35	53	
	zzgl. Innenwände	16.379	16	126	20	515.310	162.357	20	47	
	zzgl. Tiefgarage	124.973	50	411	71	1.382.522	50.859	30	100	
	zzgl. Haustechnik	16.881	13	123	14	349.831	19.952	37	122	
	BG5	45.457	197	1.387	225	4.550.776	3.428.736	37	122	
Variante 3: Ziegel	BG1(thermische Hülle, inkl. Zwischendecken)	121.952	125	659	87	2.647.572	582.407	54	82	
	zzgl. Innenwände	16.379	15	126	20	515.310	162.357	32	76	
	zzgl. Tiefgarage	124.973	50	411	71	1.382.522	50.859	39	130	
	zzgl. Haustechnik	16.881	13	123	14	349.831	19.952	46	151	
	BG5	280.185	204	1.319	191	4.895.236	837.111	46	151	

Tabelle AP6.10: Ökokennzahlen, OI3-Punkte für die Errichtung des Referenzgebäudes Utendorfsgasse für verschiedene Varianten und Bilanzgrenzen

Dass sich die OI3-Kennzahlen verringern, wenn die Innenwände dazukommen, ist kein Rechenfehler. Die Umweltwirkungen von Innenwänden haben typischerweise negative OI3-Punkte. Dies bedeutet nur, dass Innenwände pro 1 m², im Vergleich zu den anderen Konstruktionen, viel geringere Umweltbelastungen produzieren. Der Charme der Bilanzgrenze BG2 liegt gerade darin, dass die OI3-Kennzahlen von größeren Wohngebäuden aufgrund des höheren Innenwandanteils kleiner werden als die von Einfamilienhäusern bei gleichen anderen Aufbauten. So werden großvolumige Bauten, auch ohne Geometriekorrektur, besser bewertet als Einfamilienhäuser.

Die folgende Tabelle zeigt die Anteile der Ökoindikatoren in Prozent, einmal bezogen auf die Ausführung in Stahlbeton und im Detail bezogen auf die Bilanzgrenze BG5.

Es wird deutlich, dass bei der Errichtung bei den Varianten Stahlbeton und Ziegel die Bilanzgrenze BG1 einen Anteil von mehr als 50 % (ausgenommen PEI erneuerbar) hat und die Tiefgarage mit ca. 30 % zu Buche schlägt. Innenwände und Haustechnik liegen in der Größenordnung von 6 % bis 10 %.

Der größte Unterschied in der Herstellung ergibt sich beim Treibhauspotential. Hier liegt die Variante Holzmassiv bei nur 13 % bzw. die Variante Ziegel bei 80 % im Bezug auf die Variante Stahlbeton.

		Nur Errichtung					
		global warming (GWP100)	photochemical oxidation	acidification	eutrophication	PEI nicht erneuerbar	PEI erneuerbar
		kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₂	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ --- eq	MJ	MJ
Stahlbeton	BG5 bezogen auf Stahlbeton (=100)	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Holzmassiv	BG5 bezogen auf Stahlbeton (=100)	13%	94%	98%	104%	90%	859%
Ziegel	BG5 bezogen auf Stahlbeton (=100)	80%	97%	94%	88%	97%	210%
Variante 1: Stahlbeton	% BG1(thermische Hülle, inkl. Zwischendecken) G	55%	62%	53%	52%	56%	42%
	% Innenwände an Gesamt	5%	7%	9%	9%	10%	41%
	% Tiefgarage an Gesamt	36%	24%	29%	33%	27%	13%
	% Haustechnik an Gesamt	5%	6%	9%	6%	7%	5%
	BG5	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Variante 2: Holzmassiv	% thermische Hülle, inkl. ZwiD an Gesamt	-248%	60%	52%	53%	51%	93%
	% Innenwände an Gesamt	36%	8%	9%	9%	11%	5%
	% Tiefgarage an Gesamt	275%	25%	30%	32%	30%	1%
	% Haustechnik an Gesamt	37%	7%	9%	6%	8%	1%
	BG5	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Variante 3: Ziegel	% thermische Hülle, inkl. ZwiD an Gesamt	44%	61%	50%	45%	54%	72%
	% Innenwände an Gesamt	6%	8%	10%	10%	11%	19%
	% Tiefgarage an Gesamt	45%	25%	31%	37%	28%	6%
	% Haustechnik an Gesamt	6%	7%	9%	7%	7%	2%
	BG5	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabelle AP6.11: Ökokennzahlen, OI3-Punkte für die Errichtung des Referenzgebäudes Utendorfgasse in %-Punkten bezogen auf die Bilanzgrenze BG5

In der folgenden Tabelle sind die einzelnen Varianten Stahlbeton, Holzmassiv und Ziegel für die Errichtung und die Instandhaltung (Nutzung) über 100 Jahre von den Bilanzgrenzen BG1 bis BG5 dargestellt. Bei den Ökopotentialen ist wie bei der Errichtung immer die Differenz dargestellt.

Die OI3-Punkte erhöhen sich generell durch den Einbezug der Nutzungsdauern. Der OI3-Wert für die Stahlbetonvariante BG1 steigt z.B. von 67 Punkten für die Errichtung (Tabelle Errichtung) auf 141 Punkte. Der Vorsprung der Variante Holzmassiv auf die Variante Stahlbeton verringert sich von 32 OI3-Punkten bei der Errichtung auf 21 OI3-Punkte, wenn die Instandhaltung einbezogen wird. Die Abnahme und Zunahme der OI3-Punkte hat den gleichen Ursprung wie schon bei der Errichtung dargestellt wurde. Bezogen auf die Bruttogeschoßfläche steigen nun die OI3-Punkte aber kontinuierlich an, da auch die Innenwände schon positive OI3-Punkte bezogen auf die Bruttogeschoßfläche produzieren.

		Gesamter Betrachtungszeitraum: 100 Jahre							
		global warming (GWP100)	photochemical oxidation	acidification	eutrophication	PEI nicht erneuerbar	PEI erneuerbar	OI3 _{ND}	OI3 _{BGF}
		kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₂	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ ⁻ -eq	MJ	MJ	Punkte	Punkte
Variante 1: Stahlbeton	BG1(thermische Hülle, inkl. Zwischendecken)	271.041	240	1.296	169	5.019.133	423.168	141	215
	zzgl. Innenwände	32.758	31	252	39	1.030.621	324.713	97	235
	zzgl. Tiefgarage	131.729	66	452	75	1.582.847	52.645	90	298
	zzgl. Haustechnik	37.255	32	276	31	721.615	47.381	105	345
	BG5	472.784	369	2.276	313	8.354.216	847.907	105	345
Variante 2: Holzmassiv	BG1(thermische Hülle, inkl. Zwischendecken)	-75.222	213	1.432	230	4.865.973	4.569.896	120	184
	zzgl. Innenwände	32.758	31	252	39	1.030.621	324.713	84	203
	zzgl. Tiefgarage	131.729	66	452	75	1.582.847	52.645	81	266
	zzgl. Haustechnik	37.255	32	276	31	721.615	47.381	95	313
	BG5	126.521	342	2.412	374	8.201.056	4.994.634	95	313
Variante 3: Ziegel	BG1(thermische Hülle, inkl. Zwischendecken)	196.536	272	1.389	188	5.489.149	1.510.225	148	226
	zzgl. Innenwände	32.758	31	252	39	1.030.621	324.713	102	246
	zzgl. Tiefgarage	131.729	66	452	75	1.582.847	52.645	94	309
	zzgl. Haustechnik	37.255	32	276	31	721.615	47.381	108	356
	BG5	398.279	400	2.369	333	8.824.232	1.934.964	108	356

Tabelle AP6.12: Ökokennzahlen, OI3-Punkte für die Errichtung und die Wartung des Referenzgebäudes Utendorfgasse für verschiedene Varianten und Bilanzgrenzen (Achtung: OI3-Punkte wurden aus den aufsummierten Ökokennzahlen berechnet)

Die folgende Tabelle zeigt die Anteile der Ökoindikatoren in Prozent einmal bezogen auf die Ausführung in Stahlbeton und im Detail bezogen auf die Bilanzgrenze BG5.

Es wird deutlich, dass bei Errichtung und Instandhaltung die Bilanzgrenze BG1 nun einen Anteil von mehr als 60 %-Punkten (ausgenommen PEI erneuerbar) hat und die Tiefgarage auf ca. 20 %-Punkte fällt. Die Ursache dafür liegt in den durchschnittlich längeren Nutzungsdauern der Bauteile der Tiefgarage. Innenwände und Haustechnik liegen gleich auf in der Größenordnung von 7 %-Punkte bis 12 %-Punkte.

Der größte Unterschied in der Herstellung und Nutzung ergibt sich weiterhin beim Treibhauspotential. Hier liegt die Variante Holzmassiv bei nun 27 %-Punkten bzw. die Variante Ziegel bei 84 %-Punkte in Bezug auf die Variante Stahlbeton.

		Gesamter Betrachtungszeitraum: 100 Jahre					
		global warming (GWP100)	photochemical oxidation	acidification	eutrophication	PEI nicht erneuerbar	PEI erneuerbar
		kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₂	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ ⁻ -eq	MJ	MJ
Stahlbeton	BG5 bezogen auf Stahlbeton (=100)	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Holzmassiv	BG5 bezogen auf Stahlbeton (=100)	27%	93%	106%	120%	98%	589%
Ziegel	BG5 bezogen auf Stahlbeton (=100)	84%	108%	104%	106%	106%	228%
Variante 1: Stahlbeton	% BG1(thermische Hülle, inkl. Zwischendecken) G	57%	65%	57%	54%	60%	50%
	% Innenwände an Gesamt	7%	8%	11%	12%	12%	38%
	% Tiefgarage an Gesamt	28%	18%	20%	24%	19%	6%
	% Haustechnik an Gesamt	8%	9%	12%	10%	9%	6%
	BG5	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Variante 2: Holzmassiv	% thermische Hülle, inkl. ZwiD an Gesamt	-59%	62%	59%	61%	59%	91%
	% Innenwände an Gesamt	26%	9%	10%	10%	13%	7%
	% Tiefgarage an Gesamt	104%	19%	19%	20%	19%	1%
	% Haustechnik an Gesamt	29%	9%	11%	8%	9%	1%
	BG5	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Variante 3: Ziegel	% thermische Hülle, inkl. ZwiD an Gesamt	49%	68%	59%	57%	62%	78%
	% Innenwände an Gesamt	8%	8%	11%	12%	12%	17%
	% Tiefgarage an Gesamt	33%	17%	19%	22%	18%	3%
	% Haustechnik an Gesamt	9%	8%	12%	9%	8%	2%
	BG5	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabelle AP6.13: Ökokennzahlen, OI3-Punkte für die Errichtung und die Wartung des Referenzgebäudes Utendorfgasse für verschiedene Varianten und Bilanzgrenzen (Achtung: OI3-Punkte wurden aus den aufsummierten Ökokennzahlen berechnet)

Die folgende Tabelle zeigt den Anteil der einzelnen Bilanzgrenzenerweiterungen über den gesamten Betrachtungszeitraum für die Umweltwirkungen GWP, AP und PEI n.e.

Während die Anteile für AP und PEI n.e. über alle drei Varianten relativ ähnlich verteilt sind, ergeben sich beim GWP deutliche Unterschiede. So sind nur 27 %-Punkte bei der Variante Holzmassiv bei der Bilanzgrenze BG1 erfasst, im Gegensatz zu 57 % bei der Variante Stahlbeton und 49 % bei der Variante Ziegel erfasst.

Der Anteile der Tiefgarage, Innenwände und Haustechnik sind deutlich höher als bei den anderen Varianten. Dies liegt am deutlich niedrigeren GWP dieser Variante, während sich die die Tiefgarage und die Haustechnik nicht unterscheiden.

Anteile der Einzelsysteme am gesamten Betrachtungszeitraum		global warming (GWP100)	acidification	PEI nicht erneuerbar
		kg CO ₂ eq.	kg SO ₂ eq.	MJ
Variante 1: Stahlbeton	BG1(thermische Hülle, inkl. Zwischendecken)	57%	57%	60%
	zzgl. Innenwände	7%	11%	12%
	zzgl. Tiefgarage	28%	20%	19%
	zzgl. Haustechnik	8%	12%	9%
	BG5	100%	100%	100%
Variante 2: Holzmassiv	BG1(thermische Hülle, inkl. Zwischendecken)	27%	59%	59%
	zzgl. Innenwände	16%	10%	13%
	zzgl. Tiefgarage	48%	19%	19%
	zzgl. Haustechnik	18%	11%	9%
	BG5	100%	100%	100%
Variante 3: Ziegel	BG1(thermische Hülle, inkl. Zwischendecken)	49%	59%	62%
	zzgl. Innenwände	8%	11%	12%
	zzgl. Tiefgarage	33%	19%	18%
	zzgl. Haustechnik	9%	12%	8%
	BG5	100%	100%	100%

Tabelle AP6.14: Anteile der einzelnen Bilanzgrenzenerweiterungen der drei verschiedenen Varianten der Utendorfgasse in %-Punkten der Bilanzgrenze BG5 über den gesamten Betrachtungszeitraum

Die folgende Tabelle zeigt den Anteil der Errichtung am gesamten Betrachtungszeitraum.

Die Bilanzgrenze BG1 zeigt immer mehr als 47 %-Punkte Anteil der Errichtung am gesamten Betrachtungszeitraum. Bei der Tiefgarage ist der Anteil sogar größer als 87 %-Punkte.

Anteile der Errichtung am gesamten Betrachtungszeitraum		global warming (GWP100)	acidification	PEI nicht erneuerbar
		kg CO ₂ eq.	kg SO ₂ eq.	MJ
Variante 1: Stahlbeton	BG1(thermische Hülle, inkl. Zwischendeck	71%	58%	56%
	zzgl. Innenwände	50%	50%	50%
	zzgl. Tiefgarage	95%	91%	87%
	zzgl. Haustechnik	45%	45%	48%
	BG5	74%	62%	60%
Variante 2: Holzmassiv	BG1(thermische Hülle, inkl. Zwischendeck	67%	51%	47%
	zzgl. Innenwände	50%	50%	50%
	zzgl. Tiefgarage	95%	91%	87%
	zzgl. Haustechnik	45%	45%	48%
	BG5	66%	57%	55%
Variante 3: Ziegel	BG1(thermische Hülle, inkl. Zwischendeck	62%	47%	48%
	zzgl. Innenwände	50%	50%	50%
	zzgl. Tiefgarage	95%	91%	87%
	zzgl. Haustechnik	45%	45%	48%
	BG5	70%	56%	55%

Tabelle AP6.15: Anteile der Errichtung in %-Punkten der einzelnen Erweiterungen der Bilanzgrenzen am gesamten Betrachtungszeitraum der drei verschiedenen Varianten der Utendorfgasse

Die letzte Tabelle dieses Abschnitts zeigt den Anteil der Errichtung der Bilanzgrenze BG1 am gesamten Betrachtungszeitraum bezogen auf die Bilanzgrenze BG5. Aus dieser Tabelle wird ersichtlich, dass der Errichtungsanteil der Bilanzgrenze BG1 immer über 28 %-Punkte liegt.

Anteil Errichtung BG1 am gesamtem Betrachtungszeitraum und BG5	global warming (GWP100)	acidification	PEI nicht erneuerbar
	kg CO ₂ eq.	kg SO ₂ eq.	MJ
Variante 1: Stahlbeton	41%	33%	34%
Variante 2: Holzmassiv	41%	30%	28%
Variante 3: Ziegel	31%	28%	30%

Tabelle AP6.16: Anteile der Errichtung in %-Punkten der Bilanzgrenze BG1 am gesamten Betrachtungszeitraum der drei verschiedenen Varianten der Utendorfgasse

Diese Berechnung widerlegt die Darstellung aus dem AP01–Vorprojekt Gebäudebewertung, nachdem von der Bilanzgrenze BG1 nur 3 % vom gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes abgedeckt werden. Die hier dargestellte Berechnung liegt um den Faktor 10 höher.

5 Implementierung eines Nutzungsdauermodells in das OI3-Konzept

Ziel dieses Teils des Arbeitspaktes ist die Berücksichtigung und Implementierung von Nutzungsdauern für die verschiedenen Bauteilschichten bei der OI3-Berechnung. Dies führt zu einer gerechteren Beurteilung von langlebigen Baustoffen. Die Nachhaltigkeit von Konstruktionen wird dadurch besser abgebildet.

Die Lebensdauer von Gebäuden, Bauteilen, funktionalen Einheiten und Baustoffen beeinflusst in hohem Maß die ökologische Qualität von Gebäuden. Die Nichtberücksichtigung der Nutzungsdauer (Instandhaltungszyklen) kann zu beträchtlichen Verzerrungen zwischen langlebigen und kurzfristig auszutauschenden Bauteilschichten führen. Dennoch wurde bei der Einführung der OI3-Methode auf die Berücksichtigung einer differenzierten Nutzungsdauer verzichtet, da die Datenlage, die Berechnung und Begründung der Nutzungsdauern einzelner Schichten damals als zu kompliziert für den Einführungsprozess eines neuen Modells erachtet wurde. Die Datenlage im Bereich der Nutzungsdauern von Bauteilen und Bauteilschichten ist noch immer nicht zufrieden stellend, aber ausreichend, um das OI3-Modell damit zu erweitern.

5.1 Methode und Ergebnisse

Die Auswirkungen der Implementierung der Nutzungsdauern in der OI3-Berechnung wurde zuerst am Referenzkonstruktionsdatensatz studiert und danach die Auswirkungen auf Gebäudeebene am Referenzgebäude Modellhaus in unterschiedlichen Varianten untersucht.

Die Nutzungsdauern für Baustoffe bzw. Bauteilschichten wurden aus dem AP03 übernommen. Die CO₂-Bilanzierung entspricht dem IBO-PH-Bauteilkatalog [BTK 2008]. Bei diesem Bilanzierungsmodell wird das in der Konstruktion gespeicherte CO₂ **einmal** gutgeschrieben. Werden Teile innerhalb der Nutzungsdauer ausgetauscht, so wird das dadurch entstehende Treibhauspotential der Konstruktion entsprechend oft zugeschlagen.

5.2 Referenzkonstruktionen

5.2.1 Außenwände

Folgende Außenwände gehören zum Referenzdatensatz:

AWh01_g	AWh01_a	Brettstapel-Außenwand, hinterlüftet
AWI03_g	AWI03_a	Holzständer-Außenwand mit WDVS
AWm01_g	AWm01_a	Stahlbeton-Außenwand mit WDVS
AWm05_g	AWm05_a	Hochlochziegel-Außenwand mit WDVS

Tabelle AP6.17: Referenzaußenwände

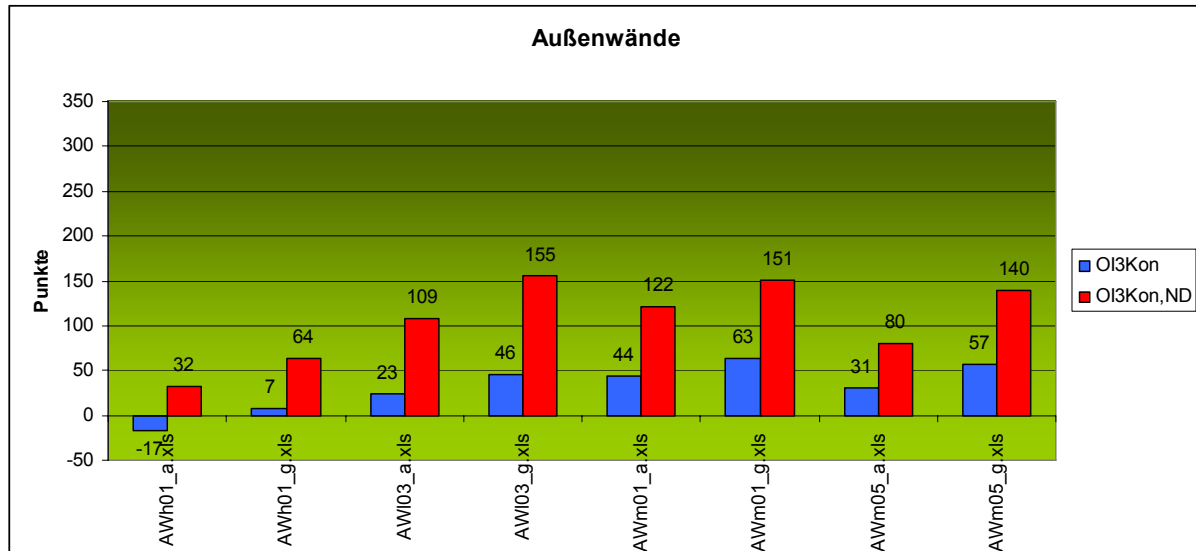


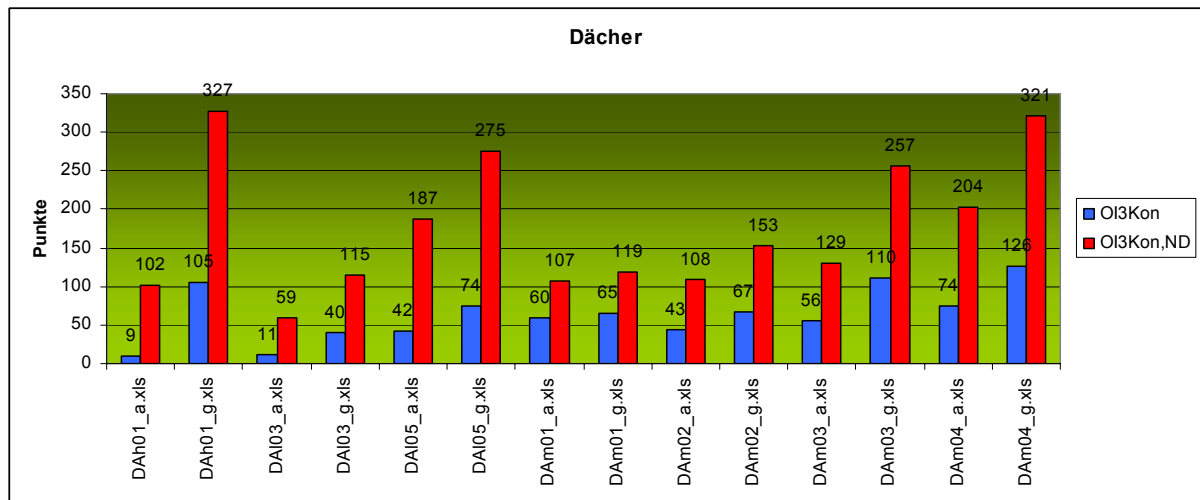
Abbildung AP6.8: OI3_{Kon}, OI3_{Kon,ND} der Referenzaußenwände, gängige Konstruktion (_g), ökologisch optimierte Version (_a)

Die Abbildung zeigt die OI3-Werte der Referenzaußenwände, die gängige Konstruktion (_g) und die ökologisch optimierte Version (_a). Die blauen Balken stellen die OI3-Werte der Herstellung dar und die roten die OI3-Werte der Herstellung und der Nutzung (Beschreibung der Konstruktionen im Anhang). Das Bild ändert sich durch die Einbeziehung der Nutzungsdauern deutlich. Zwar ist die Konstruktion AWh01_a weiterhin die mit dem niedrigsten OI3_{Kon,ND}-Wert, doch die Konstruktion AWI03_g, welche bei der Herstellung den fünfthöchsten Wert hatte, ist nun jene Konstruktion mit dem höchsten OI3_{Kon,ND}-Wert.

5.2.2 Dächer

DAh01_g	DAh01_a	Massivholz-Flachdach als Warmdach
DAI03_g	DAI03_a	Doppel-T-Träger-Steildach
DAI05_g	DAI05_a	Doppel-T-Träger-Flachdach
DAm01_g	DAm01_g	Stahlbeton-Steildach
DAm02_g	DAm02_a	Stahlbeton-Flachdach, hinterlüftet
DAm03_g	DAm03_a	Stahlbeton-Flachdach als Warmdach

Tabelle AP6.18: Referenzdächer

Abbildung AP6.9: $OI3_{kon}$, $OI3_{kon,ND}$ der Referenzdächer, gängige Konstruktion (_g), ökologisch optimierte Version (_a)

Die Abbildung zu den Dächern zeigt die $OI3$ -Werte der Referenzdächer, die gängige Konstruktion (_g) und die ökologisch optimierte Version (_a). Die blauen Balken stellen die $OI3$ -Werte der Herstellung dar und die roten die $OI3$ -Werte der Herstellung und der Nutzung (Beschreibung der Konstruktionen im Anhang). Das Bild ändert sich durch die Einbeziehung der Nutzungsdauern auch hier deutlich. Die Steildächer haben, unabhängig ob leicht oder massiv, die niedrigsten $OI3_{kon,ND}$ -Werte. Der Abstand zu den Flachdächern vergrößert sich deutlich. Die gängigen Flachdachkonstruktionen, unabhängig ob leicht oder massiv, haben sehr hohe $OI3_{kon,ND}$ -Werte.

5.2.3 Erdberührte Außenwände und Fundamente

EAm02_g	EAm02_a	Erdberührte Stahlbeton-Außenwand
EAm04_g	EAm04_a	Erdberührte Ziegel-Außenwand
EFu01_g	EFu01_a	Plattenfundament, unterseitig gedämmt, Nassestrich
EFo01_g	EFo01_a	Plattenfundament, oberseitig gedämmt, Nassestrich

Tabelle AP6.19: Referenz-Erdberührte Außenwände und Fundamente

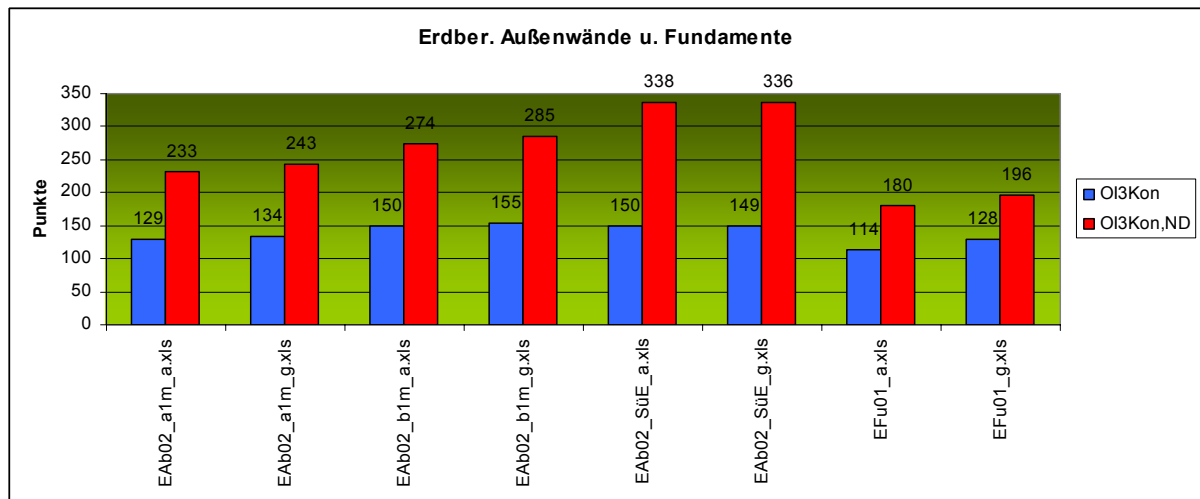


Abbildung AP6.10: $OI3_{kon}$, $OI3_{kon,ND}$ der Referenz-Erdberührte Außenwände und -Fundamente, gängige Konstruktion (_g), ökologisch optimierte Version (_a)

Die Abbildung zu den erdberührten Außenwänden und Fundamenten zeigt die $OI3$ -Werte der Referenzkonstruktionen, die gängige Konstruktion (_g) und die ökologisch optimierte Version (_a). Die blauen Balken stellen die $OI3$ -Werte der Herstellung dar und die roten die $OI3$ -Werte der Herstellung und der Nutzung (Beschreibung der Konstruktionen im Anhang). Das Bild ändert sich durch die Einbeziehung der Nutzungsdauern hier am wenigsten. Die erdberührten Außenwänden verdoppeln durch die Einbeziehung der Nutzungsdauern ihre $OI3_{kon,ND}$ -Werte, während sich bei den Fundamenten die Werte nur um ca. 50 % Punkte erhöhen.

5.2.4 Decken

GDh01_g	GDh01_a	Brettstapel-Geschoßdecke, Nassestrich
GDI01_g	GDI01_a	Leichtbau- (oder Tram-) Geschoßdecke, Zementestrich
GDm01_g	GDm01_a	Stahlbeton-Geschoßdecke, Nassestrich (Nassräume)
GDm03_g	GDm03_a	Ziegel-Geschoßdecke ohne Aufbeton
KDI01_g	KDI01_a	Leichtbau-Kellerdecke
KDo101_g	KDo101_a	Kellerdecke oberseitig gedämmt, Nassestrich

Tabelle AP6.20: Referenz-Decken

Die folgende Abbildung zeigt die $OI3$ -Werte der Referenzgeschoßdecken und -kellerdecken, die gängige Konstruktion (_g) und die ökologisch optimierte Version (_a). Die blauen Balken stellen die $OI3$ -Werte der Herstellung dar und die roten die $OI3$ -Werte der Herstellung und der Nutzung (Beschreibung der Konstruktionen im Anhang). Das Bild ändert sich durch die Einbeziehung der Nutzungsdauern hier am deutlichsten. Die massiven Geschoßdecken

erhöhen ihre OI3-Werte durch die Einbeziehung der Nutzungsdauern nur im Bereich von ca. 30 % bis 100 %, während die leichten Decken ihre OI3_{kon,ND}-Werte im Bereich von ca. 300 % bis ca. 500 %-Punkten erhöhen.

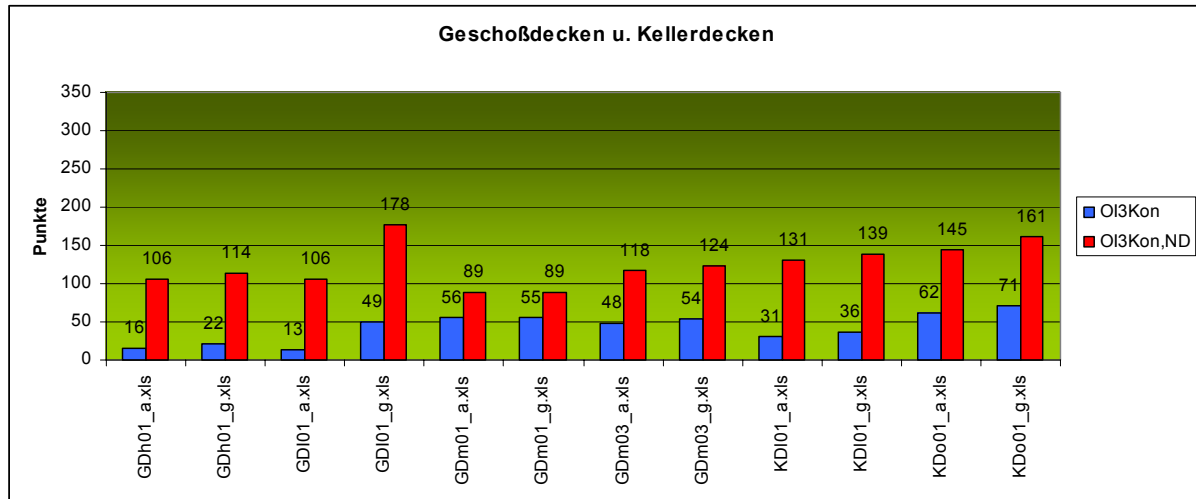


Abbildung AP6.11: OI3_{kon}, OI3_{kon,ND} der Referenz-Geschoßdecken und -Kellerdecken, gängige Konstruktion (_g), ökologisch optimierte Version (_a)

Dadurch ergibt sich ein etwas anders Bild, denn nun hat die Massivdecke GDm01 den niedrigsten OI3_{kon,ND}-Wert.

5.2.5 Resümee für die Referenzkonstruktionen

Durch die Einbeziehung der Nutzungsdauern bei der OI3-Berechnung verändern sich manchmal die Positionen deutlich.

Bei den Außenwänden hat weiterhin die Konstruktion Ah01 (hinterlüftete Brettstapelwand) den niedrigsten OI3_{kon,ND}-Wert. Die Massivbau-Außenwände (gängig) und die Holzständerwand mit WDVS (gängig) haben ungefähr gleich hohe OI3_{kon,ND}-Werte.

Die Steildächer haben, unabhängig ob leicht oder massiv, niedrigere OI3_{kon,ND}-Werte als Flachdächer. Der Abstand zu den Flachdächern vergrößert sich deutlich.

Die erdberührten Außenwände verdoppeln durch die Einbeziehung der Nutzungsdauern ihre OI3_{kon}-Werte, während sich bei den Fundamenten die Werte nur um ca. 50 % Punkte erhöhen.

Eine Überraschung gibt es bei den Decken: Aus dem Satz der Referenzdecken hat durch den Einbezug der Nutzungsdauern die Massivdecke GDm01_a den niedrigsten OI3_{kon,ND}-Wert.

5.2.6 Referenzgebäude Modellhaus

Die folgende Abbildung zeigt die OI3-Werte für die Herstellung (blau) bzw. für Herstellung und Nutzung (rot) für das Modellhaus mit Flachdach und 158,24 m² BGF in verschiedenen Ausführungen:

MDH08_FD_MBE_G ... Beton, gängig

MDH08_FD_MBE_A ... Beton, ökologisch optimiert

MDH08_FD_MZI_G ... Ziegel, gängig

MDH08_FD_MZI_A ... Ziegel, ökologisch optimiert

MDH08_FD_HZM_G ... Holzmassivbau, gängig

MDH08_FD_HZM_A ... Holzmassivbau, ökologisch optimiert

MDH08_FD_HRB_G ... Holzrahmenbau, gängig

MDH08_FD_HRB_A ... Holzrahmenbau, ökologisch optimiert

Tabelle AP6.21: Varianten des Referenzgebäudes Modellhaus MDH08_FD_XXX_Y

Für das Modellhaus wurde mit folgenden Aufbauten und Flächen gerechnet:

Flächen Modellhaus: Typ Flachdach		MDH08_FD_MBE_S	MDH08_FD_MBE_A	MDH08_FD_MZI_S	MDH08_FD_MZI_A	MDH08_FD_HZM_S	MDH08_FD_HZM_A	MDH08_FD_HRB_S	MDH08_FD_HRB_A
	Fläche	Massivbau aus Beton, gängig	Massivbau aus Beton, alternativ	Massivbau aus Ziegel, gängig	Massivbau aus Ziegel, alternativ	Holzmassivbau, gängig	Holzmassivbau, alternativ	Holzrahmenbau, gängig	Holzrahmenbau, alternativ
EW 01	88,99	EAm02_g	EAm02_a	EAm04_g	EAm04_a	EAm04_g	EAm04_a	EAm04_g	EAm04_a
AW 01 mit Abzug Fenster/Tür	212,30	AWm01_g	AWm01_a	AWm05_g	AWm05_a	AWh01_g	AWh01_a	AWI03_g	AWI03_a
IW 01	134,86	IWm03	IWm03	IWm03	IWm03	IWI01	IWI01	IWI01	IWI01
EB 01	79,12	EFu01_g	EFu01_a	EFu01_g	EFu01_a	EFu01_g	EFu01_a	EFu01_g	EFu01_a
ZD 01	79,12								
UG	79,12	KDo101_g	KDo101_a	KDo101_g	KDo101_a	KDI01_g	KDI01_a	KDI01_g	KDI01_a
EG	79,12	GDM01_g	GDM01_a	GDM03_g	GDM03_a	GDh01_g	GDh01_a	GDI01_g	GDI01_a
FE	20,84	PH_PVC	PH_Holz	PH_PVC	PH_Holz	PH_PVC	PH_Holz	PH_PVC	PH_Holz
TÜ	17,60	Innentür	Innentür	Innentür	Innentür	Innentür	Innentür	Innentür	Innentür
AD 01	79,12	DAm03_g	DAm03_a	DAm02_g	DAm02_a	DAh01_g	DAh01_a	DAIh05_g	DAIh05_a
BGF_{gesamt}	237,36								
BGF_{OI3}	158,24								
V_B gesamt	751,65								
V_B OI3	518,25								

Tabelle AP6.22: Aufbauten des Referenzgebäudes Modellhaus MDH08_FD_XXX_Y

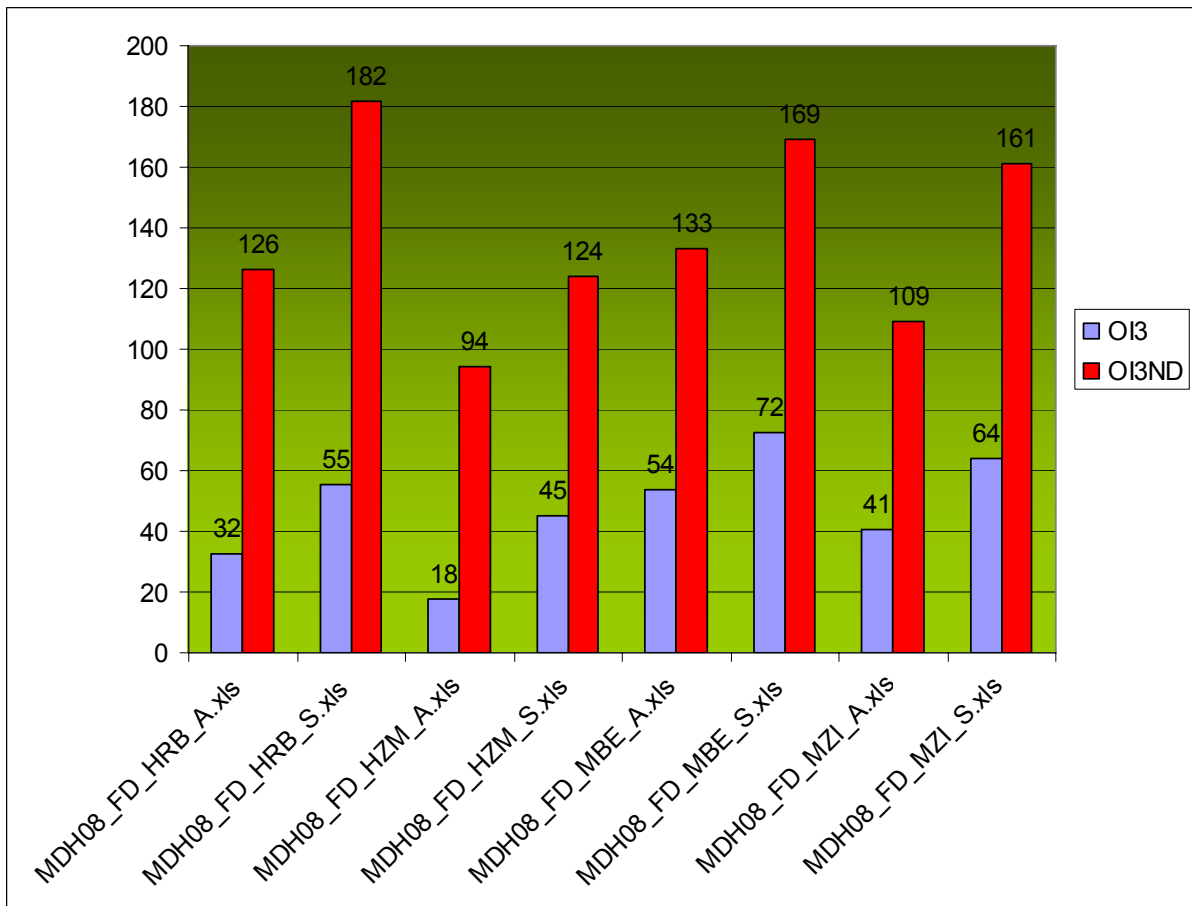


Abbildung AP6.12: OI3, OI3_{ND} der verschiedenen Varianten des Referenzgebäudes Modellhaus MDH08_FD_XXX_Y, Standardkonstruktionen (_s), ökologisch optimierte Version (_A)

Gebäude	Errichtung+ Nutzung	
	OI3	OI3ND
MDH08_FD_HRB_A.xls	32	126
MDH08_FD_HRB_S.xls	55	182
MDH08_FD_HZM_A.xls	18	94
MDH08_FD_HZM_S.xls	45	124
MDH08_FD_MBE_A.xls	54	133
MDH08_FD_MBE_S.xls	72	169
MDH08_FD_MZI_A.xls	41	109
MDH08_FD_MZI_S.xls	64	161

Tabelle AP6.23: OI3, OI3_{ND} der verschiedenen Varianten des Referenzgebäudes Modellhaus MDH08_FD_XXX_Y

5.2.7 Resümee für ein Referenzgebäude

Durch die Hereinnahme der Nutzungsdauern bei der OI3-Berechnung ergibt sich ein ähnliches Bild für die Gebäude wie für die Referenzkonstruktionen.

Die OI3-Werte der Gebäude erhöhen sich naturgemäß am stärksten bei den ökologisch optimierten leichten Gebäuden, denn diese haben sehr niedrige Ausgangswerte.

Bei den Standardausführungen der Gebäude hat den niedrigsten OI3_{BG3,ND} -Wert die Variante Holzmassiv (HZM), gefolgt von den Varianten Ziegel (MZI) , Beton (MBE) und Holzrahmenbau (HRB).

Eine Ursache dafür, dass sich der OI3-Wert für den Holzrahmenbau stark erhöht liegt darin, dass die eingesetzte Dachkonstruktion einen stark erhöhten OI3-Wert aufweist.

6 Analyse weiterer Ergebnisse aus anderen Forschungsprojekten und Implementierung in das OI3-Modell

In diesem Teil des Arbeitspaketes sollen die zentralen Ergebnisse aus dem Projekt AP04 – Transporttrucksäcke von Baustoffen auf Gebäudeebene analysiert und auf ihre Relevanz für das OI3-Modell untersucht werden.

6.1 Analyse und Ergebnisse

Eines der zentralen Ergebnisse des Arbeitspakets AP04 – Transporttrucksäcke von Baustoffen auf Gebäudeebene ist das folgende Diagramm auf Seite 127.

Umsetzungsschritte und Ergebnisse

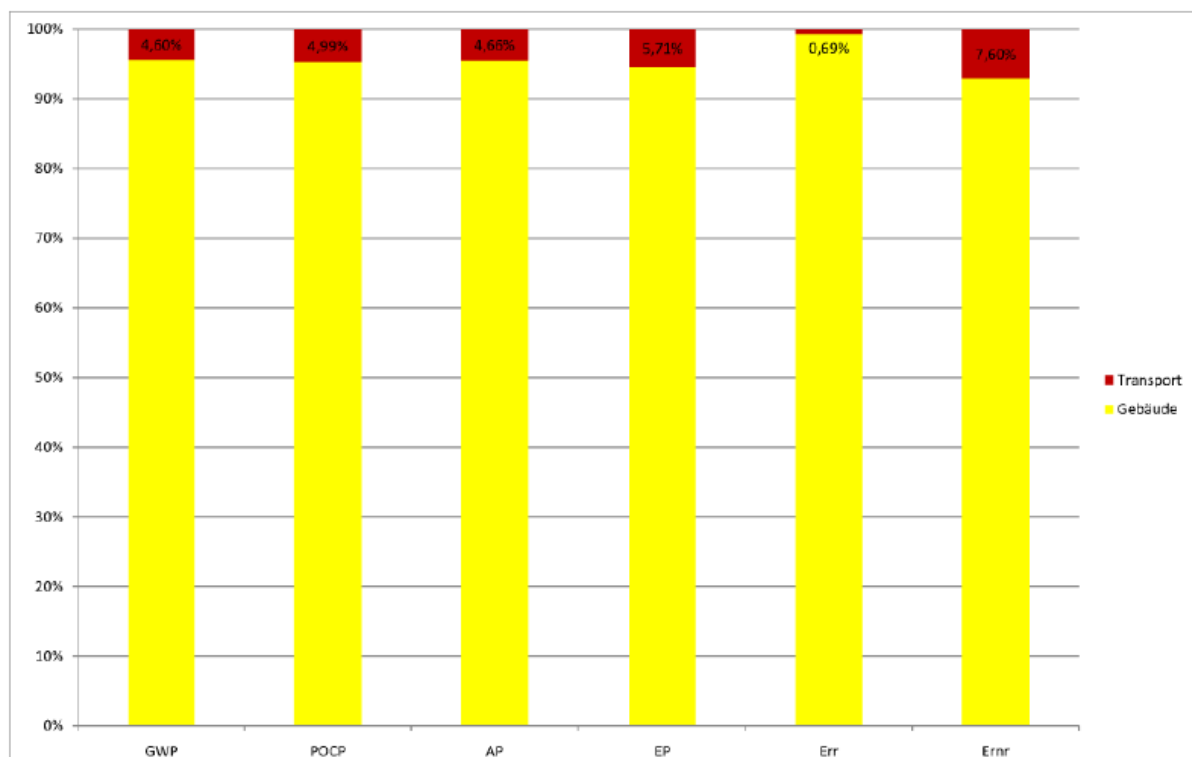


Abbildung AP6.13: AP 04 AP04 – Transporttrucksäcke von Baustoffen auf Gebäudeebene Umsetzungsschritte und Ergebnisse, S. 127

Es zeigt die Auswirkungen des Transportes im Bezug auf die Errichtung für das Referenzprojekt Utendorfgasse in verschiedenen Wirkungskategorien. Den höchsten Anteil

hat die Umweltwirkung Primärenergie nicht erneuerbar (ER nr) mit 7,6%. Die Wirkungskategorie ODP spielt im Baubereich seit dem Verbot der FCKW's absolut keine Rolle mehr und ihre prozentuelle Änderung ist daher unwichtig.

Aus den Berechnungen im Abschnitt „Erweiterung der räumlichen Bilanzgrenzen“ geht hervor, dass die Errichtung ca. 50 % des Primärenergieinhalts nicht erneuerbar ausmacht. Bezieht man die Nutzungsdauer mit ein, so machen die Transporte weniger als 4 % am gesamten Primärenergieinhalt nicht erneuerbar des Gebäudes aus. Bei dieser Größenordnung sind eine exakte Erfassung der Transporte und deren Einbeziehung in die Berechnung der Wirkungskategorien aus praktischer Sicht nicht erforderlich. Bei dieser Größenordnung ist, wenn überhaupt, nur ein Modell mit Transport-Referenzwerten, welche den Baustoffen automatisch zugeschlagen werden, sinnvoll.

Eine sehr viel wirkungsvollere und effizientere Maßnahme ist die direkte Bewertung der eingesetzten Transportfahrzeuge (Klasse EURO 4 und 5) in einem Gebäudebewertungssystem.

7 Zusammenfassung und Ausblick

7.1 Zusammenfassung OI3 bzw. OI4

Die Untersuchungen zur Erweiterung des OI3 mit dem POCP haben gezeigt, dass eine solche Erweiterung aus erfassungstechnischen Gründen wenig Sinn ergibt. Das POCP eines Gebäudes wird am besten direkt über die Vermeidung von Lösemitteln in den Bauprodukten bewertet, optimiert und reduziert. Dies wird jedoch aus praktischen Gründen auch derzeit schon genau so in den Gebäudebewertungssystemen TQB, klima:aktiv Haus und IBO ÖKOPASS durchgeführt. Die Ergebnisse dieses Projektteils sind daher eine späte Rechtfertigung dieser Vorgangsweise.

Für die Zukunft wäre eine Erweiterung des OI3 mit dem Eutrophierungspotential (EP) denkbar. Auch hierbei müsste zuerst der IBO-Baustoffreferenzdatensatz bezüglich des EP vervollständigt und dann die Auswirkungen auf Gebäudeebene untersucht werden.

Auch die Frage nach einem besseren Ressourcenindikator im OI3-Konzept, derzeit wird der Primärenergieinhalt nicht erneuerbar eingesetzt, ist noch offen. Hier gibt es einen Ansatz aus AP06, welcher jedoch derzeit noch nicht für alle Baustoffe verfügbar ist.

7.2 Zusammenfassung und Ausblick zu Erweiterung der Bilanzgrenzen

Es wurde ein stufenförmiges Bilanzgrenzenkonzept für die OI3-Berechnungen (BG1 bis BG6) eines Gebäudes entworfen.

- BG1 = TGH + Decken + Dacheindeckung + Feuchtigkeitsabdichtungen + hinterlüftete Fassadenteile
- BG2 = BG1 + Innenwände (Trennbauteile)
- BG3 = BG2 + Keller komplett
- BG4 = BG3 + direkte Erschließung (Stiegen, Laubengänge usw.)
- BG5 = BG4 + HT (Haustechnik)
- BG6 = BG5 + gesamte Erschließung + Nebengebäude

Die räumliche Bilanzgrenze BG3 deckt schon ca. 90% der Bilanzgrenze BG5 ab. Daher scheint die Bilanzgrenze BG3 für die Praxis ein guter Kompromiss zwischen Aufwand und Vollständigkeit zu sein.

Zeitlich wurde die Bilanzgrenze von der Herstellung auf Herstellung und Instandhaltung des Gebäudes erweitert. Ab der räumlichen Bilanzgrenze BG3 muss die Nutzungsdauer

enthalten sein. Die Nutzungsdauern von Baustoffschichten und Konstruktionen wurden vom Arbeitspaket AP03 übernommen.

Durch die Einbeziehung der Nutzungsdauern bei der OI3-Berechnung verändern sich die Ergebnisse deutlich. Die OI3-Werte erhöhen sich naturgemäß am stärksten bei den ökologisch optimierten leichten Gebäuden, da diese von sehr niedrigen Ausgangswerten starten. Bei der Standardausführung der Gebäude hat den niedrigsten OI3_{BG3,ND}-Wert die Variante Holzmassiv (HZM), gefolgt von der Variante Ziegel (MZI), Beton (MBE) und Holzrahmenbau (HRB).

Der nächste Schritt wäre die zeitliche Ausdehnung der Bilanzgrenzen auf die Entsorgung des Gebäudes. Damit wäre der Lebenszyklus eines Gebäudes vollständig abgeschlossen und bewertet. Derzeit wird am IBO an einem Entsorgungsmodell geforscht. Die Endergebnisse werden Ende dieses Jahres (2009) vorliegen. Danach kann mit der praktischen Implementierung des Modells, je nach Ergebnis, direkt in der OI3-Berechnung oder über einen eigenen Entsorgungsindikator, begonnen werden.

7.3 Implementierung weiterer Ergebnisse aus den anderen Teilprojekten (Transporte)

Aus den Darstellungen und Berechnungen des AP04 –Transportrucksäcke von Bauprodukten und der Einbeziehung der Nutzungsdauern in die Berechnungen ergibt sich, dass die Transporte weniger als 4 % des gesamten Primärenergieinhalts nicht erneuerbar für die Errichtung und Instandhaltung des Gebäudes ausmachen. Bei dieser Größenordnung sind eine exakte Erfassung der Transporte und deren Einbeziehung in die Berechnung der Wirkungskategorien aus praktischer Sicht für die Anwendung in der Wohnbauförderung nicht erforderlich. Für die Anwendung in TQB könnten vereinfachte Transportmodelle für die relevantesten Baustoffe diese Aufwendungen mit ausreichend hoher Genauigkeit erfassen.

8 Literatur

BTK 1999	Ökologischer Bauteilkatalog – Bewertete gängige Konstruktionen. Hrsg.: IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie- und -ökologie und Donau-Universität Krems, Zentrum für Bauen und Umwelt. Wien: Springer 1999
BTK 2008	Passivhaus-Bauteilkatalog - Ökologisch bewertete Konstruktionen / Details for Passive Houses. Gefördert durch „Haus der Zukunft“ Springer Wien 2008
BUWAL 1998	The report “Oekoinventare für Verpackungen”, Schriftenreihe Umwelt Nr. 250, part 1+2, 2. Auflage, Dokumentationsdienst, CH 3003 Bern, Switzerland. http://www.buwal.ch/publikat/oekobila.htm .
CML 1992	Heijungs, R. (final ed.): Environmental life cycle assessment of products. Centre of Environmental Science (CML), Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO), Fuels and Raw Materials Bureau (B&G). Leiden: 1992
CML 2001	Centre of Environmental Science, Leiden University (Guinée, M.; Heijungs, Huppes, G.; Kleijn, R.; de Koning, A.; van Oers, L.; Wegener Seeswijk, S.; de Haes, U.); School of Systems Engineering, Policy Analysis and Management, Delft University of Technology (Bruijn, H.); Fuels and Materials Bureau (von Duin, R.); Interfaculty Department of Environmental Science, University of Amsterdam (Huijbregts, M.): Life Cycle assessment: operational guide to the ISO standards. Final Report, May 2001.
Eyerer 2000	Eyerer, Peter: Ökologische Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden: Wege zu einer ganzheitlichen Bilanzierung /Peter Eyerer,; Hans-Wolf Reinhardt. Unter Mitarbeit von Johannes Kreißig. Basel; Boston; Berlin: Birkhäuser, 2000
ecoinvent Centre 2004	Ecoinvent Centre, Swiss Centre for Life Cycle Inventories. ecoinvent Data v1.1: The Life Cycle Inventory Data Version 1.1, Juni 2004
Houghton et al. 1994	Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, J. Bruce, H. Lee, B.A. Callander, E. Haites, N.Harris & K.Maskell (eds), 1994. Climate change 1994. Radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 Emission scenarios. Cambridge University Press, 1994
Houghton et al. 1996	Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N.Harris, A. Kattenberg & K. Maskell. Climate change 1995: the science of climate change. Cambridge University Press, 1996
Huijbregts 1999	Priority assessment of toxic substances in LCA. Development and application of the multi-media fate, exposure and effect model USES-LCA. IVAM environmental research, University of Amsterdam, 1999

IBO 2006	OI3-Indikator; IBO-Leitfaden für die Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude, OI3-Berechnungsleitfaden Version 1.7, 2006
Idemat 2001	Idemat 2001 database: Data collection from various sources supervised by Dr. Han Remmerswaal, Faculty of Industrial Design Engineering , Delft Technical University, The Netherlands.
ÖNORM EN ISO 14040	Umweltmanagement – Ökobilanz. Grundsätze und Rahmenbedingungen. Ausgabe 2006-10-01. Österreichisches Normungsinstitut, Wien

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle AP6.1: Gewichtungsfaktoren für Summenparameter.....	25
Tabelle AP6.2: Referenzkonstruktions-Datensatz.....	26
Tabelle AP6.3: Kennwerte des Referenzkonstruktions-Datensatzes für die Errichtung.....	27
Tabelle AP6.4: Kennwerte des Referenzkonstruktions-Datensatzes für die Errichtung und Nutzung .	28
Tabelle AP6.5: POCP - Kennwerte der Bitumenschicht	29
Tabelle AP6.6: Varianten des Referenzgebäudes Modellhaus MD08_FD_XXX_Y	30
Tabelle AP6.7: Flächenanteile und Konstruktionen des Modellhauses MD08_FD_XXX_Y.....	31
Tabelle AP6.8: POCP-Kennwerte für die Varianten des Modellhauses in kg C ₂ H ₄ äqui.....	31
Tabelle AP6.9: Mögliche VOC-Emissionen in kg durch Kleber und Beschichtungen bei der Errichtung des Modellhaus MD08_FD_XXX_Y.....	34
Tabelle AP6.10: Ökokennzahlen, OI ₃ -Punkte für die Errichtung des Referenzgebäudes Utendorfasse für verschiedene Varianten und Bilanzgrenzen	39
Tabelle AP6.11: Ökokennzahlen, OI ₃ -Punkte für die Errichtung des Referenzgebäudes Utendorfasse in %-Punkten bezogen auf die Bilanzgrenze BG5.....	40
Tabelle AP6.12: Ökokennzahlen, OI ₃ -Punkte für die Errichtung und die Wartung des Referenzgebäudes Utendorfasse für verschiedene Varianten und Bilanzgrenzen	41
Tabelle AP6.13: Ökokennzahlen, OI ₃ -Punkte für die Errichtung und die Wartung des Referenzgebäudes Utendorfasse für verschiedene Varianten und Bilanzgrenzen	41
Tabelle AP6.14: Anteile der einzelnen Bilanzgrenzenerweiterungen der drei verschiedenen Varianten der Utendorfasse in %-Punkten der Bilanzgrenze BG5 über den gesamten Betrachtungszeitraum.....	42
Tabelle AP6.15: Anteile der Errichtung in %-Punkten der einzelnen Erweiterungen der Bilanzgrenzen am gesamten Betrachtungszeitraum der drei verschiedenen Varianten der Utendorfasse	43
Tabelle AP6.16: Anteile der Errichtung in %-Punkten der Bilanzgrenze BG1 am gesamten Betrachtungszeitraum der drei verschiedenen Varianten der Utendorfasse	43
Tabelle AP6.17: Referenzaußenwände	45
Tabelle AP6.18: Referenzdächer	46
Tabelle AP6.19: Referenz-Erdberührte Außenwände und Fundamente	46
Tabelle AP6.20: Referenz-Decken.....	47
Tabelle AP6.21: Varianten des Referenzgebäudes Modellhaus MDH08_FD_XXX_Y.....	49
Tabelle AP6.22: Aufbauten des Referenzgebäudes Modellhaus MDH08_FD_XXX_Y.....	49
Tabelle AP6.23: OI ₃ , OI _{3ND} der verschiedenen Varianten des Referenzgebäudes Modellhaus MDH08_FD_XXX_Y	50

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung AP6.1: POCP Abbildungsfunktion PEI _{ne} in MJ/m ² in OIPEI _{ne} -Punkte	18
Abbildung AP6.2: Abbildungsfunktion GWP in kg CO ₂ äqui. in OIGWP-Punkte.....	19
Abbildung AP6.3: Abbildungsfunktion AP in kg SO ₂ äqui. in OIAP-Punkte.....	19
Abbildung AP6.4: OI _{3kon} und ΔOI ₃	21
Abbildung AP6.5: Grundriss, Ansichten und Schnitt des Modellhauses	30
Abbildung AP6.6: POCP-Kennwerte für die Varianten des Modellhauses in kg C ₂ H ₄ äqui.	32
Abbildung AP6.7: POCP des Modellgebäudes MDH08_FD_HRB_A.....	33
Abbildung AP6.8: OI _{3kon} , OI _{3kon,ND} der Referenzaußenwände, gängige Konstruktion (_g), ökologisch optimierte Version (_a)	45
Abbildung AP6.9: OI _{3kon} , OI _{3kon,ND} der Referenzdächer, gängige Konstruktion (_g), ökologisch optimierte Version (_a)	46
Abbildung AP6.10: OI _{3kon} , OI _{3kon,ND} der Referenz-Erdberührte Außenwände und -Fundamente, gängige Konstruktion (_g), ökologisch optimierte Version (_a).....	47
Abbildung AP6.11: OI _{3kon} , OI _{3kon,ND} der Referenz-Geschoßdecken und -Kellerdecken, gängige Konstruktion (_g), ökologisch optimierte Version (_a).....	48
Abbildung AP6.12: OI ₃ , OI _{3ND} der verschiedenen Varianten des Referenzgebäudes Modellhaus MDH08_FD_XXX_Y, Standardkonstruktionen (_s), ökologisch optimierte Version (_A)	50
Abbildung AP6.13: AP 04 AP04 – Transporttrucksäcke von Baustoffen auf Gebäudeebene Umsetzungsschritte und Ergebnisse, S. 127	52

11 Anhang

11.1 Referenzkonstruktionen Übersicht

Außenwände

AWh01_g	AWh01_a	Brettstapel-Außenwand, hinterlüftet
AWI03_g	AWI03_a	Holzständer-Außenwand mit WDVS
AWm01_g	AWm01_a	Stahlbeton-Außenwand mit WDVS
AWm05_g	AWm05_a	Hochlochziegel-Außenwand mit WDVS

Dächer

DAh01_g	DAh01_a	Massivholz-Flachdach als Warmdach
DAI03_g	DAI03_a	Doppel-T-Träger-Steildach
DAI05_g	DAI05_a	Doppel-T-Träger-Flachdach
DAm01_g	DAm01_g	Stahlbeton-Steildach
DAm02_g	DAm02_a	Stahlbeton-Flachdach, hinterlüftet
DAm03_g	DAm03_a	Stahlbeton-Flachdach als Warmdach
DAm04_g	DAm04_g	Stahlbeton-Flachdach als Warmdach (Gründach)

Erdberührte Außenwände

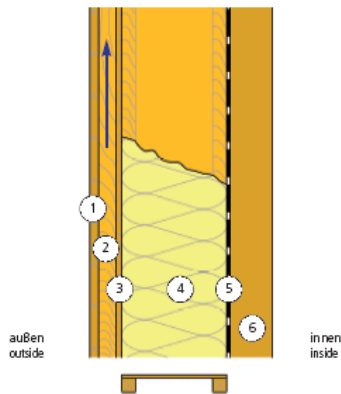
EAm02_g	EAm02_a	Erdberührte Stahlbeton-Außenwand
EAm04_g	EAm04_a	Erdberührte Ziegel-Außenwand
EFu01_g	EFu01_a	Plattenfundament, unterseitig gedämmt, Nassestrich
EFo01_g	EFo01_a	Plattenfundament, oberseitig gedämmt, Nassestrich

Decken

GDh01_g	GDh01_a	Brettstapel-Geschoßdecke, Nassestrich
GDI01_g	GDI01_a	Leichtbau- (oder Tram-) Geschoßdecke, Zementestrich
GDm01_g	GDm01_a	Stahlbeton-Geschoßdecke, Nassestrich (Nassräume)
GDm03_g	GDm03_a	Ziegel-Geschoßdecke ohne Aufbeton
KDI01_g	KDI01_a	Leichtbau-Kellerdecke
KDo101_g	KDo101_a	Kellerdecke oberseitig gedämmt, Nassestrich

AWh 01 Brettstapel-Außenwand, hinterlüftet

Stacked wood outside wall, rear ventilation



Bauphysik = Building physics

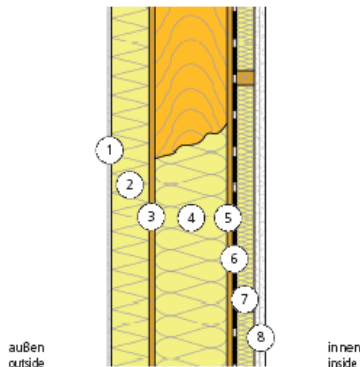
	Einheit Unit	Gängig Usual	Alternative
Gesamtdicke = Total thickness	[cm]	51	52
Wärmedurchgangskoeffizient = Thermal transmission coefficient	[W/(m²K)]	0,12	0,12
Bewertetes Schalldämmmaß R _w = Rated sound insulation value R _w	[dB]	54	54
Feuchtetechnische Sicherheit = Moisture safety	[kg/m²a]	0/0	0,35/0,35
Wirksame Wärmespeicherkapazität = Effective heat capacity	[kJ/(m²K)]	64	64

[cm]	Gängiger Aufbau von außen nach Innen Usual construction from outside to inside	
1	2,5	Holzschalung = Wood shuttering
2	5	Hinterlüftung zw. senkrechten Holzlatten = Rear ventilation bet. upright wood lathes
3	1,6	MDF-Platte = MDF-board
4	30	Mineralwolle zwischen Holz C-Trägern = Mineral wool bet. wood C-beams
5	-	PE-Dampfbremse = PE vapor barrier
6	12	Brettstapelwand, vernagelt = Stacked wood wall, nailed

[cm]	Alternativer Aufbau von außen nach Innen Alternative construction from outside to inside	
1	2,5	Holzschalung = Wood shuttering
2	5	Hinterlüftung zw. senkrechten Holzlatten = Rear ventilation bet. upright wood lathes
3	2,4	Holzschalung darauf PE-Folie, diffusionsoffen = Wood shuttering, open diffusion PE foil on top
4	30	Zelluloseflocken zwischen vertikalen Holz C-Trägern = Cellulose flakes bet. vertical wood C-beams
5	-	PE-Dampfbremse = PE vapor barrier
6	12	Brettstapelwand, verdübelt = Stacked wood wall, dowelled

AWI 03

Holzständer-Außenwand mit WDVS Wood post outside wall with ETICS



Bauphysik = Building physics

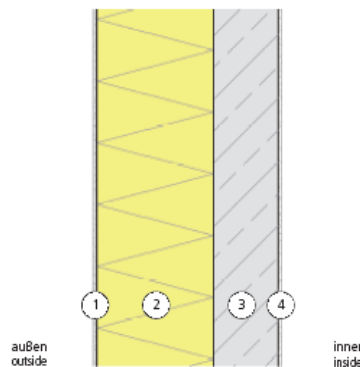
	Einheit Unit	Gängig Usual	Alternative
Gesamtdicke = Total thickness	[cm]	41	44
Wärmedurchgangskoeffizient = Thermal transmission coefficient	[W/(m²K)]	0,12	0,12
Bewertetes Schalldämmmaß R_w = Rated sound insulation value R_w	[dB]	51	55
Feuchtetechnische Sicherheit = Moisture safety	[kg/m²a]	0/0	0/0
Wirksame Wärmespeicherkapazität = Effective heat capacity	[kJ/(m²K)]	23	65

[cm]	Gängiger Aufbau von außen nach Innen Usual construction from outside to inside
1	- Silikatputz = Silicate plaster
2	10 Mineralwolle = Mineral wool
3	1,6 Spanplatte = Chipboard
4	20 Mineralwolleplatten zw. vertikalen Pfosten = Mineral wool panels bet. vertical posts
5	1,8 Spanplatte = Chipboard
6	- PE-Dampfbremse = PE vapor barrier
7	5 Mineralwolleplatten zwischen horizontalen Latten (Installationsebene) = Mineral wool panels bet. horizontal lathes (services level)
8	3 2 Lg. Gipskarton-Brandschutzplatten = 2-layer gypsum plasterboard fire protection panels

[cm]	Alternativer Aufbau von außen nach Innen Alternative construction from outside to inside
1	1,5 Silikatputz auf Mittelbett = Silicate plaster on medium bed thinset
2	12 Hanf = Hemp
3	2,4 Holzschalung = Wood shuttering
4	20 Flachs zw. vertikalen Pfosten = Flax bet. vertical posts
5	1,8 OSB-Platte, Stöße verklebt = OSB panel, bonded joints
6	- entfällt = N/A
7	5 Holzwolle-Leichtbauplatte = Wood wool lightweight panel
8	1,5 Lehmputz = Loam rendering

AWm 01

Stahlbeton-Außenwand, WDVS Reinforced concrete outside wall, ETICS



Bauphysik = Building physics

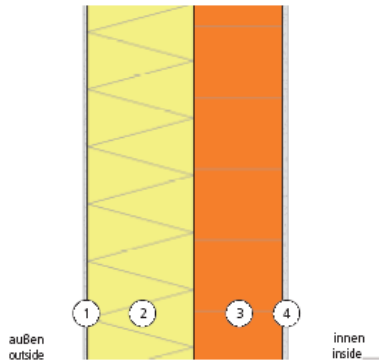
	Einheit Unit	Gängig Usual	Alternative
Gesamtdicke = Total thickness	[cm]	50	56
Wärmedurchgangskoeffizient = Thermal transmission coefficient	[W/(m²K)]	0,12	0,12
Bewertetes Schalldämmmaß R_w = Rated sound insulation value R_w	[dB]	58	54
Feuchtetechnische Sicherheit = Moisture safety	[kg/m²a]	0/0	0/0
Wirksame Wärmespeicherkapazität = Effective heat capacity	[kJ/(m²K)]	332	264

[cm]	Gängiger Aufbau von außen nach Innen Usual construction from outside to inside
1	- Silikatputz = Silicate plaster
2	32 EPS-F, expandierter Polystyrol-Hartschaum = EPS-F, expanded polystyrene hard foam
3	18 Stahlbeton = Reinforced concrete
4	- Spachtelung = Filler

[cm]	Alternativer Aufbau von außen nach Innen Alternative construction from outside to inside
1	- Silikatputz = Silicate plaster
2	36 Kork = Cork
3	18 Stahlbeton = Reinforced concrete
4	1,5 Lehmputz auf Haftbrücke = Loam rendering on bonding layer

AWm 05

Hochlochziegel-Außenwand, WDVS Honeycomb brick outside wall, ETICS



Bauphysik = Building physics

	Einheit Unit	Gängig Usual	Alternative
Gesamtdicke = Total thickness	[cm]	57	61
Wärmedurchgangskoeffizient = Thermal transmission coefficient	[W/(m²K)]	0,12	0,12
Bewertetes Schalldämmmaß R_w = Rated sound insulation value R_w	[dB]	48	53
Feuchtetechnische Sicherheit = Moisture safety	[kg/m²a]	0/0	0/0
Wirksame Wärmespeicherkapazität = Effective heat capacity	[kJ/(m²K)]	72	70

[cm]	Gängiger Aufbau von außen nach Innen Usual construction from outside to inside
1	- Silikatputz = Silicate plaster
2	30 EPS-F, expandierter Polystyrol-Hartschaum = EPS-F, expanded polystyrene hard foam
3	25 Hochlochziegel = Honeycomb bricks
4	1,5 Kalkzementputz = Lime cement plaster

[cm]	Alternativer Aufbau von außen nach Innen Alternative construction from outside to inside
1	- Silikatputz = Silicate plaster
2	34 Mineralschaumplatten = Mineral foam panels
3	25 Hochlochziegel = Honeycomb bricks
4	1,5 Lehmputz = Loam rendering

Errichtung

Konstruktion	Masse	OI3(kon)	Global				PEI nicht erneuerbar	PEI erneuerbar
			Warming (GWP100)	Photochemical Oxidation	Acidification	Eutrophication		
Außenwände	kg/m ²	Punkte	kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₄	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ --- eq	MJ	MJ
AWh01_a.xls	100,3	-16,8	-132,1	0,0503	0,2120	0,0367	399,3	1916,9
AWh01_g.xls	102,4	6,8	-119,9	0,0674	0,2842	0,0480	757,7	2002,5
AWI03_a.xls	98,2	23,4	-42,1	0,0329	0,2697	0,0498	922,6	1168,0
AWI03_g.xls	76,8	46,2	0,5	0,1253	0,3392	0,0503	1117,6	764,6
AWm01_a.xls	482,7	44,4	10,3	0,0448	0,3342	0,0580	1034,1	928,1
AWm01_g.xls	420,2	63,4	81,8	0,0834	0,3301	0,0467	1263,4	32,0
AWm05_a.xls	264,6	30,7	64,1	0,0239	0,2061	0,0273	866,8	118,7
AWm05_g.xls	232,4	56,7	69,5	0,0689	0,2949	0,0327	1264,5	88,0

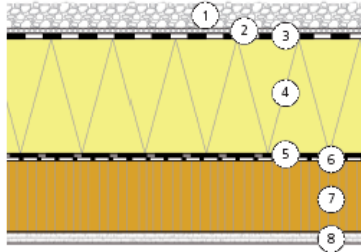
Errichtung + Instandhaltung

Konstruktion	Masse	OI3 _{Kon}	Global				PEI nicht erneuerbar	PEI erneuerbar
			Warming (GWP100)	Photochemical Oxidation	Acidification	Eutrophication		
Außenwände	kg/m ²	Punkte	kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₄	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ --- eq	MJ	MJ
AWh01_a.xls	100,3	32,3	-85,0	0,1004	0,4227	0,0731	794,1	3833,5
AWh01_g.xls	102,4	63,8	-80,9	0,1146	0,5020	0,0820	1399,0	3180,7
AWI03_a.xls	98,2	108,6	30,1	0,0675	0,5460	0,0954	2014,4	2050,7
AWI03_g.xls	76,8	155,1	74,9	0,2842	0,7466	0,1103	2381,5	1260,7
AWm01_a.xls	482,7	121,9	72,7	0,0792	0,6247	0,1019	1885,2	2251,1
AWm01_g.xls	420,2	150,5	131,3	0,1764	0,6173	0,0761	2480,4	53,3
AWm05_a.xls	264,6	80,4	111,5	0,0455	0,3658	0,0488	1482,3	149,7
AWm05_g.xls	232,4	140,1	117,1	0,1567	0,5701	0,0610	2426,4	108,8

DAh 01

Massivholz-Flachdach als Warmdach Solid wood flat roof, non-ventilated

außen
outside



innen
inside

[cm]	Gängiger Aufbau von außen nach Innen Usual construction from outside to inside
1	6 Kies 16/32 = Gravel 16/32
2	1 Gummigranulatmatte, Stöße abgedeckt od. überlappt = Rubber granule mat, covered or overlapping joints
3	1 Polymerbitumen-Abdichtung 2 Lg. = Polymer bitumen sealing 2 layer
4	32 Mineralwolleplatten (hart) = Mineral wool panels (hard)
5	- Bitu-Alu-Bahn = Bitumen-aluminum layer
6	- Dampfdruckausgleichsschicht = Vapor pressure compensation layer
7	20 Brettstapeldecke genagelt = Nailed stacked board ceiling
8	3 2 Lg. Gipskarton-Brandschutzplatten = 2-layer gypsum plasterboard fire protection panels

Bauphysik = Building physics

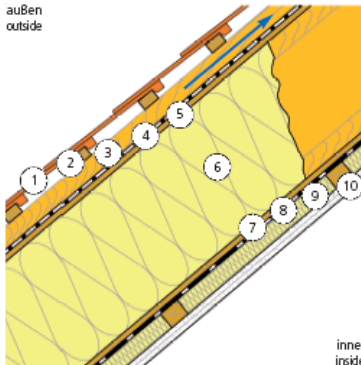
	Einheit Unit	Gängig Usual	Alternative
Gesamtdicke = Total thickness	[cm]	63	58
Wärmedurchgangskoeffizient = Thermal transmission coefficient	[W/(m ² K)]	0,10	0,10
Bewertetes Schalldämmmaß R _w = Rated sound insulation value R _w	[dB]	57	52
Feuchtetechnische Sicherheit = Moisture safety	[kg/m ² a]	0,001/0,001	0,004/0,004
Wirksame Wärmespeicherkapazität = Effective heat capacity	[kJ/(m ² K)]	56	56

[cm]	Alternativer Aufbau von außen nach Innen Alternative construction from outside to inside
1	6 Kies 16/32 = Gravel 16/32
2	- entfällt = N/A
3	- PE-Abdichtung, mechanisch befestigt = Mechanically bonded PE sealing
4	38 Kork = Cork
5	- PE-Dampfbremse = PE vapor barrier
6	- entfällt = N/A
7	20 Brettstapeldecke gedübelt (Holzdübel) = Dowelled stacked boards (wood dowels)
8	2,5 2 Lg. Gipsfaserplatte = 2-layer gypsum fiberboard

DAI 03

Doppel-T-Träger-Steildach Double T-beam steeply-pitched roof

außen
outside



innen
inside

[cm]	Gängiger Aufbau von außen nach Innen Usual construction from outside to inside
1	- Deckung* = Covering*
2	3 Lattung 3/5 cm = Lathes 3/5 cm
3	5 Durchlüftung zw. Konterlattung = Ventilation bet. cross lathes
4	- Diffusionsoffene Dachauflegebahn, winddicht verklebt = Open diffusion roofing sheet, sealed (windtight)
5	1,6 MDF-Platte NF = MDF panel, tongue and groove
6	36 Mineralwolle zw. Doppel-T-Trägern = Mineral wool bet. double-T beams
7	2,2 Spanplatte = Chipboard
8	- PE-Dampfbremse = PE vapor barrier
9	5 Mineralwolle zw. horizontalen Latten = Mineral wool bet. horizontal lathes
10	3 2 Lg. Gipskarton-Brandschutzplatten = 2-layer gypsum plasterboard fire protection panels

* Für die Berechnung wurde Dachziegel verwendet

Bauphysik = Building physics

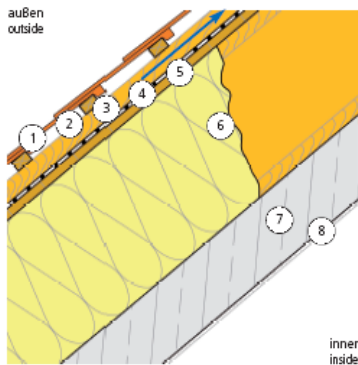
	Einheit Unit	Gängig Usual	Alternative
Gesamtdicke = Total thickness	[cm]	56	56
Wärmedurchgangskoeffizient = Thermal transmission coefficient	[W/(m ² K)]	0,10	0,10
Bewertetes Schalldämmmaß R _w = Rated sound insulation value R _w	[dB]	52	52
Feuchtetechnische Sicherheit = Moisture safety	[kg/m ² a]	0,005/0,005	0,305/0,305
Wirksame Wärmespeicherkapazität = Effective heat capacity	[kJ/(m ² K)]	28	28

[cm]	Alternativer Aufbau von außen nach Innen Alternative construction from outside to inside
1	- Deckung* = Covering*
2	3 Lattung 3/5 cm = Lathes 3/5 cm
3	5 Durchlüftung zw. Konterlattung = Ventilation bet. cross lathes
4	- Diffusionsoffene Dachauflegebahn, winddicht verklebt = Open diffusion roofing sheet, sealed (windtight)
5	2,4 Holzschalung = Wood shuttering
6	36 Zellulose zw. Doppel-T-Trägern = Cellulose bet. double-T beams
7	1,8 OSB-Platte luftdicht verklebt = OSB panel, sealed (windtight)
8	- entfällt = N/A
9	5 Schafwolle zw. horizontalen Latten = Lambswool bet. horizontal lathes
10	2,5 2 Lg. Gipsfaserplatten = 2-layer gypsum fiberboard

* Calculations based on the use of roof bricks

DAm 01 Stahlbeton-Steildach

Reinforced concrete steeply-pitched roof



Bauphysik = Building physics

	Einheit Unit	Gängig Usual	Alternative
Gesamtdicke = Total thickness	[cm]	68	70
Wärmedurchgangskoeffizient = Thermal transmission coefficient	[W/(m ² K)]	0,10	0,10
Bewertetes Schalldämmmaß R _w = Rated sound insulation value R _w	[dB]	64	64
Feuchtetechnische Sicherheit = Moisture safety	[kg/m ² a]	0/0	0/0
Wirksame Wärmespeicherkapazität = Effective heat capacity	[kJ/(m ² K)]	330	250

[cm]	Gängiger Aufbau von außen nach Innen Usual construction from outside to inside
1	- Deckung* = Covering*
2	3 Lattung 3/5 cm = Lathes 3/5 cm
3	5 Durchlüftung zw. Konterlattung = Ventilation bet. cross lathes
4	- Diffusionsoffene Dachauflegebahn, winddicht verklebt = Open diffusion roofing sheet, sealed (windtight)
5	2,4 Schalung = Shuttering
6	40 Mineralfaserfilz zw. Holz C-Trägern = Mineral fiber felt bet. wood C-beams
7	18 Stahlbeton = Reinforced concrete
8	- Spachtelung = Filler

* Für die Berechnung wurde Dachziegel verwendet

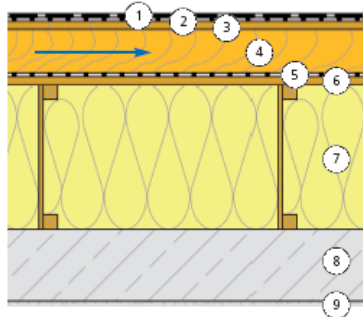
[cm]	Alternativer Aufbau von außen nach Innen Alternative construction from outside to inside
1	- Deckung* = Covering*
2	3 Lattung 3/5 cm = Lathes 3/5 cm
3	5 Durchlüftung zw. Konterlattung = Ventilation bet. cross lathes
4	- Diffusionsoffene Dachauflegebahn, winddicht verklebt = Open diffusion roofing sheet, sealed (windtight)
5	2,4 Schalung = Shuttering
6	40 Flachs zw. Holz C-Trägern = Flax bet. wood C-beams
7	18 Stahlbeton = Reinforced concrete
8	1,5 Lehmputz auf Haftbrücke = Loam rendering on bonding layer

* Calculations based on the use of roof bricks

DAm 02

Stahlbeton-Flachdach, hinterlüftet Reinforced concrete flat roof, rear ventilation

außen
outside



innen
inside

[cm]	Gängiger Aufbau von außen nach Innen Usual construction from outside to inside
1	0,18 PE-Abdichtung, mechanisch befestigt = PE seal, mechanically bonded
2	- PP-Vlies = PP fleece
3	2,4 Holzschalung = Wood shuttering
4	12 Unterlüftung/Dampfdruckentspannung zw. Holzlaten, Insekenschutzgitter = Low-level ventilation / Vapor pressure relaxation bet. wood lathes, insect screen
5	- Diffusionsoffene PE-Dachauflegebahn, strömungsdicht verschweißt = Open diffusion PE roofing sheet, welded airtight
6	2,4 Holzschalung = Wood shuttering
7	40 Mineralwolle zw. Holz-C-Trägern, Gefälle >1° = Mineral wool bet. wood C-beams, >1° Incline
8	20 Stahlbeton = Reinforced concrete
9	- Spachtelung = Filler

Bauphysik = Building physics

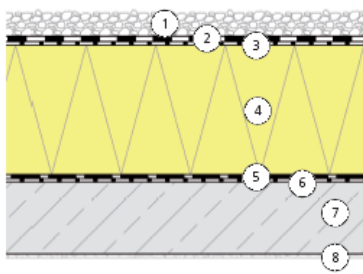
	Einheit Unit	Gängig Usual	Alternative Alternative
Gesamtdicke = Total thickness	[cm]	77	88
Wärmedurchgangskoeffizient = Thermal transmission coefficient	[W/(m²K)]	0,10	0,10
Bewertetes Schalldämmmaß R _w = Rated sound insulation value R _w	[dB]	65	65
Feuchtetechnische Sicherheit = Moisture safety	[kg/m²a]	0/0	0/0
Wirksame Wärmespeicherkapazität = Effective heat capacity	[kJ/(m²K)]	324	259

[cm]	Alternativer Aufbau von außen nach Innen Alternative construction from outside to inside
1	0,18 PE-Abdichtung, mechanisch befestigt = PE seal, mechanically bonded
2	- PP-Vlies = PP fleece
3	2,4 Holzschalung = Wood shuttering
4	12 Unterlüftung/Dampfdruckentspannung zw. Holzlaten, Insekenschutzgitter = Low-level ventilation / Vapor pressure relaxation bet. wood lathes, insect screen
5	- Diffusionsoffene PE-Dachauflegebahn, strömungsdicht verschweißt = Open diffusion PE roofing sheet, welded airtight
6	2,4 Holzschalung = Wood shuttering
7	40 Zellulose zw. Holz-C-Trägern, Gefälle >1° = Cellulose bet. wood C-beams, >1° Incline
8	20 Stahlbeton = Reinforced concrete
9	1,5 Lehmputz = Loam rendering

DAm 03

Stahlbeton-Flachdach als Warmdach Reinforced concrete flat roof, non ventilated

außen
outside



innen
inside

[cm]	Gängiger Aufbau von außen nach Innen Usual construction from outside to inside
1	6 Kies 16/32 = Gravel 16/32
2	1 Polymerbitumen-Abdichtung 2 Lg. = Polymer bitumen sealing 2-layer
3	- Dampfdruck-Ausgleichsschicht = Vapor pressure compensation layer
4	36 EPS > 20 kg/m³ = EPS > 20 kg/m³
5	- Bitu-Alu-Bahn = Bitumen-aluminum layer
6	- Entspannungsschicht = Relaxation layer
7	20 Stahlbeton = Reinforced concrete
8	- Spachtelung = Filler

Bauphysik = Building physics

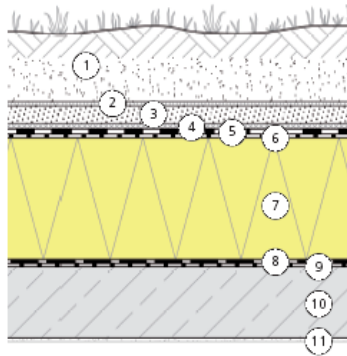
	Einheit Unit	Gängig Usual	Alternative Alternative
Gesamtdicke = Total thickness	[cm]	63	69
Wärmedurchgangskoeffizient = Thermal transmission coefficient	[W/(m²K)]	0,10	0,10
Bewertetes Schalldämmmaß R _w = Rated sound insulation value R _w	[dB]	65	61
Feuchtetechnische Sicherheit = Moisture safety	[kg/m²a]	0,001/0,001	0,003/0,003
Wirksame Wärmespeicherkapazität = Effective heat capacity	[kJ/(m²K)]	330	259

[cm]	Alternativer Aufbau von außen nach Innen Alternative construction from outside to inside
1	6 Kies 16/32 = Gravel 16/32
2	0,2 PE-Abdichtung auf PP-Schutzvlies = PE seal on PP protective fleece
3	- entfällt = N/A
4	42 Kork = Cork
5	- PE-Dampfsperre = PE vapor barrier
6	- entfällt = N/A
7	20 Stahlbeton = Reinforced concrete
8	- Spachtelung = Filler

DAm 04 Stahlbeton-Flachdach als Warmdach (Gründach)

Reinforced concrete flat roof, non-ventilated (with planting)

außen
outside



innen
inside

[cm]	Gängiger Aufbau von außen nach Innen Usual construction from outside to inside
1	≥ 20 Vegetationsschicht = Vegetation layer
2	- PP-Filtervlies = PP Filter fleece
3	5 Dränschicht = Drainage layer
4	1 Gummigranulat-Schutzmatte, Stöße ≥ 20 cm überlappt = Rubber granule protective mat, joints ≥ 20 cm overlapping
5	1 Polymerbitumen-Abdichtung 2 Lg. = Polymer bitumen sealing 2 layer
6	- Dampfdruck-Ausgleichsschicht = Vapor pressure compensation layer
7	36 EPS ≥ 20 kg/m ³ = EPS ≥ 20 kg/m ³
8	- Bitu-Alu-Bahn = Bitumen-aluminum layer
9	- Dampfdruck-Ausgleichsschicht = Vapor pressure compensation layer
10	20 Stahlbeton = Reinforced concrete
11	- Spachtelung = Filler

Bauphysik = Building physics

	Einheit Unit	Gängig Usual	Alternative
Gesamtdicke = Total thickness	[cm]	83	88
Wärmedurchgangskoeffizient = Thermal transmission coefficient	[W/(m ² K)]	0,10	0,10
Bewertetes Schalldämmmaß R _w = Rated sound insulation value R _w	[dB]	65	65
Feuchtetechnische Sicherheit = Moisture safety	[kg/m ² a]	0,001/0,001	0,003/0,003
Wirksame Wärmespeicherkapazität = Effective heat capacity	[kJ/(m ² K)]	330	330

[cm]	Alternativer Aufbau von außen nach Innen Alternative construction from outside to inside
1	≥ 20 Vegetationsschicht = Vegetation layer
2	- PP-Filtervlies = PP Filter fleece
3	5 Dränschicht = Drainage layer
4	1 Gummigranulat-Schutzmatte, Stöße ≥ 20 cm überlappt = Rubber granule protective mat, joints ≥ 20 cm overlapping
5	- EPDM Wurzelspererschicht = EPDM root barrier
6	- entfällt = N/A
7	42 Kork = Cork
8	- PE-Dampfsperre = PE vapor barrier
9	- entfällt = N/A
10	20 Stahlbeton = Reinforced concrete
11	- Spachtelung = Filler

Errichtung

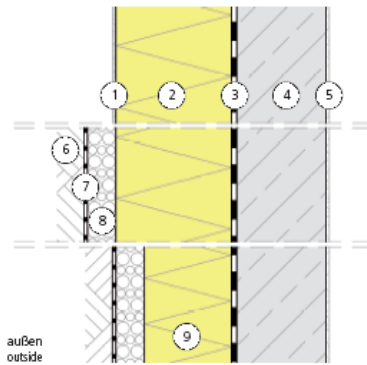
Konstruktion	Masse	OI3(kon)	Global	Photochemical	Acidification	Eutrophication	PEI nicht erneuerbar	PEI erneuerbar
			Warming (GWP100)	Oxidation				
Dächer	kg/m ²	Punkte	kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₄	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ --- eq	MJ	MJ
DAh01_a.xls	283,1	9,5	-200,3	0,0757	0,3620	0,0608	927,4	3078,5
DAh01_g.xls	271,9	104,5	-70,0	0,2783	0,6639	0,1050	1920,5	2152,9
DAI03_a.xls	82,2	10,6	-51,2	0,0285	0,2399	0,0379	705,4	1140,7
DAI03_g.xls	72,6	40,0	-15,8	0,0483	0,2950	0,0411	1188,3	957,7
DAI05_a.xls	183,7	41,7	-30,1	0,0551	0,3618	0,0505	1043,2	1048,1
DAI05_g.xls	176,5	74,4	5,3	0,0801	0,3903	0,0462	1733,9	822,0
DAm01_a.xls	474,4	60,0	34,0	0,0455	0,3549	0,0695	1299,4	708,8
DAm01_g.xls	450,2	65,0	49,4	0,0642	0,3806	0,0640	1272,3	500,7
DAm02_a.xls	540,0	43,2	-2,9	0,0558	0,3497	0,0576	1000,8	974,3
DAm02_g.xls	513,5	67,1	27,9	0,0752	0,4225	0,0671	1273,3	756,4
DAm03_a.xls	623,2	55,6	5,2	0,0535	0,3845	0,0620	1193,2	1043,3
DAm03_g.xls	580,0	110,3	100,6	0,1125	0,4621	0,0606	2046,9	47,7
DAm04_a.xls	711,6	74,1	17,7	0,0574	0,4370	0,0685	1476,6	1057,0
DAm04_g.xls	668,4	126,4	110,5	0,1174	0,5176	0,0670	2258,3	57,4

Errichtung + Instandhaltung

Konstruktion	Masse	OI3 _{Kon}	Global	Photochemical	Acidification	Eutrophication	PEI nicht erneuerbar	PEI erneuerbar
			Warming (GWP100)	Oxidation				
Dächer	kg/m ²	Punkte	kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₄	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ --- eq	MJ	MJ
DAh01_a.xls	283,1	101,9	-138,7	0,1309	0,7108	0,1066	1998,1	4790,8
DAh01_g.xls	271,9	327,3	52,9	0,5504	1,4473	0,2115	4854,9	2968,9
DAI03_a.xls	82,2	59,5	-7,9	0,0516	0,4069	0,0625	1285,3	1971,4
DAI03_g.xls	72,6	115,1	29,3	0,0901	0,5455	0,0754	2214,5	1610,3
DAI05_a.xls	183,7	186,7	45,4	0,1695	0,8822	0,1067	2935,5	1808,2
DAI05_g.xls	176,5	275,1	99,7	0,2247	1,0093	0,1115	4806,0	1371,9
DAm01_a.xls	474,4	107,3	53,3	0,0627	0,5212	0,1024	1957,4	1363,3
DAm01_g.xls	450,2	118,8	84,5	0,1009	0,5777	0,0938	1921,9	976,7
DAm02_a.xls	540,0	108,1	37,6	0,0978	0,6058	0,0864	1723,0	1901,5
DAm02_g.xls	513,5	153,2	74,9	0,1373	0,7565	0,1077	2286,8	1495,4
DAm03_a.xls	623,2	129,4	48,5	0,0907	0,6686	0,0956	2056,6	2067,5
DAm03_g.xls	580,0	257,1	159,0	0,2185	0,8912	0,1016	4442,5	88,9
DAm04_a.xls	711,6	203,5	98,3	0,1063	0,8787	0,1216	3190,1	2122,5
DAm04_g.xls	668,4	321,4	198,4	0,2382	1,1133	0,1274	5288,0	127,7

EAm 02 Erdberührte Stahlbeton-Außenwand

Sealed reinforced concrete outside wall in contact with ground



Bauphysik = Building physics

> 1m unter Erdoberfläche > 1m underground	Einheit Unit	Gängig Usual	Alternative
Gesamtdicke = Total thickness	[cm]	49	50
Wärmedurchgangskoeffizient = Thermal transmission coefficient	[W/(m ² K)]	0,16	0,16
Bewertetes Schalldämmmaß R _w = Rated sound insulation value R _w	[dB]	67	67
Feuchtetechnische Sicherheit = Moisture safety	[kg/m ² a]	0/0	0/0
Wirksame Wärmespeicherkapazität = Effective heat capacity	[kJ/(m ² K)]	290	223

[cm]	Gängiger Aufbau von außen nach Innen Usual construction from outside to inside
Sockelbereich über Erdoberfläche = Base level above ground	
1	- Sockelputz oder Verkleidung* = Base course plaster or cladding*
2	32 XPS, CO ₂ -geschäumt = XPS, CO ₂ -foamed
3	1 Polymerbitumen-Abdichtung 2 Lg. = 2-layer polymer bitumen seal
4	25 Stahlbeton = Reinforced concrete
5	- Spachtelung = Filler
Bis 1 m unter Erdoberfläche = Up to 1 m underground	
6	- Erdreich = Subsoil
7	- PP-Filtervlies = PP filter fleece
8	8 Dranschicht (EPS-Dränplatten) = Drainage layer (EPS drainage panel)
Tiefer als 1 m unter Erdoberfläche = More than 1 m underground	
9	24 XPS, CO ₂ -geschäumt = XPS, CO ₂ -foamed

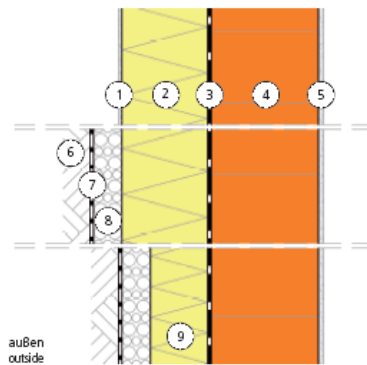
*Für die Berechnung wurde Sockelputz verwendet

[cm]	Alternativer Aufbau von außen nach Innen Alternative construction from outside to inside
Sockelbereich über Erdoberfläche = Base level above ground	
1	- Sockelputz oder Verkleidung* = Base course plaster or cladding*
2	32 XPS, CO ₂ -geschäumt = XPS, CO ₂ -foamed
3	1 Polymerbitumen-Abdichtung 2 Lg. = 2-layer polymer bitumen seal
4	25 Stahlbeton = Reinforced concrete
5	1,5 Lehmputz auf Haftbrücke = Loam rendering on bonding layer
Bis 1 m unter Erdoberfläche = Up to 1 m underground	
6	- Erdreich = Subsoil
7	- PP-Filtervlies = PP filter fleece
8	8 Beton-Dränsteine = Concrete drainage blocks
Tiefer als 1 m unter Erdoberfläche = More than 1 m underground	
9	24 XPS, CO ₂ -geschäumt = XPS, CO ₂ -foamed

*Calculations based on the use of base course plaster

EAm 04

Erdberührte Ziegel-Außenwand Brick outside wall in contact with ground



Bauphysik = Building physics

bis 1 m unter Erdreich up to 1 m underground	Einheit Unit	Gängig Usual	Alternative
Gesamtdicke = Total thickness	[cm]	51	52
Wärmedurchgangskoeffizient = Thermal transmission coefficient	[W/(m²K)]	0,16	0,16
Bewertetes Schalldämmmaß R _w = Rated sound insulation value R _w	[dB]	55	55
Feuchtetechnische Sicherheit = Moisture safety	[kg/m²a]	0/0	0/0
Wirksame Wärmespeicherkapazität = Effective heat capacity	[kJ/(m²K)]	62	57

[cm]	Gängiger Aufbau von außen nach Innen Usual construction from outside to inside
Sockelbereich über Erdoberfläche = Base level above ground	
1	- Sockelputz oder Verkleidung* = Base course plaster or cladding*
2	24 XPS, CO ₂ -geschäumt = XPS, CO ₂ -foamed
3	1 Polymerbitumen- Abdichtung 2 Lg. = 2-layer polymer bitumen seal
4	30 Hochlochziegel = Honeycomb bricks
5	1,5 Kalkzementputz = Lime cement plaster
Bis 1 m unter Erdoberfläche = Up to 1 m underground	
6	- Erdreich = Subsoil
7	- PP-Filtervlies = PP filter fleece
8	8 Dranschicht (EPS-Dränplatten) = Drainage layer (EPS drainage panel)
Tiefer als 1 m unter Erdoberfläche = More than 1 m underground	
9	16 XPS, CO ₂ -geschäumt = XPS, CO ₂ -foamed

*Für die Berechnung wurde Sockelputz verwendet

[cm]	Alternativer Aufbau von außen nach Innen Alternative construction from outside to inside
Sockelbereich über Erdoberfläche = Base level above ground	
1	- Sockelputz oder Verkleidung* = Base course plaster or cladding*
2	24 Schaumglas = Foamed glass
3	0,5 Polymerbitumen-Abdichtung 1 Lg. = 1-layer polymer bitumen seal
4	30 Hochlochziegel = Honeycomb bricks
5	1,5 Lehmputz = Loam rendering
Bis 1 m unter Erdoberfläche = Up to 1 m underground	
6	- Erdreich = Subsoil
7	- PP-Filtervlies = PP filter fleece
8	5 Kies = Gravel
Tiefer als 1 m unter Erdoberfläche = More than 1 m underground	
9	16 Schaumglas = Foamed glass

*Calculations based on the use of base course plaster

Errichtung

Konstruktion	Masse	OI3(kon)	Global	Photochemical		Eutrophication	PEI nicht	PEI
			Warming (GWP100)	Oxidation	Acidification		erneuerbar	erneuerbar
Erdberührte Außenwände	kg/m ²	Punkte	kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₄	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	MJ	MJ
EAb02_a1m_a.xls	713,6	129,3	124,1	1,0817	0,5138	0,0673	2293,2	77,6
EAb02_a1m_g.xls	591,3	134,2	120,6	1,0858	0,5255	0,0648	2409,7	45,2
EAb02_b1m_a.xls	716,7	149,9	134,5	1,1073	0,5779	0,0726	2603,3	80,3
EAb02_b1m_g.xls	594,4	154,8	131,1	1,1113	0,5897	0,0701	2719,8	47,9
EAb02_SüE_a.xls	618,1	150,2	129,2	1,1073	0,5808	0,0721	2628,1	81,1
EAb02_SüE_g.xls	597,4	149,1	130,1	1,1066	0,5756	0,0697	2609,3	51,5

Errichtung + Instandhaltung

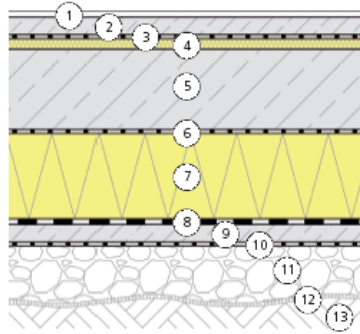
Konstruktion	Masse	OI3 _{Kon}	Global	Photochemical		Eutrophication	PEI nicht	PEI
			Warming (GWP100)	Oxidation	Acidification		erneuerbar	erneuerbar
Erdberührte Außenwände	kg/m ²	Punkte	kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₄	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	MJ	MJ
EAb02_a1m_a.xls	713,6	232,6	178,0	2,1340	0,8182	0,0957	3904,5	98,4
EAb02_a1m_g.xls	591,3	243,5	170,2	2,1428	0,8468	0,0930	4156,2	63,2
EAb02_b1m_a.xls	716,7	273,8	198,9	2,1850	0,9464	0,1062	4524,6	103,9
EAb02_b1m_g.xls	594,4	284,8	191,1	2,1938	0,9751	0,1036	4776,4	68,7
EAb02_SüE_a.xls	618,1	337,5	222,4	2,7242	1,1519	0,1242	5496,8	119,4
EAb02_SüE_g.xls	597,4	336,4	223,3	2,7235	1,1467	0,1218	5478,0	89,8

EFu 01

Plattenfundament, unterseitig gedämmt, Nassestrich

Slab foundation, insulated lower side, wet screed

oben
above



unten
below

Bauphysik = Building physics

	Einheit Unit	Gängig Usual	Alternative
Gesamtdicke = Total thickness	[cm]	58	58
Wärmedurchgangskoeffizient = Thermal transmission coefficient	[W/(m ² K)]	0,15	0,15
Bewerteter Standard-Trittschallpegel L _{nT,w} = Standard impact sound insulation level rating L _{nT,w}	[dB]	36	41
Feuchtetechnische Sicherheit = Moisture safety	[kg/m ² a]	0/0	0/0
Wirksame Wärmespeicherkapazität = Effective heat capacity	[kJ/(m ² K)]	98	97

[cm]	Gängiger Aufbau von oben nach unten Usual construction from above to below
1	- Fußbodenbelag* = Flooring layer*
2	5 Zementestrich = Cement screed
3	- PE-Folie, Stöße überlappt = PE foil, overlapping joints
4	3 Mineralwolle-Trittschalldämmplatte = Mineral wool Impact sound insulation panels
5	20 Stahlbeton = Reinforced concrete
6	- PE-Folie, 2 Lg. = PE foil, 2-layer
7	24 Schaumglas in Polymer-Bitumen = Foamed glass in polymer bitumen
8	1 Polymer-Bitumen, 2 Lg. = 2-layer polymer bitumen
9	5 Magerbeton/Sauberkeitsschicht = Lean mortar/clean layer
10	- Baupapier = Building paper
11	≥15 Rollierung (Dränschicht) = Setting layer (drainage layer)
12	- PP-Filtervlies = PP filter fleece
13	- Erdreich = Subsoil

* Für die Berechnung wurde Fertigparkett verwendet

[cm]	Alternativer Aufbau von oben nach unten Alternative construction from above to below
1	- Fußbodenbelag* = Flooring layer*
2	5 Zementestrich = Cement screed
3	- Baupapier = Building paper
4	3 Holzfaser-Trittschalldämmplatte = Wood fiberboard Impact sound insulation panel
5	20 Stahlbeton = Reinforced concrete
6	- PE-Trennlage, einlagig = PE separating layer, 1-layer
7	24 Schaumglasplatten kaschieret = Laminated foamed glass panels
8	1 Polymer-Bitumen, 2 Lg. = 2-layer polymer bitumen
9	5 Magerbeton/Sauberkeitsschicht = Lean mortar/clean layer
10	- Baupapier = Building paper
11	≥15 Rollierung (Dränschicht) = Setting layer (drainage layer)
12	- PP-Filtervlies = PP filter fleece
13	- Erdreich = Subsoil

* Calculations based on the use of ready-to-install parquet

Errichtung

Konstruktion	Masse kg/m ²	OI3(kon) Punkte	Global	Photochemical	Acidification kg SO ₂ eq.	Eutrophication kg PO ₄ --- eq	PEI nicht erneuerbar MJ	PEI erneuerbar MJ
			Warming (GWP100) kg CO ₂ eq.	Oxidation kg C ₂ H ₄				
Fundamente								
EFu01_a.xls	967,5	113,7	116,9	0,0703	0,4802	0,0818	1996,0	558,2
EFu01_g.xls	964,7	128,2	129,0	0,0764	0,5158	0,0867	2228,2	456,1

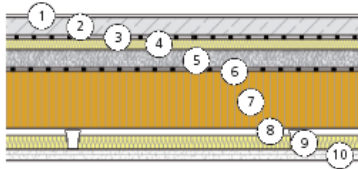
Errichtung + Instandhaltung

Konstruktion	Masse kg/m ²	OI3 _{kon} Punkte	Global	Photochemical	Acidification kg SO ₂ eq.	Eutrophication kg PO ₄ --- eq	PEI nicht erneuerbar MJ	PEI erneuerbar MJ
			Warming (GWP100) kg CO ₂ eq.	Oxidation kg C ₂ H ₄				
Fundamente								
EFu01_a.xls	967,5	180,3	186,6	0,1028	0,7052	0,1363	2745,2	1191,2
EFu01_g.xls	964,7	195,5	197,5	0,1102	0,7432	0,1429	2994,6	982,4

GDh 01

Brettstapel-Geschoßdecke, Nassestrich Intermediate stacked board floor, wet screed

oben
above



unten
below

[cm]	Gängiger Aufbau von oben nach unten Usual construction from above to below
1	- Fußbodenbelag* = Floor surface*
2	5 Zementestrich = Cement screed
3	- PE-Folie = PE foil
4	3 Mineralwolle-Trittschalldämmplatte (z.B. MW-S 35/30) = Mineral wool impact sound insulation panel (e.g. MW-S 35/30)
5	5 Schwere Splittschüttung, leicht gebunden (zementgebunden) = Heavy crushed rock filler, lightly bonded (cement bonded)
6	- Rieselschutz = Tricking protection
7	16 Brettstapeldecke, genagelt = Stacked board ceiling, nailed
8	1 Luftspalt = Air gap
9	4 Mineralwolle = Mineral wool
10	3 2 Lg. Gipskarton-Brandschutzplatten auf Schwingbügel = 2-layer gypsum plasterboard fire protection panels on adj. strap hangers

* Für die Berechnung wurde Fertigparkett verwendet.

Bauphysik = Building physics

	Einheit Unit	Gängig Usual	Alternative
Gesamtdicke = Total thickness	[cm]	37	37
Wärmedurchgangskoeffizient = Thermal transmission coefficient	[W/(m²K)]	0,29	0,29
Bewertetes Schalldämmmaß R_{w} = Rated sound insulation value R_{w}	[dB]	60	60
Bewerteter Standard-Trittschallpegel $L_{nT,w}$ = Standard impact sound insulation level rating $L_{nT,w}$	[dB]	45	45
Feuchtetechnische Sicherheit = Moisture safety	[kg/m²a]	0/0	0/0
Wirksame Wärmespeicherkapazität = Effective heat capacity	[kJ/(m²K)]	108/62	108/62

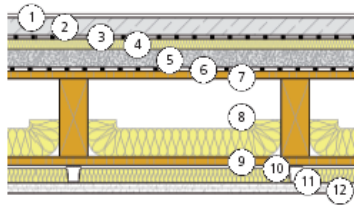
[cm]	Alternativer Aufbau von oben nach unten Alternative construction from above to below
1	- Fußbodenbelag* = Floor surface*
2	5 Zementestrich = Cement screed
3	- Baupapier = Building paper
4	3 Mineralwolle Trittschalldämmplatte (z.B. MW-S 35/30) = Mineral wool impact sound insulation panel (e.g. MW-S 35/30)
5	5 Schwere Splittschüttung, leicht gebunden (zementgebunden) = Heavy crushed rock filler, lightly bonded (cement bonded)
6	- Rieselschutz = Tricking protection
7	16 Brettstapeldecke gedübelt = Stacked board ceiling, dowelled
8	1 Luftspalt = Air gap
9	4 Schafwolle = Lambswool
10	2,5 2 Lg. Gipsfaserplatten auf Schwingbügel = 2-layer gypsum fiberboard on adj. strap hangers

* Calculations based on the use of ready-to-install parquet.

GDI 01

Leichtbau- (oder Tram-) Geschoßdecke, Nassestrich Lightweight (or joist) intermediate floor, wet screed

oben
above



unten
below

[cm]	Gängiger Aufbau von oben nach unten Usual construction from above to below
1	- Fußbodenbelag = Floor surface
2	5 Zementestrich = Cement screed
3	- PE-Folie = PE foil
4	3 Mineralwolle-Trittschalldämmplatte (z.B. MW-S 35/30) = Mineral wool Impact sound insulation panel (e.g. MW-S 35/30)
5	5 Splittschüttung, leicht gebunden (z.B. zementgebunden) = Gravel filler, lightly bonded (e.g. cement bonded)
6	- Rieselschutz = Trickling protection
7	2,2 OSB-Platte = OSB panel
8	22 Holz-Sparren, dazw. 8 cm Mineralwolle = Wood rafters bet. 8 cm mineral wool
9	2,2 OSB-Platte = OSB panel
10	1 Luftspalt = Air gap
11	4 Mineralwolle = Mineral wool
12	3 2 Lg. Gipskarton-Brandschutzplatten auf Schwingbögel = 2-layer gypsum plasterboard fire protection panels on adj. strap hangers

* Für die Berechnung wurde Fertigparkett verwendet

Bauphysik = Building physics

	Einheit Unit	Gängig Usual	Alternative Alternative
Gesamtdicke = Total thickness	[cm]	47	47
Wärmedurchgangskoeffizient = Thermal transmission coefficient	[W/(m ² K)]	0,19	0,20
Bewertetes Schalldämmmaß R _w = Rated sound insulation value R _w	[dB]	71	71
Bewerteter Standard-Trittschallpegel L _{nT,w} = Standard impact sound insulation level rating L _{nT,w}	[dB]	41	41
Feuchtetechnische Sicherheit = Moisture safety	[kg/m ² a]	0/0	0/0
Wirksame Wärmespeicherkapazität = Effective heat capacity	[kJ/(m ² K)]	100/25	100/23

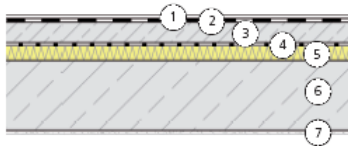
[cm]	Alternativer Aufbau von oben nach unten Alternative construction from above to below
1	- Fußbodenbelag = Floor surface
2	5 Zementestrich = Cement screed
3	- Baupapier = Building paper
4	3 Mineralwolle-Trittschalldämmplatte (z.B. MW-S 35/30) = Mineral wool Impact sound insulation panel (e.g. MW-S 35/30)
5	5 Splittschüttung, leicht gebunden (z.B. zementgebunden) = Gravel filler, lightly bonded (e.g. cement bonded)
6	- Rieselschutz = Trickling protection
7	2,4 Holzschalung = Wood shuttering
8	22 Holz-Sparren, dazw. 8 cm Schafwolle = Wood rafters bet. 8 cm lambswool
9	2,4 Holzschalung = Wood shuttering
10	1 Luftspalt = Air gap
11	4 Schafwolle = Lambswool
12	2,5 2 Lg. Gipsfaserplatten auf Schwingbögel = 2-layer gypsum fiberboard on adj. strap hangers

* Calculations based on the use of ready-to-install parquet

GDm 01 Stahlbeton-Geschoßdecke, Nassestrich (Nassräume)

Reinforced concrete intermediate floor, wet screed (wet room)

oben
above



unten
below

[cm]	Gängiger Aufbau von oben nach unten Usual construction from above to below
1	- Fußbodenbelag = Flooring layer
2	- Flüssige Folie = Liquid foil
3	6 Zementestrich = Cement screed
4	- PE-Folie = PE foil
5	4 EPS-Trittschalldämmplatte = EPS impact sound insulation panel
6	20 Stahlbeton = Reinforced concrete
7	- Spachtelung = Filler

* Für die Berechnung wurde Keramik verwendet

Bauphysik = Building physics

	Einheit Unit	Gängig Usual	Alternative
Gesamtdicke = Total thickness	[cm]	30	31
Wärmedurchgangskoeffizient = Thermal transmission coefficient	[W/(m ² K)]	0,86	0,74
Bewertetes Schalldämmmaß R_w = Rated sound insulation value R_w	[dB]	65	64
Bewerteter Standard-Trittschallpegel $L_{nT,w}$ = Standard impact sound insulation level rating $L_{nT,w}$	[dB]	40	45
Feuchtetechnische Sicherheit = Moisture safety	[kg/m ² a]	0/0	0/0
Wirksame Wärmespeicherkapazität = Effective heat capacity	[kJ/(m ² K)]	126/314	143/257

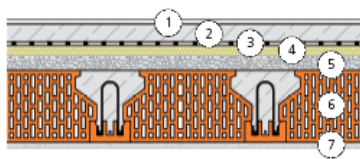
[cm]	Alternativer Aufbau von oben nach unten Alternative construction from above to below
1	- Fußbodenbelag = Flooring layer
2	- Flüssige Folie = Liquid foil
3	6 Zementestrich = Cement screed
4	- Baupapier = Building paper
5	4 Perlite + PE-Schaum (1 cm) = Perlite + PE foam (1 cm)
6	20 Stahlbeton = Reinforced concrete
7	1,5 Lehmputz auf Haftbrücke = Loam rendering on bonding layer

* Calculations based on the use of ceramic

GDm 03 Ziegel-Geschoßdecke ohne Aufbeton

Intermediate brick floor element without topping concrete

oben
above



unten
below

[cm]	Gängiger Aufbau von oben nach unten Usual construction from above to below
1	- Fußbodenbelag* = Flooring layer*
2	5 Zementestrich = Cement screed
3	- PE-Folie = PE foil
4	3 Mineralwolle-Trittschalldämmplatte = Mineral wool impact sound insulation panel
5	4 Schüttung, gebunden = Filler, bonded
6	20 Ziegeldecke = Brick element floor slab
7	1,5 Kalkzementputz = Lime cement plaster

* Für die Berechnung wurde Fertigparkett verwendet.

Bauphysik = Building physics

	Einheit Unit	Gängig Usual	Alternative
Gesamtdicke = Total thickness	[cm]	33	33
Wärmedurchgangskoeffizient = Thermal transmission coefficient	[W/(m ² K)]	0,59	0,53
Bewertetes Schalldämmmaß R_w = Rated sound insulation value R_w	[dB]	63	63
Bewerteter Standard-Trittschallpegel $L_{nT,w}$ = Standard impact sound insulation level rating $L_{nT,w}$	[dB]	37	43
Feuchtetechnische Sicherheit = Moisture safety	[kg/m ² a]	0/0	0/0
Wirksame Wärmespeicherkapazität = Effective heat capacity	[kJ/(m ² K)]	99/109	100/105

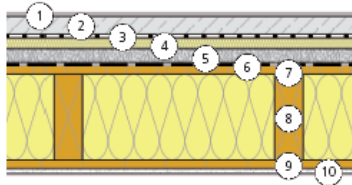
[cm]	Alternativer Aufbau von oben nach unten Alternative construction from above to below
1	- Fußbodenbelag* = Flooring layer*
2	5 Zementestrich = Cement screed
3	- Baupapier = Building paper
4	3 Holzfaser-Trittschalldämmplatte = Wood fiberboard impact sound insu- lation panel
5	4 Schüttung gebunden = Filler, bonded
6	20 Ziegeldecke = Brick element floor slab
7	1,5 Lehmputz = Loam plaster

* Calculations based on the use of ready-to-install parquet.

KDI 01

Leichtbau-Kellerdecke Lightweight basement ceiling slab

oben
above



unten
below

[cm]	Gängiger Aufbau von oben nach unten Usual construction from above to below
1	1 Fußbodenbelag = Floor surface
2	5 Zementestrich = Cement screed
3	- PE-Folie = PE foil
4	3 Mineralwolle-Trittschalldämmplatten (MW-S 35/30) = Mineral wool Impact sound insulation panels (MW-S 35/30)
5	4 Splittschöttung = Crushed rock filler
6	- PE-Dampfsperre = PE vapor barrier
7	2,2 OSB Platte = OSB panel
8	24 Sparren 6/24, dazw. Mineralwolle = Spars 6/24, with mineral wool in between
9	2,4 Holzschalung = Wood shuttering
10	1,5 Gipskarton-Feuchtraumplatte = Gypsum plasterboard wet room panel

* Für die Berechnung wurde Fertigparkett verwendet

Bauphysik = Building physics

	Einheit Unit	Gängig Usual	Alternative Alternative
Gesamtdicke = Total thickness	[cm]	77	88
Wärmedurchgangskoeffizient = Thermal transmission coefficient	[W/(m²K)]	0,15	0,15
Bewertetes Schalldämmmaß R_w = Rated sound insulation value R_w	[dB]	71	68
Bewerteter Standard-Trittschallpegel $L_{nT,w}$ = Standard impact sound insulation level rating $L_{nT,w}$	[dB]	41	45
Feuchtetechnische Sicherheit = Moisture safety	[kg/m²a]	0/0	0/0
Wirksame Wärmespeicherkapazität = Effective heat capacity	[kJ/(m²K)]	100	99

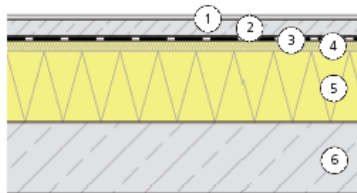
[cm]	Alternativer Aufbau von oben nach unten Alternative construction from above to below
1	1 Fußbodenbelag = Floor surface
2	5 Zementestrich = Cement screed
3	- Baupapier = Building paper
4	3,6 Holzfaser-Trittschalldämmplatte = Wood fiberboard Impact sound insulation panel
5	4 Splittschöttung = Crushed rock filler
6	- PE-Dampfsperre = PE vapor barrier
7	2,2 OSB Platte = OSB panel
8	24 Sparren 6/24, dazw. Flachs = Spars 6/24, with flax in between
9	2,4 Holzschalung = Wood shuttering
10	1,5 Gipskarton-Feuchtraumplatte = Gypsum plasterboard wet room panel

* Calculations based on the use of ready-to-install parquet

KDo 01

Kellerdecke oberseitig gedämmt, Nassestrich Basement ceiling slab insulated upper side, wet screed

oben
above



unten
below

[cm]	Gängiger Aufbau von oben nach unten Usual construction from above to below
1	1 Fußbodenbelag = Floor surface
2	5 Zementestrich = Cement screed
3	- PE-Dampfsperre = PE vapor barrier
4	3 EPS Trittschalldämmplatten = EPS Impact insulation panels
5	20 EPS = EPS
6	20 Stahlbeton = Reinforced concrete

* Für die Berechnung wurde Fertigparkett verwendet

Bauphysik = Building physics

	Einheit Unit	Gängig Usual	Alternative Alternative
Gesamtdicke = Total thickness	[cm]	49	56
Wärmedurchgangskoeffizient = Thermal transmission coefficient	[W/(m²K)]	0,15	0,15
Bewertetes Schalldämmmaß R_w = Rated sound insulation value R_w	[dB]	65	65
Bewerteter Standard-Trittschallpegel $L_{nT,w}$ = Standard impact sound insulation level rating $L_{nT,w}$	[dB]	37	40
Feuchtetechnische Sicherheit = Moisture safety	[kg/m²a]	0,02/0,02	0/0
Wirksame Wärmespeicherkapazität = Effective heat capacity	[kJ/(m²K)]	99	98

[cm]	Alternativer Aufbau von oben nach unten Alternative construction from above to below
1	1 Fußbodenbelag = Floor surface
2	5 Zementestrich = Cement screed
3	- PE-Dampfsperre = PE vapor barrier
4	3,6 Holzfaser-Trittschalldämmplatte = Wood fiberboard Impact sound insulation panel
5	26 Perlite gebunden/verkeilt = Perlite bonded/wedged
6	20 Stahlbeton = Reinforced concrete

* Calculations based on the use of ready-to-install parquet

Errichtung

Konstruktion	Masse	OI3(kon)	Global	Photochemical		Eutrophication	PEI nicht erneuerbar	PEI erneuerbar
			Warming (GWP100)	Oxidation	Acidification			
Decken	kg/m ²	Punkte	kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₄	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ --- eq	MJ	MJ
GDh01_a.xls	309,8	15,8	-94,3	0,0647	0,2966	0,0588	849,2	1979,1
GDh01_g.xls	305,8	21,7	-83,8	0,0680	0,3137	0,0617	904,6	1865,3
GDI01_a.xls	258,8	12,8	-30,9	0,0458	0,2282	0,0459	714,4	1074,7
GDI01_g.xls	265,1	49,2	-20,1	0,0556	0,4031	0,0765	1053,2	1218,6
GDM01_a.xls	624,4	55,6	91,0	0,0413	0,3012	0,0524	1098,4	107,8
GDM01_g.xls	601,2	55,2	92,5	0,0438	0,2984	0,0495	1089,9	57,9
GDM03_a.xls	203,0	48,2	61,9	0,0382	0,2862	0,0495	1082,0	389,0
GDM03_g.xls	201,7	53,6	74,6	0,0401	0,2995	0,0521	1125,6	265,2
KDI01_a.xls	235,9	30,5	-33,8	0,0412	0,3162	0,0623	910,2	1253,8
KDI01_g.xls	230,0	35,7	-15,7	0,0537	0,3319	0,0613	910,6	1001,9
KDo01_a.xls	594,0	62,4	82,9	0,0484	0,3384	0,0615	1193,8	337,3
KDo01_g.xls	571,8	71,5	90,9	0,0795	0,3628	0,0615	1328,6	209,7

Errichtung + Instandhaltung

Konstruktion	Masse	OI3 _{Kon}	Global	Photochemical		Eutrophication	PEI nicht erneuerbar	PEI erneuerbar
			Warming (GWP100)	Oxidation	Acidification			
Decken	kg/m ²	Punkte	kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₄	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ --- eq	MJ	MJ
GDh01_a.xls	309,8	106,4	-2,7	0,1172	0,6043	0,1294	1879,7	3191,4
GDh01_g.xls	305,8	113,5	4,1	0,1225	0,6304	0,1342	1953,8	2967,4
GDI01_a.xls	258,8	106,2	66,2	0,1015	0,5459	0,1194	1762,2	2259,8
GDI01_g.xls	265,1	177,6	79,0	0,1210	0,8957	0,1807	2439,9	2547,7
GDM01_a.xls	624,4	88,5	122,2	0,0530	0,4028	0,0665	1523,6	159,8
GDM01_g.xls	601,2	88,6	122,7	0,0588	0,4024	0,0630	1525,3	89,7
GDM03_a.xls	203,0	117,9	135,5	0,0722	0,5212	0,1054	1865,9	1016,4
GDM03_g.xls	201,7	123,7	147,2	0,0752	0,5361	0,1098	1919,8	792,7
KDI01_a.xls	235,9	130,7	51,4	0,0891	0,6700	0,1420	2074,4	2467,9
KDI01_g.xls	230,0	139,1	76,6	0,1141	0,7015	0,1401	2075,3	1964,1
KDo01_a.xls	594,0	144,6	164,4	0,0863	0,6081	0,1220	2172,6	988,7
KDo01_g.xls	571,8	161,0	170,0	0,1485	0,6569	0,1219	2442,4	733,6

11.2 Kennwerte Referenzgebäude MDH08_FD_XXX_Y

Gebäude (Errichtung)	OI3	BGF	Global	Photochemi	Eutrophicati	PEI nicht	PEI ne	PEI					
			Warming	cal					Acidification	on	erneuerbar	Prozess	erneuerbar
			(GWP100)	Oxidation									
Pkt.	m²	kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₄	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ --- eq	MJ	MJ	MJ					
MDH08_FD_HRB_A.xls	32	158,2	-452	212	213	36	771110	729147	651210				
MDH08_FD_HRB_S.xls	55	158,2	19553	137	263	39	981945	892404	461506				
MDH08_FD_HZM_A.xls	18	158,2	-38028	216	203	34	653892	630762	1027187				
MDH08_FD_HZM_S.xls	45	158,2	-16994	140	266	42	908172	834991	879835				
MDH08_FD_MBE_A.xls	54	158,2	37553	124	250	41	902014	848396	384997				
MDH08_FD_MBE_S.xls	72	158,2	67583	141	272	39	1097796	943946	79962				
MDH08_FD_MZI_A.xls	41	158,2	42229	209	202	32	793453	773088	263192				
MDH08_FD_MZI_S.xls	64	158,2	54144	131	256	35	1033235	912454	180453				

Gebäude (Errichtung + Instandhaltung)	OI3 _{ND}	BGF	Global	Photochemi	Eutrophicati	PEI nicht	PEI ne	PEI					
			Warming	cal					Acidification	on	erneuerbar	Prozess	erneuerbar
			(GWP100)	Oxidation									
Pkt.	m²	kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₄	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ --- eq	MJ	MJ	MJ					
MDH08_FD_HRB_A.xls	126	158,2	50349	791	449	74	1726402	1602866	1171186				
MDH08_FD_HRB_S.xls	182	158,2	77710	461	593	86	2308884	2061151	876209				
MDH08_FD_HZM_A.xls	94	158,2	8375	796	412	68	1448331	1362459	1799199				
MDH08_FD_HZM_S.xls	124	158,2	33002	449	538	81	2037209	1823093	1230084				
MDH08_FD_MBE_A.xls	133	158,2	77880	414	452	69	1732170	1585322	813951				
MDH08_FD_MBE_S.xls	169	158,2	110199	454	508	67	2193028	1793372	200539				
MDH08_FD_MZI_A.xls	109	158,2	83240	782	380	59	1552491	1472152	549255				
MDH08_FD_MZI_S.xls	161	158,2	98918	440	500	68	2097736	1765732	381002				

