

IBO



## O13-INDIKATOR

IBO-Leitfaden für die Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude

**Stand Februar 2010 Version 2.0**

Herausgegeben vom

**IBO -Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH**

A-1090 Wien, Alserbachstr. 5/8,  
fon+43/1/3192005-32, fax DW 50  
www.ibo.at

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

Alle in diesem Leitfaden enthaltenen Angaben, Daten, Ergebnisse usw. wurden von den Autoren nach bestem Wissen erstellt. Dennoch sind inhaltliche Fehler nicht völlig auszuschließen. Daher übernehmen Herausgeber und Autoren keinerlei Verantwortung und Haftung für etwaige inhaltliche Unrichtigkeiten.

© 2010 IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH

<b>OI3-INDIKATOR.....</b>	<b>1</b>
<b>LEITFADEN ZUR BERECHNUNG VON ÖKOKENNZAHLEN FÜR GEBÄUDE -.....</b>	<b>5</b>
<b>1. ZWECK DES LEITFADENS.....</b>	<b>5</b>
<b>2. GRUNDLAGEN ZUR ÖKOLOGISCHEN BEWERTUNG VON BAUSTOFFEN.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Einführung.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Quantitative Bewertung von Baustoffen.....</b>	<b>6</b>
2.2.1 Umweltmodell.....	6
2.2.2 Bilanzmodell.....	7
2.2.3 Sachbilanz.....	8
2.2.4 Datenbanken.....	8
2.2.5 Wirkbilanz.....	8
2.2.6 Globale Erwärmung durch Treibhausgase (GWP).....	9
2.2.7 Versäuerung (AP).....	10
2.2.8 Bedarf an nicht erneuerbaren energetischen Ressourcen (PEI n.e. -Primärenergieinhalt nicht erneuerbar).....	11
2.2.9 Bewertung.....	11
<b>3. BAUSTOFFBILANZIERUNG UND BAUSTOFFDATENBANK.....</b>	<b>12</b>
<b>3.1 Baustoffbilanzierung.....</b>	<b>12</b>
<b>3.2 IBO-Baustoffrichtwerte-Datenbank.....</b>	<b>12</b>
<b>4. OI3-BASISINDIKATOREN.....</b>	<b>13</b>
<b>4.1 Ökoindikator OI3KON der Konstruktion .....</b>	<b>13</b>
<b>4.2 Ermittlung der Teilkennzahlen OIPEIne, OIGWP, OIAP.....</b>	<b>14</b>
4.2.1 OIPEIne .....	14
4.2.2 OIGWP .....	15
4.2.3 OIAP .....	15

4.2.4 Wertebereich des OI3KON-Indikators.....	16
4.2.5 $\Delta$ OI3 - Der OI3-Indikator für eine Baustoffschicht.....	16
<b>5. FLEXIBLES BILANZGRENZENKONZEPT BG0 – BG6.....</b>	<b>17</b>
<b>6. OI3BGX,Y - ÖKOINDIKATOREN FÜR GEBÄUDE.....</b>	<b>18</b>
6.1 Berechnung des OI3BGX.....	18
6.2 Berechnung des OI3BGX,lc .....	19
6.3 Berechnung des OI3BGX,BGF.....	19
6.4 Funktionseinheit der OI3BGX-Indikatoren.....	19
6.5 Wertebereich der OI3BGX-Indikatoren.....	20
6.6 Berechnung des OI3SBGX.....	20
<b>7. LITERATUR.....</b>	<b>21</b>

# LEITFADEN ZUR BERECHNUNG VON ÖKOKENNZAHLEN FÜR GEBÄUDE - Berechnung der OI3<sub>BGX</sub>-Indikatoren

## 1. ZWECK DES LEITFADENS

Der vorliegende "Leitfaden für die Berechnung von Ökokennzahlen" wurde vom Österreichischen Institut für Baubiologie und -ökologie erstellt um die Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude, im speziellen der OI3<sub>BGX</sub>-Indikatoren, zu vereinheitlichen. Die bei der Berechnung zu erfassenden Bauteile des Gebäudes werden in einem hierarchischen Bilanzgrenzenkonzept (BGx, x steht für eine Zahl von 0 bis 6) beschrieben. Die ursprüngliche Bilanzgrenze TGH (eine um die Zwischendecken erweiterte thermische Gebäudehülle) stellt in diesem Konzept die Bilanzgrenze 0 (BG0) dar.

Der Leitfaden erläutert das Verfahren zur Berechnung der folgenden Ökokennzahlen:

- Ökoindikator OI3<sub>BGX</sub> der thermischen Gebäudehülle
- Ökoindikator OI3<sub>BGX,lc</sub>
- Ökoindikator OI3<sub>BGX,BGF</sub>
- Ökoindikator OI3<sub>S<sub>BGX</sub></sub> für Sanierungen

Das Berechnungsverfahren des Leitfadens basiert auf den Ökokennwerten der IBO-Baustoffdatenbank. Diese ist beim IBO in Form einer Excel-Tabelle bzw. einer pdf-Tabelle kostenlos erhältlich oder kann über die baubook-Datenbank ([www.baubook.at](http://www.baubook.at)) über eine xml-Schnittstelle von Softwareherstellern direkt eingebunden werden.

## **2. GRUNDLAGEN ZUR ÖKOLOGISCHEN BEWERTUNG VON BAUSTOFFEN**

### **2.1 Einführung**

Baustoffe beeinflussen während ihres Lebenszyklus die verschiedensten Umwelt- und Gesundheitsbereiche in sehr unterschiedlichem Ausmaß. Ökologische Optimierung bedeutet, unter Berücksichtigung möglichst vieler dieser Bereiche und Wirkungen die besten Lösungsmöglichkeiten zu finden. Dies betrifft die Lebensphasen

- Herstellung,
- Nutzung,
- Rückbau, Verwertung und Entsorgung

Die ökologische Baustoffwahl sollte man möglichst auf wissenschaftliche oder zumindest reproduzierbare Erkenntnisse abstützen. Eine gute Grundlage für Vergleiche von Baumaterialien auf möglichst objektive Art sind quantitative Methoden wie z.B. die Methode der wirkungsorientierten Klassifizierung, die u.a. zu den ökologischen Kennzahlen Treibhaus- oder Versauerungspotential führt. Dabei sollte aber immer bedacht werden, dass die ökologischen Wirkungskategorien nur einen Teil des Lebenszyklus und der Wirkungen eines Baumaterials abdecken. Um z.B. die Gesundheitsbelastungen beim Einbau und in der Nutzung abschätzen zu können, sind zusätzliche Informationen und Methoden erforderlich (siehe qualitative Bewertung von Baustoffen).

### **2.2 Quantitative Bewertung von Baustoffen**

#### **2.2.1 Umweltmodell**

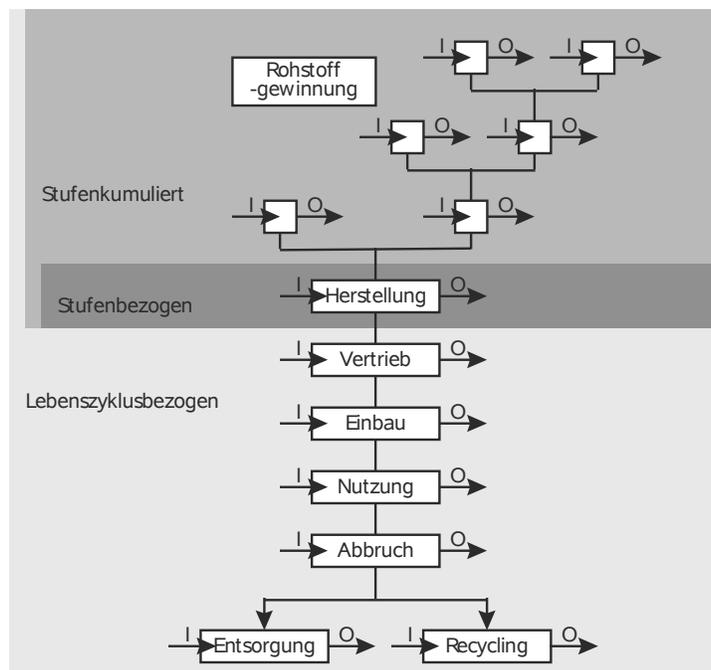
Die quantitative Bewertung von Baustoffen basiert auf einem vereinfachten Umweltmodell:

Das zu analysierende System wird durch ein genau definiertes Modell abgegrenzt (Bilanzmodell). In diesem Bilanzmodell finden Prozesse statt, die abhängig von Zuflüssen (Inputs) und Abflüssen (Outputs) von Stoff und Energie sind. Im ersten Schritt konzentriert sich die Analyse auf die Stoff- und Energieflüsse, die sich klar einem Verursacher zuordnen und direkt mess- und quantifizierbar sind (Sachbilanz). Das sind als Input der Rohstoff-

und Energiebedarf und als Output die Emissionen in Luft, Wasser, Boden sowie verursachte Abfälle. Jedem In- und Output werden Wirkungen auf die Umwelt zugeschrieben, die im zweiten Schritt zur Wertung und Gewichtung verwendet werden (Wirkbilanz und Bewertung).

## 2.2.2 Bilanzmodell

Im Bilanzmodell sind üblicherweise mehrere Prozesse enthalten, die untereinander gekoppelt und alle von Energie- und Stoffflüssen geprägt sind.



Vereinfachte Darstellung des Lebenszyklus eines Baustoffes. Die stufenbezogene Betrachtung ist Teil der stufenkumulierten und diese wiederum Teil der lebenszyklusbezogenen.

Je nach Bilanzmodell werden folgende drei Arten der Betrachtung beschrieben:

**Stufenbezogen** - beinhaltet nur Angaben des Stufenaufwandes eines Produkts (ohne Berücksichtigung von Vor- und Folgestufen).

**Stufenkumuliert** - beinhaltet die Angaben bis zu einem definierten Zeitpunkt oder Zustand, meist bis zur Erzeugung des auslieferungsfertigen Produkts.

**Lebenszyklusbezogen** - umfasst alle in einem definierten Lebenszyklus ablaufenden Lebensphasen. Bei dieser Art der Bilanzierung sind Nutzungs-

und Entsorgungsszenarien zu definieren, da auch dem Herstellungsprozess nachfolgende Aufwendungen und Belastungen berücksichtigt werden. Die Schwierigkeit der Vorhersage nimmt mit steigender Lebensdauer zu.

### **2.2.3 Sachbilanz**

Die Erfassung und Dokumentation der Energie- und Stoffströme in einem Datensatz wird als Sachbilanz oder Input/Output-Analyse bezeichnet und ist für alle bekannten umweltorientierten Bewertungsverfahren im Prinzip gleich.

Der Standarddatensatz besitzt folgende Struktur:

1. Allgemeine Angaben
2. Inputs
3. Outputs

Im allgemeinen Informationsteil sind die zur genauen Definition notwendigen Angaben des Bilanzobjektes enthalten.

### **2.2.4 Datenbanken**

Wegen des großen Umfangs von Ökobilanzen ist eine Aufgabenteilung von Vorteil:

Die Produktionsdaten werden mit Basisdaten aus Datenbanken verknüpft. Die Basisdaten umfassen Bilanzergebnisse allgemeiner Prozesse wie Energiesysteme, Transportsysteme, Entsorgungsanlagen und Verpackungsmaterialien sowie bereits auf diesen Ergebnissen aufgebaute Produktbilanzen.

Folgende Datenbanken bilden die Grundlage der IBO-Baustoffdatenbank bzw. werden für die Bilanzierung von Baustoffen vom IBO herangezogen:

- Ökoinventare und Wirkungsbilanzen von Baumaterialien [Weibel 95]
- Ökoinventare von Energiesystemen [Frischknecht 96]
- Ökoinventare Transporte [Maibach 95]
- Ökoinventare von Entsorgungssystemen [Zimmermann 96]
- Ökoinventare für Verpackungen [BUWAL 96]
- Baustoffdaten - Ökoinventare [Kohler 95]

### **2.2.5 Wirkbilanz**

Die Wirkbilanz ordnet den in der Sachbilanz erhobenen Stoff- und Energieflüssen Wirkungen zu. Aus wissenschaftlicher Sicht ist der Schritt zur

Wirkbilanz die große Herausforderung. Als Grundsatz gilt: Es sollen wissenschaftliche Erkenntnisse herangezogen werden und nicht z.B. politische Grenzwerte.

Von Heijungs wurde die Methode der wirkungsorientierten Klassifizierung vorgeschlagen [CML 1992], die mittlerweile in einer aktuellen Auflage vorliegt [CML 2001]. Die Vorgangsweise bei der Erstellung der Wirkbilanz umfasst dabei zwei Schritte:

1. Klassifizierung
2. Quantifizierung

Bei der Klassifizierung werden die Ergebnisse aus der Sachbilanz einer überschaubaren Anzahl von Umweltkategorien zugeordnet. Im zweiten Schritt werden die zugeordneten Substanzen innerhalb der Umweltkategorien quantifiziert und gewichtet. Das IBO verwendet von der Vielzahl an Umweltkategorien zur Zeit die folgenden:

- Treibhauspotential (100 Jahre bezogen auf 1994)
- Versauerungspotential
- Bedarf an nicht erneuerbaren energetischen Ressourcen<sup>1</sup>

### 2.2.6 Globale Erwärmung durch Treibhausgase (GWP)

Vom Menschen werden immer mehr Treibhausgase in die Atmosphäre injiziert. Dadurch wird ein höherer Anteil der von der Erde abgehenden Wärmestrahlung absorbiert und damit das Strahlungsgleichgewicht der Erde verändert (anthropogener Treibhauseffekt). Dies wird globale Klimaveränderungen zur Folge haben. Das mengenmäßig wichtigste Treibhausgas ist Kohlendioxid. Für die häufigsten treibhauswirksamen Substanzen ist relativ zur Leitsubstanz Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) ein Parameter in der Form des Treibhauspotentials GWP (Global Warming Potential) definiert. Dieses Treibhauspotential beschreibt den Beitrag einer Substanz zum Treibhauseffekt relativ zum Beitrag einer gleichen Menge Kohlendioxid. Für jede treibhauswirksame Substanz wird damit eine Äquivalenzmenge Kohlendioxid in Kilogramm errechnet. Somit kann der direkte Einfluss auf den Treibhauseffekt zu einer einzigen Wirkungskennzahl zusammengefasst werden, in dem das Treibhauspotential der emittierten Substanz  $i$  (GWP <sub>$i$</sub> ) mit der Masse der Substanz  $m_i$  in kg multipliziert wird:

---

<sup>1</sup> Der Bedarf an nicht erneuerbaren energetischen Ressourcen in Form des Primärenergieinhaltes ist nicht Bestandteil der wirkungsorientierten Klassifizierung nach Heijungs, da er eine Stoffgröße (Ursache) ist.

$$\text{GWP} = \sum_i \text{GWP}_i \cdot m_i$$

Das Treibhauspotential kann für verschiedene Zeithorizonte (20, 100 oder 500 Jahre) bestimmt werden. Der kürzere Integrationszeitraum von 20 Jahren ist entscheidend für Voraussagen bezüglich kurzfristiger Veränderungen aufgrund des erhöhten Treibhauseffekts, wie sie für das Festland zu erwarten sind. Entsprechend kann er verwendet werden, wenn der Temperaturanstieg auf z.B. 0,1 °C pro Dekade begrenzt werden soll. Die Verwendung der längeren Integrationszeiten von 100 und 500 Jahren demgegenüber ist angebracht für die Evaluation des langfristigen Anstiegs des Wasserspiegels der Weltmeere und dient beispielsweise dazu, die Treibhausgase unter der Begrenzung des totalen, anthropogen verursachten Temperaturanstiegs auf z.B. 2 °C zu gewichten.

### 2.2.7 Versäuerung (AP)

Versäuerung wird hauptsächlich durch die Wechselwirkung von Stickoxid- ( $\text{NO}_x$ ) und Schwefeldioxidgasen ( $\text{SO}_2$ ) mit anderen Bestandteilen der Luft wie dem Hydroxyl-Radikal verursacht. Dadurch können sich diese Gase innerhalb weniger Tage in Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ) und Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) umwandeln - beides Stoffe, die sich sofort in Wasser lösen. Die angesäuerten Tropfen gehen dann als saurer Regen nieder. Die Versäuerung ist im Gegensatz zum Treibhauseffekt kein globales sondern ein regionales Phänomen.

Schwefel- und Salpetersäure können sich auch trocken ablagern. Es gibt immer mehr Hinweise, dass die trockene Ablagerung gleiche große Umweltprobleme verursacht wie die nasse.

Die Auswirkungen der Versäuerung sind noch immer nur bruchstückhaft bekannt. Zu den eindeutig zugeordneten Folgen zählt die Versäuerung von Seen und Gewässern, die zu einer Dezimierung der Fischbestände in Zahl und Vielfalt führt. Die Versäuerung kann in der Folge Schwermetalle mobilisieren, welche damit für Pflanzen und Tiere verfügbar werden. Darüber hinaus dürfte die saure Ablagerung zumindest beteiligt an den beobachteten Waldschäden sein. Durch die Übersäuerung des Bodens kann die Löslichkeit und somit die Pflanzenverfügbarkeit von Nähr- und Spurenelementen beeinflusst werden. Die Korrosion an Gebäuden und Kunstwerken im Freien zählt ebenfalls zu den Folgen der Versäuerung. Das Maß für die Tendenz einer Komponente, säurewirksam zu werden, ist das Säurebildungspotential AP (Acidification Potential). Es wird für jede

säurebildende Substanz relativ zum Säurebildungspotential von Schwefeldioxid angegeben.

### **2.2.8 Bedarf an nicht erneuerbaren energetischen Ressourcen (PEI n.e. -Primärenergieinhalt nicht erneuerbar)**

Als Primärenergieinhalt wird der zur Herstellung eines Produktes oder einer Dienstleistung erforderliche Verbrauch an energetischen Ressourcen bezeichnet. Er wird aufgeschlüsselt nach erneuerbaren und nicht erneuerbaren Energieträgern angegeben. Als nicht erneuerbare Energieträger gelten Erdöl, Erdgas, Braun- und Steinkohle sowie Uran. Als erneuerbar gelten Holz, Wasserkraft, Sonnenenergie und Windenergie. Im Rahmen dieses Projekts werden nur die nicht erneuerbaren Energieträger bewertet.

Der „Primärenergieinhalt nicht erneuerbar“ berechnet sich aus dem oberen Heizwert all jener nicht erneuerbaren energetischen Ressourcen, die in der Herstellungskette des Produkts verwendet wurden.

Streng genommen ist der Primärenergieinhalt keine Wirkungskategorie sondern eine Stoffgröße, er wird aber häufig gleichberechtigt mit den restlichen ökologischen Wirkungskategorien angegeben.

### **2.2.9 Bewertung**

Am Ende des Verfahrens steht die Bewertung selbst. Prinzipiell werden zwei Ansätze unterschieden:

- Low-Level-Aggregationsmethode ( Zusammenfassung in einem Ökoprofil)
- High-Level-Aggregationsmethode (Zusammenführung zu einer oder wenigen Kennzahlen)
- Deskriptive Bewertung

### 3. BAUSTOFFBILANZIERUNG UND BAUSTOFFDATENBANK

#### 3.1 Baustoffbilanzierung

Die Baustoffe sind stufenkumuliert bis Zeitpunkt „Produkt ab Werk“ bilanziert. Es werden somit alle vorgelagerten Prozesse bis zum auslieferfertigen Produkt berücksichtigt. Für jeden Prozessschritt werden Material-, Transport- und Energieinputs sowie Emissionen in Luft, Boden, Wasser und Abfälle ermittelt. Die Folgestufen (Vertrieb, Einbau, ...) werden nicht bilanziert. Sie wären abhängig von Vertriebsort, Einsatzort und gewählter Konstruktion. Zudem fehlen Entsorgungs- und Recyclingszenarien und verlässliche Daten für die Nutzungsdauer der Produkte.

Die Baustoffdaten stammen aus folgenden Quellen:

- Hersteller- oder Distributorenangaben
- wissenschaftlichen Publikationen
- Sachverständigenauskünfte

Die Systemgrenzen der vom IBO bilanzierten Baustoffe werden so weit wie möglich an die der verknüpften Datenbanken angelehnt (siehe 2.2.4 Datenbanken). Mehr Details zur angewandten Methode finden Sie in [IBO-Richtwerte2009].

#### 3.2 IBO-Baustoffrichtwerte-Datenbank

Die IBO-Baustoffrichtwerte-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](http://www.baubook.at) (Zusammenschluss von öbox und ixbau.at) sowie für Bauphysikprogramme; zur Berechnung von Gebäudekennwerten für die ökologischen Aufwände zur Herstellung eines Gebäudes im Rahmen von Gebäudezertifizierungs- oder Wohnbauförderprogrammen.

#### 4. OI3-BASISINDIKATOREN

Es sind folgende OI3-Basisindikatoren definiert:

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

Die Basis stellt der  $OI3_{KON}$  für 1 m<sup>2</sup> 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 wieviel OI3-Punkte diese Baustoffschicht den  $OI3_{KON}$  einer Konstruktion erhöht. Dieser OI3-Indikator ist bei der Konstruktionsoptimierung sehr hilfreich.

##### 4.1 Ökoindikator $OI3_{KON}$ der Konstruktion

In den Ökoindikator  $OI3_{KON}$  der Konstruktion (1 m<sup>2</sup> 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-Baustoffrichtwerte-Datenbank

#### 4.2 Ermittlung der Teilkenzzahlen $OI_{PEIne}$ , $OI_{GWP}$ , $OI_{AP}$

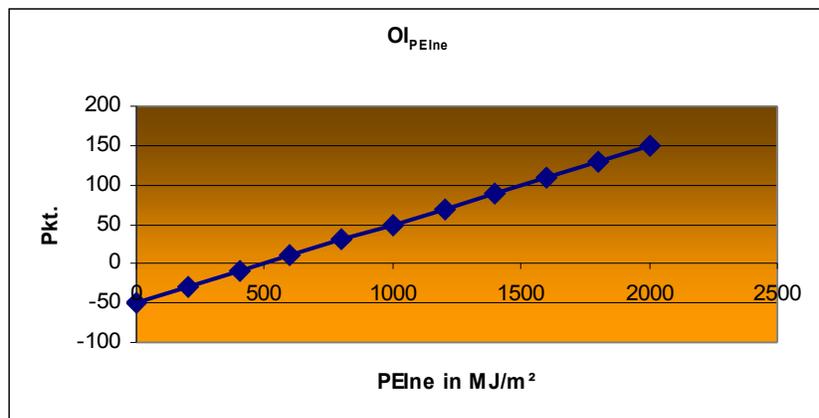
Um die  $OI_{3KON}$ -Berechnung durchführen zu können, müssen zuerst die drei Ökoindikatoren, der Ökoindikator  $OI_{PEIne}$  für den Ressourcenverbrauch bei der Herstellung der Konstruktion, der Ökoindikator  $OI_{GWP}$  für die Klimaschonung bei der Herstellung der Konstruktion und der Ökoindikator  $OI_{AP}$  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 die Indikatoren  $OI_{PEIne}$ ,  $OI_{GWP}$  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:

##### 4.2.1 $OI_{PEIne}$

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

Die Umrechnung 1 MJ pro 1 m<sup>2</sup> Konstruktionsfläche in  $OI_{PEIne}$  - Punkte erfolgt entsprechend der linearen Funktion  $f(x) = 1/10 \cdot (x-500)$ .

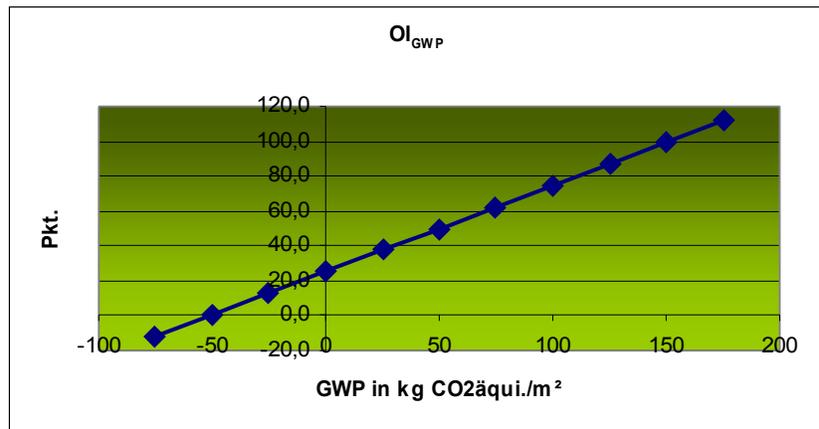


Abbildungsfunktion  $PEIne$  in MJ/m<sup>2</sup> in  $OI_{PEIne}$ -Punkte

#### 4.2.2 OI<sub>GWP</sub>

Für den OI<sub>GWP</sub> wurde folgender Verlauf aus realen Konstruktions- und Gebäudedaten abgeleitet:

Die Umrechnung von kg CO<sub>2</sub> äqui. pro 1 m<sup>2</sup> Konstruktionsfläche in OI<sub>GWP</sub>-Punkte erfolgt entsprechend der linearen Funktion  $f(x) = 1/2 \cdot (x+50)$ .

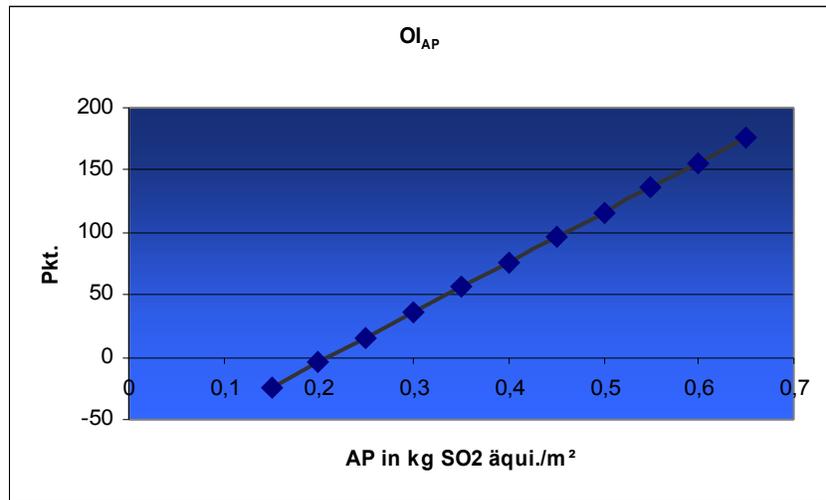


Abbildungsfunktion GWP in kg CO<sub>2</sub> äqui. in OI<sub>GWP</sub>-Punkte

#### 4.2.3 OI<sub>AP</sub>

Für den OI<sub>AP</sub> wurde folgender Verlauf aus realen Konstruktions- und Gebäudedaten abgeleitet:

Die Umrechnung von kg SO<sub>2</sub> äqui. pro 1 m<sup>2</sup> Konstruktionsfläche in OI<sub>AP</sub>-Punkte erfolgt entsprechend der linearen Funktion  $f(x) = 100 / (0,25) \cdot (x - 0,21)$ .



Abbildungsfunktion AP in kg SO<sub>2</sub> äqui. in OI<sub>AP</sub>-Punkte

#### 4.2.4 Wertebereich des OI<sub>3KON</sub>-Indikators

Die ökologische Qualität von typischen Konstruktionen wird durch den Ökoindikator OI<sub>3KON</sub> 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.

#### 4.2.5 ΔOI<sub>3</sub> - Der OI<sub>3</sub>-Indikator für eine Bauteilschicht

Der ΔOI<sub>3</sub> (sprich Delta OI<sub>3</sub>) für Bauteilschichten gibt an, um wie viele OI<sub>3</sub>-Punkte diese Bauteilschicht den Wert OI<sub>3KON</sub> der Konstruktion erhöht. Anders gesagt, löscht man eine Bauteilschicht aus einer Konstruktion heraus, so verringert sich OI<sub>3KON</sub> der Konstruktion um ΔOI<sub>3BS</sub> Punkte (BS bedeutet Bauteilschicht). Dieser ΔOI<sub>3</sub>-Indikator ist bei der Konstruktionsoptimierung sehr hilfreich, da sich die "ökologischen Schwergewichte" einer Konstruktion an den höchsten ΔOI<sub>3BS</sub>-Punkten einfach erkennen lassen. Die Berechnungsformel für die ΔOI<sub>3BS</sub>-Punkte einer Bauteilschicht lautet:

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

$(PE_{ine})_{BS}$ ...Primärenergieaufwand nicht erneuerbar der Bauteilschicht (BS) in MJ/m<sup>2</sup>

$(GWP)_{BS}$ ...Treibhauspotential der Bauteilschicht in kg CO<sub>2</sub> äqui./m<sup>2</sup>

$(AP)_{BS}$ ...Versäuerungspotential der Bauteilschicht in kg SO<sub>2</sub> äqui./m<sup>2</sup>

Summiert man alle  $\Delta OI3$ -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 BG0 (TGH) im Bereich von ca. 0 - 100  $OI3_{BG0}$ -Punkte abgebildet werden können).

## 5. FLEXIBLES BILANZGRENZENKONZEPT BG0 – BG6

Aus den bisherigen Erfahrungen mit der räumlichen Bilanzgrenze TGH wurde ersichtlich, dass eine erfolgreiche Erweiterung nur mit Hilfe eines flexiblen Bilanzgrenzenkonzepts für Gebäude Chancen hat in der Praxis auch umgesetzt zu werden.

Es wurde daher das folgende Bilanzgrenzenkonzept, räumlich und zeitlich, für die  $OI3$ -Weiterentwicklung entworfen:

- BG0 (alte TGH-Grenze): Konstruktionen der thermischen Gebäudehülle + Zwischendecken - Dacheindeckung - Feuchtigkeitsabdichtungen - hinterlüftete Fassadenteile
- BG1: thermische Gebäudehülle (Konstruktionen vollständig) +Zwischendecken (Konstruktionen vollständig)
- 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 Nutzungsdauern enthalten. Ab der Bilanzgrenze BG3 müssen die Nutzungsdauern für die Bauteilschichten hinterlegt 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.

## 6. OI3<sub>BGX,Y</sub> - 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 (BG0) verwendet (TGH: Bauteile der thermischen Gebäudehülle inklusive der Zwischendecken).

Es sind folgende OI3-Indikatoren für das Gebäude definiert:

- Ökoindikator OI3<sub>BGX</sub> des Gebäude in Abhängigkeit von der gewählten Bilanzgrenze BGx (flächengewichteter OI3<sub>KON</sub> der einbezogenen Bauteilflächen)
- Ökoindikator OI3<sub>BGX,lc</sub> (flächengewichteter OI3<sub>KON</sub> des Gebäudes mit entsprechender Bilanzgrenze BGX korrigiert in Bezug auf die charakteristische Länge des Gebäudes)
- Ökoindikator OI3<sub>BGX,BGF</sub> (flächengewichteter OI3<sub>KON</sub> des Gebäudes mit entsprechender Bilanzgrenze BGX bezogen auf die Bruttogeschosßfläche)
- Ökoindikator OI3<sub>STGH</sub> für Sanierungen (Abschreibungsmodell für die ökologischen Belastungen der Herstellung)

### 6.1 Berechnung des OI3<sub>BGX</sub>

Der OI3<sub>BGX</sub> ist der flächengewichtete Mittelwert der OI3<sub>KON</sub> - Werte aller zur Bilanzgrenze gehörenden Konstruktionen.

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

*A<sub>i</sub> ...Flächen der Konstruktionen in m<sup>2</sup>*  
*OI3<sub>KON,i</sub> ...OI3<sub>KON</sub> der i - ten Konstruktion*  
 $\sum_{i=1}^N A_i$  ... *Konstruktionsfläche (KOF)*

## 6.2 Berechnung des $OI3_{BGX,lc}$

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

$$OI3_{BGX,lc} = 3 \cdot OI3_{BGX} / (2 + l_c)$$

Hierbei ist  $l_c$  die charakteristische Länge des Gebäudes.

$$l_c = VG / AG$$

AG.....Oberfläche des Gebäudes, VG... Volumen des Gebäudes.

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

## 6.3 Berechnung des $OI3_{BGX,BGF}$

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

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

$A_i$  ...Flächen der Konstruktionen in  $m^2$   
 $OI3_{KON,i}$  ... $OI3_{KON}$  der  $i$ -ten Konstruktion  
 $BGF$  ... Bruttogeschoßfläche in  $m^2$

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

## 6.4 Funktionseinheit der $OI3_{BGX}$ -Indikatoren

Als grundsätzliche Funktionseinheit der  $OI3_{BGX}$ -Indikatoren wurde der Quadratmeter - Konstruktionsfläche gewählt. Die Konstruktionsfläche ist die Summe aller Bauteilflächen, die in die  $OI3_{BGX}$ -Berechnung eingehen. Die  $OI3_{BGX}$ -Indikatoren stellen somit einen flächengewichteten Mittelwert der ökologischen Belastung der in die Berechnung einbezogenen Bauteilflächen dar.

## 6.5 Wertebereich der OI3<sub>BGX</sub>-Indikatoren

Die ökologische Qualität eines Gebäudes wird bezüglich dieser Kennzahlen und der Bilanzgrenze BG0 auf einen Wertebereich von 0 bis 100 Punkte abgebildet, d.h. 100 Punkte bedeutet eine die Umwelt sehr belastende Gebäudehüllenqualität. 0 Punkte sind nur durch ökologisch besonders optimierte Konstruktionen zu erreichen.

Die OI3<sub>BG0</sub>-Punkte orientieren sich dabei an den Zahlenwerten des Heizwärmebedarfs. Ein niedriger Heizwärmebedarf von 15 kWh/m<sup>2</sup>a wird als ausgezeichnet angesehen ebenso Gebäude und Konstruktionen mit weniger als 15 OI3<sub>BG0</sub>-Punkten.

Die OI3<sub>BG1</sub>-Punkte für ein Gebäude liegen ca. um 10 Punkte höher als die OI3<sub>BG0</sub>-Punkte.

## 6.6 Berechnung des OI3<sub>BGX</sub>

Sanierungen von Gebäuden werden in den nächsten Jahren einen wesentlichen Faktor im Baugeschehen darstellen.

Die ökologische Qualität einer Sanierung der thermischen Gebäudehülle kann mit dem Ökoindikator OI3<sub>BG1</sub> beurteilt werden.

Der OI3<sub>BG1</sub> wird gleich berechnet wie der OI3<sub>BG1</sub>, nur wird dabei das Alter der Konstruktion bzw. des Gebäudes über ein einfaches Abschreibungsmodell berücksichtigt. Den Ausgangswert stellt der Wert des OI3<sub>BG1</sub> dar. Die ökologische Belastung einer neuen Konstruktion bzw. Gebäudes wird linear über einen Zeitraum von 80 Jahren beginnend ab 5 Jahren auf 25% des Ausgangswertes abgeschrieben. D. h., ein Gebäude hat nach 80 Jahren einen OI3<sub>BGX</sub>-Wert, der nur mehr 25% des "Neuwertes" darstellt. Der Sockelbetrag von 25% des Neuwertes wird für die Entsorgung der Konstruktion bzw. des Gebäudes beibehalten. Der Beginn ab 5 Jahre soll zumindest die Bauzeit abdecken.

Der über die Jahre so reduzierte OI3 - Wert als OI3<sub>BG1</sub> bezeichnet.

Bei der Berechnung des OI3S wird folgenderweise durchgeführt:

1. Es wird das Alter der Schicht, Konstruktion bzw. des Gebäudes bestimmt.
2. Danach werden die Kennwerte PEI n.e./m<sup>2</sup> und AP/m<sup>2</sup> bestimmt. Diese Kennwerte stellen schon die richtigen Werte für die OI3S-Berechnung dar, wenn die Schicht jünger als 5 Jahre ist. Wenn das Alter der Schicht

höher als 5 Jahre ist, wird der Wert jeweils mit dem Faktor  $0,75 \cdot (1 - \frac{\text{"Alter der Schicht minus 5"}}{75})$  multipliziert und dazu der Sockelwert von  $0,25 \cdot \text{PEI n.e./m}^2$  bzw.  $0,25 \cdot \text{AP/m}^2$  addiert. Ist das "Alter der Schicht" höher als 80 Jahre, so stellt der Sockelbetrag den Wert der Kennzahl dar.

3. Beim Kennwert  $\text{GWP/m}^2$  geht man grundsätzlich gleich vor, jedoch der Sockelbetrag ist der Wert  $0 \text{ kg/CO}_2 \text{ äqui./m}^2$ . Positive und negative GWP-Werte einer Schicht werden mit dem Faktor  $(1 - \frac{\text{"Alter der Schicht minus 5"}}{75})$  multipliziert, wenn die Schichten älter als 5 Jahre sind. Dadurch wird der Effekt der  $\text{CO}_2$ -Speicherung über die fiktive Lebensdauer von 80 Jahren abgeschrieben.

Aus den so ermittelten Kennwerten  $\text{PEI n.e./m}^2$ ,  $\text{GWP/m}^2$  und  $\text{AP/m}^2$  werden mit den oben angegebenen Verfahren die Indikatoren  $\text{OI}_{\text{BG1,PEIne}}$ ,  $\text{OI}_{\text{BG1,GWP}}$  und  $\text{OI}_{\text{BG1,AP}}$  berechnet und daraus der Indikator

$$\text{OI3S}_{\text{BG1}} = 1/3 \text{OI}_{\text{BG1,PEIne}} + 1/3 \text{OI}_{\text{BG1,GWP}} + 1/3 \text{OI}_{\text{BG1,AP}}$$

ermittelt.

4. Die beiden Ökoindikatoren  $\text{OI3S}_{\text{BG1,lc}}$  bzw.  $\text{OI3S}_{\text{BG1,BGF}}$  werden nach der oben dargestellten Methode ermittelt.

Der Ökoindikator  $\text{OI3S}_{\text{BG1}}$  berücksichtigt somit auf einfache Art und Weise die Lebensdauer einer Konstruktion bzw. eines Gebäudes. Die Lebensdauer jeder Schicht wird berücksichtigt, d.h. thermische Sanierungen sind optimal berücksichtigt.

Ökoindikator  $\text{OI3S}_{\text{BG1}}$  schreibt langlebigen Konstruktionen bzw. Schichten eine sehr geringe ökologische Belastung zu. Die Sanierung bzw. das weiterverwenden von Schichten wird mit niedrigen  $\text{OI3S}_{\text{BG1}}$ -Werten belohnt. Der Einsatz von neuen Konstruktionen bzw. von neuen Schichten erzeugt in diesem Modell die maximale ökologische Belastung oder die höchsten möglichen  $\text{OI3S}_{\text{BG1}}$ -Punkte.

## 7. LITERATUR

Bauteilkatalog 1999      Waltjen, T.; Mötzl, H.; Mück, W; Torghelle, K.; Zelger, T.: Ökologischer Bauteilkatalog. Bewertete gängige Konstruktionen. Österreichisches Institut

- für Baubiologie und –ökologie, Zentrum für Bauen und Umwelt (Hrsg.).  
Wien: Springer Wien New York 1999
- BUWAL 96 Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL, Hrsg.): Ökoinventare für Verpackungen, Schriftenreihe Umwelt Nr. 250/II, Bern: BUWAL 1996
- BUWAL 98 Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL, Hrsg.): Ökoinventare für Verpackungen Band I. Schriftenreihe Umwelt Nr. 250/1. Habersatter, K. et al. Bern: BUWAL 1998
- 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, R.; Huppes, G.; Kleijn, R.; de Koning, A.; van Oers, L.; Wegener Seeswijk, A.; Suh, S.; de Haes, U.); School of Systems Engineering, Policy Analysis and Management, Delft University of Technology (Bruijn, H.); Fuels and Raw Materials Bureau (von Duin, R.); Interfaculty Department of Environmental Science, University of Amsterdam (Huijbregts, M.): Life Cycle assessment: An operational guide to the ISO standards. Final Report, May 2001.
- Dämmstoffe 2000 Mötzl H.; Zelger T.: Die Ökologie der Dämmstoffe. Österreichisches Institut für Baubiologie und –ökologie, Zentrum für Bauen und Umwelt (Hrsg.). Wien: SpringerWienNewYork 2000
- Frischknecht 1996 Doka, G.; Hirschier, R.; Martin, A.; Dones, R.; Gantner, U.: Ökoinventare von Energiesystemen. Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz. ETH Zürich Gruppe Energie - Stoffe - Umwelt (3. Aufl.) 1996
- IBO-Richtwerte 2009 IBO-Richtwerte für Baumaterialien -- Wesentliche methodische Annahmen. Boogman Philipp, Mötzl Hildegund. Version 2.2, Stand Juli 2007, mit redaktionellen Überarbeitungen am 9.10.2009 und am 24.02.2010, URL:[http://www.ibo.at/documents/LCA\\_Methode\\_Referenzdaten\\_kurz\\_0910\\_09.pdf](http://www.ibo.at/documents/LCA_Methode_Referenzdaten_kurz_0910_09.pdf)
- Maibach 95 Maibach, M.; Peter, D.; Seiler, B.: Ökoinventare Transporte. Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung. SPP Umwelt, Modul 5. Infrac, Zürich: 1995
- Methode 92 Holliger, M.; Kohler, N.; Lützkendorf, T.: Methodische Grundlagen für Energie- und Stoffflussanalysen. Handbuch. Im Rahmen des BEW Projekts Energie- und

Stoffbilanzen von Bauteilen und Gebäuden, Koordinationsgruppe des Bundes für Energie- und Ökobilanzen. Juli 1992

OIB-Leitfaden OIB: Leitfaden für die Berechnung von Energiekennzahlen. Österreichisches Institut für Bautechnik, Nummer OIB-382-010/99, Wien 1999

Weibel 95 Weibel, T.; Stritz, A.: Ökoinventare und Wirkungsbilanzen von Baumaterialien - Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Hochbaukonstruktionen; Institut für Energietechnik, Laboratorium für Energiesysteme, ETHZ-Zentrum UNL, ESU-Reihe Nr. 1/95, Zürich: 1995

Zimmermann 96 Zimmermann, P.; Doka, G.; Huber, F.; Labhardt, A.; Ménard, M.: Ökoinventare von Entsorgungssystemen. Grundlagen zur Integration der Entsorgung in Ökobilanzen. ETH Zürich: ESU-Reihe Nr. 1/96