

# IBO



**OI3-INDIKATOR**

**Leitfaden zur Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude**

**Stand Juni 2011 Version 2.2**

Herausgegeben von

**IBO - Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH**

A-1090 Wien, Alserbachstr. 5/8,  
fon +43/1/3192005-23 | fax DW 50 | web [www.ibo.at](http://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.

© 2011 IBO - Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH

<b>1. ZWECK DES LEITFADENS.....</b>	<b>5</b>
<b>2. GRUNDLAGEN ZUR ÖKOLOGISCHEN BEWERTUNG VON BAUSTOFFEN.....</b>	<b>5</b>
2.1 Einführung.....	5
<b>2.2 Quantitative Bewertung von Baustoffen .....</b>	<b>6</b>
2.2.1 Umweltmodell.....	6
2.2.2 Bilanzmodell .....	6
2.2.3 Sachbilanz .....	7
2.2.4 Datenbanken.....	8
2.2.5 Wirkbilanz .....	8
2.2.6 Globale Erwärmung durch Treibhausgase (GWP).....	9
2.2.7 Versäuerung (AP).....	9
2.2.8 Bedarf an nicht erneuerbaren energetischen Ressourcen (PEI n.e. -Primärenergieinhalt nicht erneuerbar).....	10
2.2.9 Bewertung.....	11
<b>3. BAUSTOFFBILANZIERUNG UND BAUSTOFFDATENBANK.....</b>	<b>11</b>
3.1 Baustoffbilanzierung .....	11
3.2 IBO-Baustoffrichtwerte-Datenbank.....	11
<b>4. OI3-BASISINDIKATOREN.....</b>	<b>12</b>
4.1 Ökoindikator $OI_{3KON}$ der Konstruktion .....	12
<b>4.2 Ermittlung der Teilkennzahlen <math>OI_{PEIne}</math>, <math>OI_{GWP}</math>, <math>OI_{AP}</math> .....</b>	<b>13</b>
4.2.1 $OI_{PEIne}$ .....	13
4.2.2 $OI_{GWP}$ .....	14
4.2.3 $OI_{AP}$ .....	14
4.2.4 Wertebereich des $OI_{3KON}$ -Indikators.....	15
4.2.5 $\Delta OI3$ - Der OI3-Indikator für eine Baustoffschicht.....	15
<b>5. FLEXIBLE BILANZGRENZEN.....</b>	<b>16</b>
<b>6. <math>OI_{3BGX,Y}</math> - ÖKOINDIKATOREN FÜR GEBÄUDE .....</b>	<b>18</b>

**6.1 Berechnung des  $OI3_{BGX}$  ( $X = 0, 1$ ) .....18**

**6.2 Berechnung des  $OI3_{BGX,lc}$  ( $X = 0, 1$ ) .....18**

**6.3 Berechnung des  $OI3_{BGX,BGF}$ .....19**

**6.4 Funktionseinheit der  $OI3_{BGX}$ -Indikatoren ( $X = 0, 1$ ).....19**

**6.5 Wertebereich der  $OI3_{BGX}$ -Indikatoren ( $X = 0,1$ ) .....19**

**6.6 Berechnung des  $OI3_{BGX,BZF}$  ( $X \geq 2$ ) .....20**

**6.7 Berechnung des  $OI3S_{BGX}$  .....21**

**7. LITERATUR .....23**

## 1. ZWECK DES LEITFADENS

Der vorliegende "Leitfaden zur Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude" 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.

Dabei werden die bei der Berechnung zu erfassenden Bauteile des Gebäudes in einem hierarchischen Bilanzgrenzenkonzept (BG<sub>x</sub>, x steht für eine Zahl von 0 bis 6) beschrieben, wobei die ursprüngliche Bilanzgrenze TGH (eine um die Zwischendecken erweiterte thermische Gebäudehülle) in diesem Konzept die Bilanzgrenze 0 (BG<sub>0</sub>) darstellt.

Der Leitfaden erläutert das Verfahren zur Berechnung folgender Ökokennzahlen:

- Ökoindikator OI3<sub>BGx</sub> der thermischen Gebäudehülle
- Ökoindikator OI3<sub>BGx,lc</sub>
- Ökoindikator OI3<sub>BGx,BGF</sub>
- Ökoindikator OI3S<sub>BGx</sub> für Sanierungen

Datengrundlage des vorliegenden Berechnungsverfahrens bilden die Ökokennwerte der IBO-Baustoffdatenbank. Diese ist von der IBO-Homepage in Form einer Excel- bzw. pdf-Tabelle kostenlos downloadbar oder kann über die Datenbank baubook ([www.baubook.at](http://www.baubook.at)) via xml-Schnittstelle in Berechnungsprogrammen eingelesen 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 bzw. zumindest reproduzierbare Erkenntnisse stützen. 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**

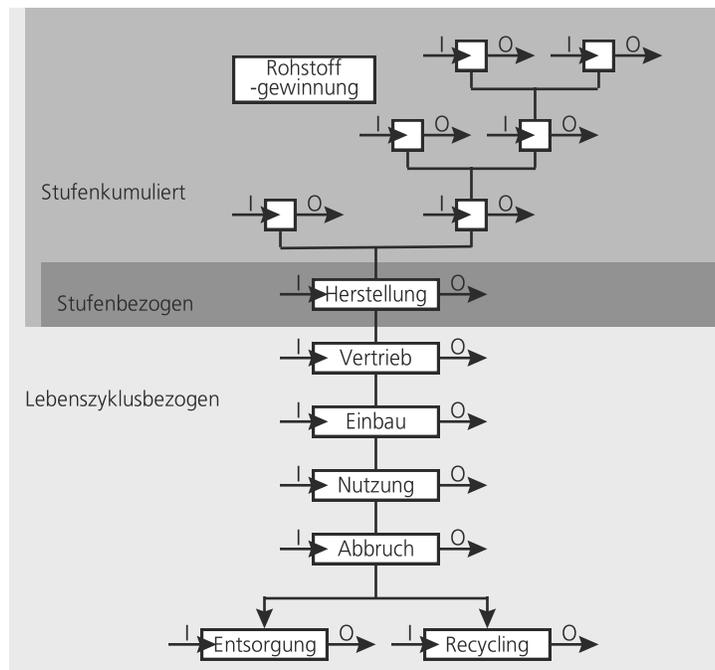
### **2.2.1 Umweltmodell**

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:

$$GWP = \sum_i GWP_i \cdot m_i$$

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- (NO<sub>x</sub>) und Schwefeldioxidgasen (SO<sub>2</sub>) mit anderen Bestandteilen der Luft wie

<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.

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, da sie abhängig von Vertriebsort, Einsatzort und gewählter Konstruktion sind. Zudem fehlen Entsorgungs- und Recyclingszenarien und verlässliche Daten für die Nutzungsdauer der Produkte.

Die Baustoffdaten stammen aus folgenden Quellen:

- wissenschaftlichen Publikationen
- Hersteller- oder Distributorenangaben
- 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 der Datenbanken öbox und ixbau.at) sowie für Bauphysikprogramme;
- zur Berechnung von Gebäudekennwerten (ökologische Aufwände zur Herstellung eines Gebäudes) im Rahmen von Gebäudezertifizierungs- oder Wohnbauförderprogrammen.

#### 4. OI3-BASISINDIKATOREN

Es sind folgende OI3-Basisindikatoren definiert:

- Ökoindikator  $OI3_{KON}$  eines Quadratmeters einer Konstruktion bzw. eines Baustoffs
- Ökoindikator  $\Delta OI3$  einer Baustoffschicht

Der  $OI3_{KON}$  wird auf für 1 m<sup>2</sup> Konstruktionsfläche bezogen, auf ihn beruhen sämtliche im Folgenden beschriebenen OI3-Indikatoren. Er bildet somit auch den Ausgangsindikator für die Bewertung von Gebäuden.

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 äußerst hilfreich.

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

In den Ökoindikator  $OI3_{KON}$  der Konstruktion (1 m<sup>2</sup> einer Konstruktion) gehen 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 zu einem Drittel ein. Er berechnet sich wie folgt:

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

Ein Datenblatt zur Berechnung des  $OI3_{KON}$  enthält folgende Informationen:

- sämtliche Bauteilschichten einer Konstruktion
- Rohdichte der Bauteilschichten
- Dicke der Bauteilschichten
- Prozentanteil (bei inhomogenen Schichten)
- Baustoffkennwerte aus der IBO-Baustoffrichtwerte-Datenbank

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

Wie soeben erwähnt müssen vor der  $OI3_{KON}$ -Berechnung folgende Indikatoren für die Herstellung der Konstruktion berechnet werden:

- $OI_{PEIne}$  für den Ressourcenverbrauch
- $OI_{GWP}$  für das Treibhauspotenzial
- Ökoindikator  $OI_{AP}$  für das Versauerungspotenzial

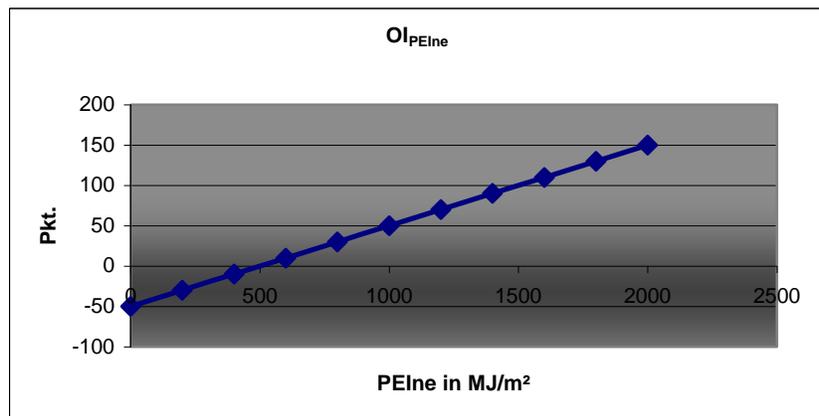
Der Wertebereich jedes Indikators liegt für gängige Konstruktionen in einem Bereich von 0 - 100 Punkten.

Für die Berechnung der Teilindikatoren  $OI_{PEIne}$ ,  $OI_{GWP}$  und  $OI_{AP}$  werden die jeweiligen Kennwerte alle Bauteilschichten und Bauteile aufsummiert und durch die im Folgenden beschriebenen Funktionen auf einen Wertebereich von typischerweise 0 - 100 Punkte skaliert:

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

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

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

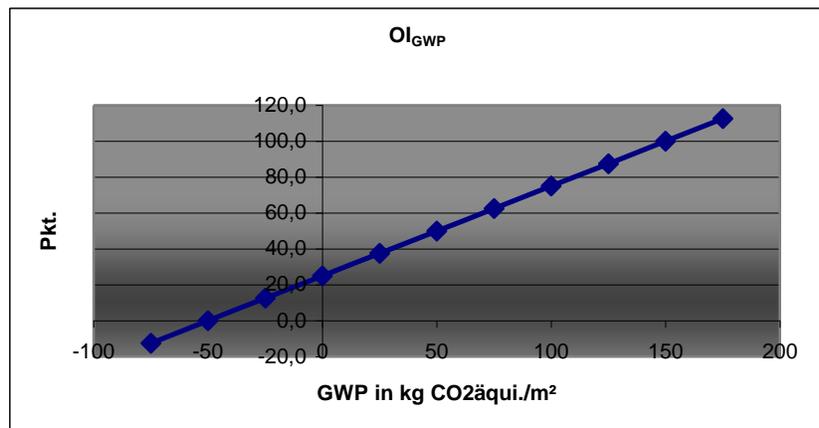


Umrechnungsfunktion PEIne in MJ/m<sup>2</sup> in OI<sub>PEIne</sub>-Punkte

**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  $f(x) = 1/2*(x+50)$ .

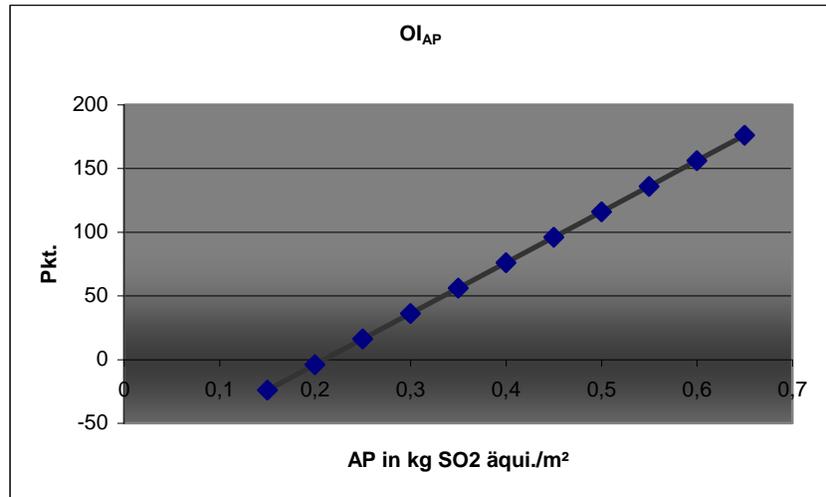


Umrechnungsfunktion GWP in kg CO<sub>2</sub> äqui. in OI<sub>GWP</sub>-Punkte

**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  $f(x) = 100/(0,25)*(x-0,21)$ .



Umrechnungsfunktion 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 gängiger Konstruktionen wird durch den Ökoindikator OI<sub>3KON</sub> in einem Bereich von 0 bis 100 Punkten wiedergegeben. So bildet ein Außenwand- OI<sub>3KON</sub> mit 70 Punkten eine Standardkonstruktion ohne ökologische Optimierungsmaßnahmen ab, 15 Punkte oder weniger sind nur durch ökologische Optimierung oder eine sehr leichte Konstruktion 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>) einer Bauteilschicht gibt an, um wie viele OI<sub>3</sub>-Punkte diese Bauteilschicht den Wert OI<sub>3KON</sub> der Konstruktion erhöht bzw. senkt. 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:

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

(PEIne)<sub>BS</sub>....Primärenergieaufwand nicht erneuerbar der Bauteilschicht (BS) in MJ/m<sup>2</sup>

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

$(AP)_{BS}$ ...Versäuerungspotential der Bauteilschicht in  $\text{kg SO}_2 \text{ äqui./m}^2$

Summiert man alle  $\Delta\text{OI3}$ -Punkte einer Konstruktion auf, so erhält man nicht den  $\text{OI3}_{\text{KON}}$ -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 -  $100 \text{ OI3}_{\text{BG0}}$ -Punkte abgebildet werden können).

## 5. FLEXIBLE BILANZGRENZEN

Gebäude setzen sich aus einer Vielzahl unterschiedlicher Konstruktionen zusammen. Der direkte Weg zur Berechnung von OI3-Punkten eines Gebäudes ist die Ermittlung der gewichteten Mittelwerte der OI3-Punkte aller darin enthaltenen Konstruktionen. Theoretisch müssten sämtliche Bestandteile aller Konstruktionen eines Gebäudes erfasst und mitgerechnet werden, aus praktischer Sicht führt dies jedoch zu einem unverträglich hohen Erfassungsaufwand.

Der OI3 eines Gebäudes wurde bisher hauptsächlich für die thermische Gebäudehülle (TGH) ermittelt, wobei die örtliche Bilanzgrenze TGH die Konstruktionen bzw. Bauteile der thermischen Gebäudehülle mitsamt der Zwischendecken beinhaltet (diese Bilanzgrenze wird im Folgenden als BG0 bezeichnet).

Bisherige Erfahrungen mit der räumlichen Bilanzgrenze TGH haben gezeigt, dass eine Flexibilisierung des Bilanzgrenzenkonzepts über die Bilanzgrenze TGH hinaus aus unterschiedlichen Gründen notwendig ist.

Daher wurde das folgende Bilanzgrenzenkonzept (in räumlicher und zeitlicher Hinsicht) für die OI3-Weiterentwicklung entworfen:

<b>BG0</b>	Konstruktionen der thermischen Gebäudehülle exkl. Dacheindeckung exkl. Feuchtigkeitsabdichtungen exkl. hinterlüftete Fassaden inkl. Zwischendecken
<b>BG1</b>	Konstruktionen der thermischen Gebäudehülle (Konstruktionen vollständig) inkl. Zwischendecken
<b>BG2</b>	BG1 inkl. Innenwände (Trennbauteile)
<b>BG3</b>	BG2 inkl. Innenwände (gesamt) inkl. Keller inkl. unbeheizte Pufferräume (Baukörper komplett) exkl. direkte Erschließung
<b>BG4</b>	BG3 inkl. direkte Erschließung (Stiegen, Laubengänge usw.)
<b>BG5</b>	BG4 inkl. Haustechnik
<b>BG6</b>	BG5 inkl. gesamte Erschließung inkl. Nebengebäude

Ab der Bilanzgrenze BG2 kann die zeitliche Bilanzgrenze bereits Nutzungsdauern enthalten, ab der Bilanzgrenze BG3 müssen die Nutzungsdauern für die Bauteilschichten hinterlegt sein, da der Keller, im speziellen beim Einfamilienhaus, ökologisch "überbewertet" wird. Dabei wird nicht nur die Ersterrichtung in Betracht gezogen, sondern auch die Nutzungsdauern und die damit verbundenen erforderlichen Sanierungs- und Instandhaltungszyklen der Bauteilschichten im Laufe der Gesamtlebensdauer eines Gebäudes. Gemäß ÖN EN 15804 ist der Betrachtungszeitraum 100 Jahre (kann jedoch u.U. variieren).

Die Bilanzgrenze BG5 deckt ein Gebäude vollständig ab. Die Bilanzgrenze BG6 zielt bereits auf Bauwerke ab.

## 6. OI3<sub>BGX,Y</sub> - ÖKOINDIKATOREN FÜR GEBÄUDE

Folgende OI3-Indikatoren sind für ein Gebäude definiert:

- Ökoindikator OI3<sub>BG0</sub>, OI3<sub>BG1</sub> des Gebäudes in Abhängigkeit von der gewählten Bilanzgrenze BG0, BG1 (flächengewichteter OI3<sub>KON</sub> der einbezogenen Bauteilflächen)
- Ökoindikator OI3<sub>BG0,lc</sub>, OI3<sub>BG1,lc</sub> (flächengewichteter OI3<sub>KON</sub> der einbezogenen Bauteilflächen (BG0 oder BG1), korrigiert in Bezug auf die charakteristische Länge des Gebäudes)
- Ökoindikator OI3<sub>BG0,BGF</sub>, OI3<sub>BG1,BGF</sub> (flächengewichteter OI3<sub>KON</sub> der einbezogenen Bauteilflächen (BG0 oder BG1), bezogen auf die konditionierte Bruttogrundfläche)
- Ökoindikator OI3<sub>BGX, BZF</sub> mit  $X \geq 2$  (flächengewichteter OI3<sub>KON</sub> des Gebäudes mit Bilanzgrenze  $BG \geq 2$ , bezogen auf die Bezugsfläche (BZF) unter Berücksichtigung der Gesamtnutzungsdauer eines Gebäudes). Die Bezugsfläche ist definiert als konditionierte Bruttogrundfläche plus 50 % der Bruttogrundfläche von Pufferräumen (Keller,...).
- Ökoindikator OI3<sub>STGH</sub> für Sanierungen (Abschreibungsmodell für die ökologischen Belastungen der Herstellung)

### 6.1 Berechnung des OI3<sub>BGX</sub> (X = 0, 1)

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

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

*A<sub>i</sub> ...Flächender 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<sub>BGX,lc</sub> (X = 0, 1)

Um die Umweltbelastung durch schlecht gewählte Oberflächen-Volumsverhältnisse im OI3<sub>BGX</sub>-Indikator zu erfassen, wird die Kennzahl OI3<sub>BGX,lc</sub> wie folgt definiert:

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

Hierbei ist  $l_c$  die charakteristische Länge des Gebäudes.

$$l_c = VG/AG$$

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

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

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

Um den Umweltbelastung pro  $m^2$  konditionierter Bruttogrundfläche im  $OI3_{BGX,BGF}$  Indikator darzustellen, wird die Kennzahl  $OI3_{BGX,BGF}$  wie folgt definiert:

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

$A_i$  ...Flächender Konstruktionen in  $m^2$

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

$BGF$  ...konditionierte Bruttogrundfläche in  $m^2$

Die Berechnung der konditionierten BGF erfolgt gemäß OIB-Leitfaden RL6 für die Berechnung von Energiekennzahlen für Gebäude.

### 6.4 Funktionseinheit der $OI3_{BGX}$ -Indikatoren ( $X = 0, 1$ )

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 $OI3_{BGX}$ -Indikatoren ( $X = 0,1$ )

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

Die  $OI3_{BG0}$ -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  $OI3_{BG0}$ -Punkten.

Die  $OI3_{BG1}$ -Punkte für ein Gebäude liegen ca. um 10 Punkte höher als die  $OI3_{BG0}$ -Punkte.

## 6.6 Berechnung des $OI3_{BGX,BZF}$ ( $X \geq 2$ )

Um die Umweltbelastung pro m<sup>2</sup> Bezugsfläche für die Errichtung und gesamte Nutzungsphase des Gebäudes (für einen Gesamtbetrachtungszeitraum von 100 Jahren) darzustellen, wird die Kennzahl  $OI3_{BGX,BZF}$  mit  $X \geq 2$  wie folgt definiert:

$$OI3_{BGX,BZF} = \frac{1}{3} \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{GWP_{BGX,ND}}{BZF} \right) + 400 \cdot \left( \frac{AP_{BGX,ND}}{BZF} \right) + \frac{1}{10} \left( \frac{PEIne_{BGX,ND}}{BZF} \right) \right]$$

$X \geq 2$

$GWP_{BGX,ND}$  .....TreibhauspotentialdesGebäude(Errichtungund Instandhaltung) in kgCO<sub>2</sub> äqui

$AP_{BGX,ND}$  .....VersäuerungspotentialdesGebäude(Errichtungund Instandhaltung) in kgSO<sub>2</sub> äqui

$PEIne_{BGX,ND}$  .....PrimärenergieinichternewbaresGebäude(Errichtungund Instandhaltung) in MJ

$BZF$  .....Bezugsfläche= konditionierte Bruttogrundfläche in m<sup>2</sup> + 0,5 · Bruttogrundfläche der Pufferräume in m<sup>2</sup>

$t_{100}$  ..... Betrachtungszeitraum 100 a (angenommene Gesamtlebensdauer eines Gebäude)

Beginnend mit der Bilanzgrenze 2 (variabel) wird ab der Bilanzgrenze BG3 (verpflichtend) nicht nur die Ersterrichtung in Betracht gezogen, sondern auch die Nutzungsdauern und die damit verbundenen erforderlichen Sanierungs- und Instandhaltungszyklen der Bauteilschichten im Laufe der Gesamt-lebensdauer eines Gebäudes. Der standardisierte Betrachtungszeitraum wird mit 100 Jahren gem. ÖN EN 15804 angenommen (kann aber für bestimmte Gebäudetypen wie z.B. Supermärkte etc. davon abweichen). So setzt sich beispielweise der Subindikator  $GWP_{BGX,ND}$  aus dem ökologischen Aufwand für die Ersterrichtung des Gebäudes (Produktion der Baumaterialien) und den Aufwänden zusammen, die sich aus den erforderlichen Instandhaltungszyklen über die betrachtete Gesamtlebensdauer eines Gebäudes ergeben (wenn ein Bauteil oder eine Bauteilschicht eine Nutzungsdauer von 40 Jahren hat, werden im Betrachtungszeitraum von 100 Jahren die ökologischen Aufwände 3 mal berücksichtigt, wobei immer auf ganze Zahlen zu runden ist!). Dies gilt analog für die beiden anderen Subindikatoren  $AP_{BGX,ND}$  und  $PEIne_{BGX,ND}$ .

Die speziell in Gebäudezertifizierungssystemen verwendete Bilanzgrenze BG3 ist definiert als thermische Gebäudehülle (inkl. Dacheindeckung, Feuchtigkeitsabdichtungen und hinterlüftete Fassadenteile + Zwischendecken + sämtliche Innenwände + sämtliche Pufferräume (z.B. nicht beheizte Keller, Tiefgarage etc). Gebäude mit einem  $OI3_{BG3,BZF}$  kleiner 300 Punkten weisen eine hervorragende Ökoeffizienz auf, während der ökologische Impact von Gebäuden mit einem  $OI3_{BG3,BZF}$  über 900 Punkten äußerst groß ist.

Durch diese Erweiterung der Bilanzgrenze kommt es nahezu zu einer vollständigen Erfassung der eingesetzten Baumaterialien bei der Bilanzierung eines Gebäudes. Vorerst wird aus Effizienzgründen bis zur Bilanzgrenze 3 bilanziert, und (noch) von der Erfassung von Elementen der technischen Gebäudeausrüstung (Wärmeversorgungssysteme, Speicher, Lüftungsanlagen usw.) abgesehen. Wenn diesbezüglich Produktinventare mit entsprechenden Umweltindikatoren vorliegen, kann künftig auch die technische Gebäudeausrichtung mitbilanziert werden.

## 6.7 Berechnung des $OI3S_{BGX}$

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  $OI3S_{BG1}$  beurteilt werden.

Der  $OI3S_{BG1}$  wird gleich berechnet wie der  $OI3_{BG1}$ , nur wird dabei das Alter der Konstruktion bzw. des Gebäudes über ein einfaches Abschreibungsmodell berücksichtigt. Den Ausgangswert stellt der Wert des  $OI3_{BG1}$  dar. Die ökologische Belastung einer neuen Konstruktion bzw. des 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  $OI3_{BGX}$ -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 so über die Jahre reduzierte  $OI3$ -Wert wird als  $OI3S_{BG1}$  bezeichnet.

Bei der Berechnung des  $OI3S$  wird folgenderweise vorgegangen:

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 bereits 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  $0,75 \cdot (1 - \frac{\text{Alter der Schicht} - 5}{75})$  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, stellt der Sockelbetrag den Wert der Kennzahl dar.

3. Beim Kennwert  $\text{GWP/m}^2$  geht man grundsätzlich gleich vor, jedoch beträgt der Sockelbetrag  $0 \text{ kg/CO}_2 \text{ äqui./m}^2$ . Positive und negative GWP-Werte einer Schicht werden mit dem Faktor  $(1 - \frac{\text{Alter der Schicht} - 5}{75})$  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 analog 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.

Der 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; Torghele, 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.; Hirscher, 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\\_091009.pdf](http://www.ibo.at/documents/LCA_Methode_Referenzdaten_kurz_091009.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