

**IBO**



**OI3-INDIKATOR**

IBO-Leitfaden für die Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude

**Stand Dezember 2006, Version 1.7**

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.

© 2006 IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH

<b>LEITFADEN FÜR DIE 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>5</b>
<b>2.1 Einführung</b>	<b>5</b>
<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)	10
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>
<b>4. ÖKOINDIKATOR <math>OI_{3TG\dot{H}}</math> DER THERMISCHEN GEBÄUDEHÜLLE</b>	<b>12</b>
<b>4.1 Funktionseinheit des <math>OI_{3TG\dot{H}}</math>-Indikators</b>	<b>12</b>
<b>4.2 Wertebereich des <math>OI_{3TG\dot{H}}</math>-Indikators</b>	<b>13</b>
<b>4.3 Ermittlung der Teilkennzahlen <math>OI_{TG\dot{H}}PEI_{ne}</math>, <math>OI_{TG\dot{H}}GWP</math>, <math>OI_{TG\dot{H}}AP</math></b>	<b>13</b>
$OI_{TG\dot{H}}PEI_{ne}$ - Ökoindikator des PEI n.e. der thermischen Gebäudehülle	13
$OI_{TG\dot{H}}GWP$ - Ökoindikator des GWP der thermischen Gebäudehülle	14
$OI_{TG\dot{H}}AP$ - Ökoindikator des AP der thermischen Gebäudehülle	15
<b>4.4 Berechnung des <math>OI_{3TG\dot{H}}</math></b>	<b>15</b>
<b>4.5 Besonderheiten bei der Berechnung</b>	<b>15</b>
<b>4.6 Berechnung des <math>OI_{3TG\dot{H}}-Ic</math></b>	<b>16</b>

<b>4.7 Berechnung des <math>OI3_{TGH-BGF}</math></b>	<b>16</b>
<b>4.8 Berechnung des <math>OI3S_{TGH}</math></b>	<b>17</b>
<b>LITERATUR</b>	<b>19</b>

# LEITFADEN FÜR DIE BERECHNUNG VON ÖKOKENNZAHLEN FÜR GEBÄUDE - Berechnung des OI<sub>3TGH</sub>-Indikators

## 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 des OI<sub>3</sub>-Indikators, zu vereinheitlichen.

Der Leitfaden erläutert das Verfahren zur Berechnung der folgenden Ökokennzahlen:

- Ökoindikator OI<sub>3TGH</sub> der thermischen Gebäudehülle
- Ökoindikator OI<sub>TGH</sub>PEI<sub>ne</sub> des PEI n.e. der thermischen Gebäudehülle
- Ökoindikator OI<sub>TGH</sub>GWP des GWP der thermischen Gebäudehülle
- Ökoindikator OI<sub>TGH</sub>AP des AP der thermischen Gebäudehülle
- Ökoindikator OI<sub>3TGH-ic</sub>
- Ökoindikator OI<sub>3TGH</sub>-BGF
- Ökoindikator OI<sub>3S</sub><sub>TGH</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.

## 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**

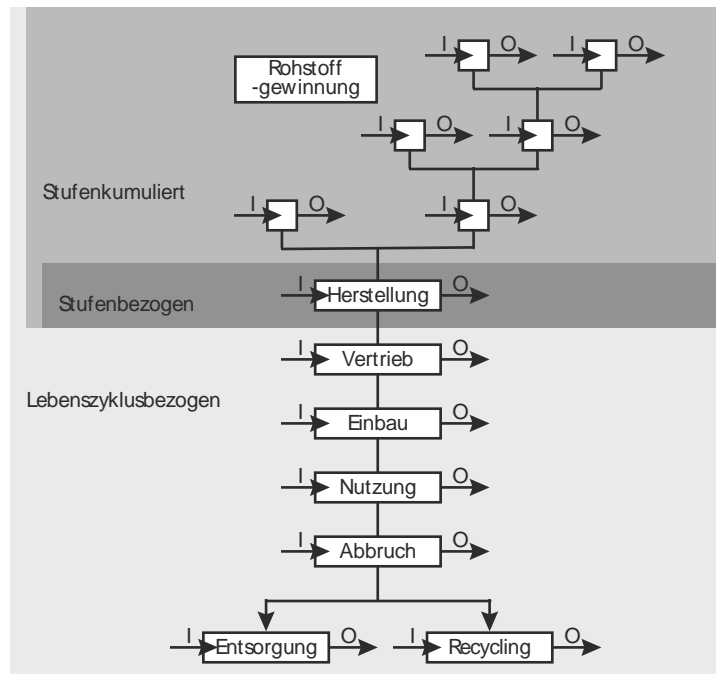
### **2.2.1 Umweltmodell**

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 auslieferfertigen 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 abgehende 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  $i$  ( $GWP_i$ ) 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

---

<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.

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**

Die Baustoffe sind stufenkumuliert bis Zeitpunkt „Produkt ab Werk“ bilanziert. Es werden somit alle vorgelagerten Prozessen 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 [Bauteilkatalog 1999] und [Dämmstoffe 2000].

#### 4. ÖKOINDIKATOR $OI_{3TGH}$ UND $OI_{3S_{TGH}}$ DER THERMISCHEN GEBÄUDEHÜLLE

In den Ökoindikator  $OI_{3TGH}$  der thermischen Gebäudehülle geht der  $OI_{TGHPEI_{ne}}$  (Ökoindikator des PEI n.e. der thermischen Gebäudehülle), der  $OI_{TGHGWP}$  (Ökoindikator des GWP der thermischen Gebäudehülle) und der  $OI_{TGHAP}$  (Ökoindikator des AP der thermischen Gebäudehülle), jeweils gewichtet mit 1/3, ein. Daher berechnet sich der  $OI_{3TGH}$  wie folgt:

$$OI_{3TGH} = 1/3 OI_{TGHPEI_{ne}} + 1/3 OI_{TGHGWP} + 1/3 OI_{TGHAP}$$

Das Datenblatt zur Berechnung des  $OI_{3TGH}$  enthält nur die wärmetechnisch relevanten Bauteile und die Zwischendecken. Zur Berechnung des  $OI_{3TGH}$  der einzelnen Bauteile werden die Daten

- Fläche der Bauteile
- Bauteilschichten
- Rohdichte der Bauteilschichten
- Dicke der Bauteilschichten
- Prozentanteil (bei inhomogenen Schichten)
- Baustoffkennwerte aus der IBO Baustoffdatenbank

benötigt.

Der  $OI_{3TGH}$  vernachlässigt somit alle Bauteile, die nicht thermisch wirksam sind. Durch diese Beschränkung der Ökokennzahlberechnung des Gebäudes auf die thermische Gebäudehülle und die Zwischendecken wird der Berechnungs- und Bewertungsaufwand für die ökologische Qualität des Gebäudes sehr stark verringert und auf praktisch Null reduziert. Fast die Gesamtheit der erforderlichen Daten werden ohnehin für die Berechnung des Energieausweises bzw. des Heizwärmebedarfs benötigt. Der  $OI_{3TGH}$  kann somit gleichzeitig mit der Heizwärmebedarfsberechnung ermittelt werden.

##### 4.1 Funktionseinheit des $OI_{3TGH}$ -Indikators

Als grundsätzliche Funktionseinheit für den  $OI_{3TGH}$  wurde der Quadratmeter - Konstruktionsfläche gewählt. Die Konstruktionsfläche ist die Summe aller Bauteilflächen, die in die  $OI_{3TGH}$ -Berechnung eingehen. Der  $OI_{3TGH}$ -Indikator

stellt somit einen flächengewichteten Mittelwert der ökologischen Belastung der thermischen Gebäudehülle und der Zwischendecken dar.

#### 4.2 Wertebereich des $OI_{TGH}$ -Indikators

Die ökologische Qualität der thermischen Gebäudehülle und der Zwischendecken wird bezüglich dieser Kennzahlen 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.

Der  $OI_3$ -Indikator kann auch für  $1\text{m}^2$  eines Bauteils oder einer Bauteilschicht berechnet werden. In diesem Fall dürfen die Grenzen 0 und 100 Punkte nicht verwendet werden. Der Wertebereich des  $OI_3$ -Indikators kann in diesem Fall sogar mehr als 100 Punkte oder weniger als 0 Punkte ergeben. Die Grenzen 0 und 100 dürfen erst nach der Eingabe der gesamten thermischen Gebäudehülle verwendet werden, da es bei einer Anwendung auf Teilergebnissen, insbesondere bei der Anwendung auf einzelne Schichten, zu falschen Gesamtergebnissen kommen kann.

#### 4.3 Ermittlung der Teilkennzahlen $OI_{TGH}PEI_{ne}$ , $OI_{TGH}GWP$ , $OI_{TGH}AP$

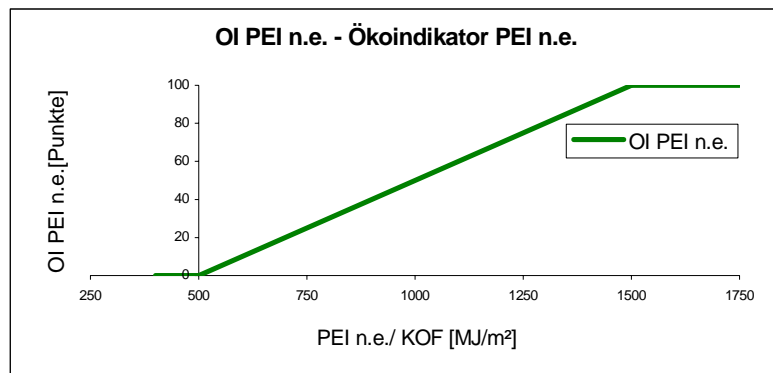
Um die  $OI_{TGH}$ -Berechnung durchführen zu können, müssen zuerst die drei Ökoindikatoren, der Ökoindikator  $OI_{TGH}PEI_{ne}$  für den Ressourcenverbrauch bei der Herstellung der thermischen Gebäudehülle, der Ökoindikator  $OI_{TGH}GWP$  für die Klimaschonung bei der Herstellung der thermische Gebäudehülle und der Ökoindikator  $OI_{TGH}AP$  für die Versauerung bei der Herstellung der thermische Gebäudehülle, ermittelt werden. Diese Indikatoren werden ebenfalls auf die Konstruktionsfläche bezogen. Der Wertebereich jedes Indikators liegt letztendlich in einem Bereich von 0-100.

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

**$OI_{TGH}PEI_{ne}$  - Ökoindikator des PEI n.e. der thermischen Gebäudehülle**

Für den  $OI_{TGH}PEI_{ne}$  wurde folgender Verlauf aus realen Gebäudedaten abgeleitet: Für Werte des PEI pro m<sup>2</sup> Konstruktionsoberfläche (KOF), die kleiner oder gleich 500 MJ/m<sup>2</sup> sind werden 0 Punkte, für Werte gleich oder größer 1500 MJ/m<sup>2</sup> werden 100 Punkte vergeben.

PEI n.e.- Werte zwischen 500 MJ/m<sup>2</sup> und 1500 MJ/m<sup>2</sup> erhalten entsprechend der linearen Funktion  $f(x) = 1/10 \cdot (x - 500)$  Punkte zwischen 0 und 100.

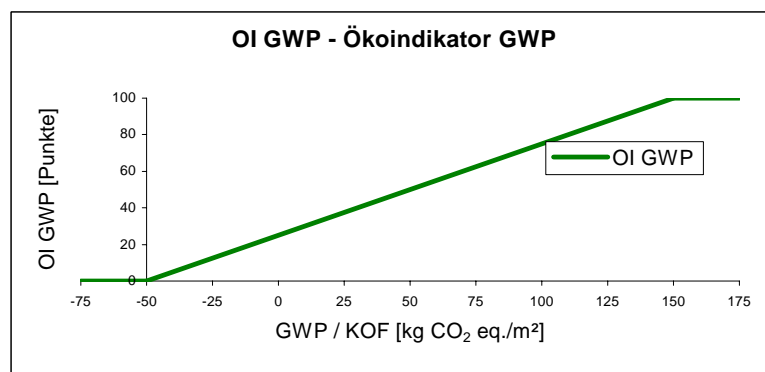


Verlauf des Ökoindikators  $OI_{TGH}PEI_{ne}$

### $OI_{TGH}GWP$ - Ökoindikator des GWP der thermischen Gebäudehülle

Für den Verlauf des Ökoindikators wurde folgender Verlauf aus realen Gebäudedaten abgeleitet:

Für Werte des GWP pro m<sup>2</sup> Konstruktionsoberfläche, die kleiner oder gleich -50 kg CO<sub>2</sub>eq./m<sup>2</sup> sind, werden 0 Punkte, für Werte gleich oder größer 150 kg CO<sub>2</sub>eq./m<sup>2</sup> werden 100 Punkte vergeben. GWP - Werte zwischen -50 kg CO<sub>2</sub>eq./m<sup>2</sup> und 150 kg CO<sub>2</sub>eq./m<sup>2</sup> erhalten entsprechend der linearen Funktion  $f(x) = 1/2 \cdot (x + 50)$  Punkte zwischen 0 und 100.

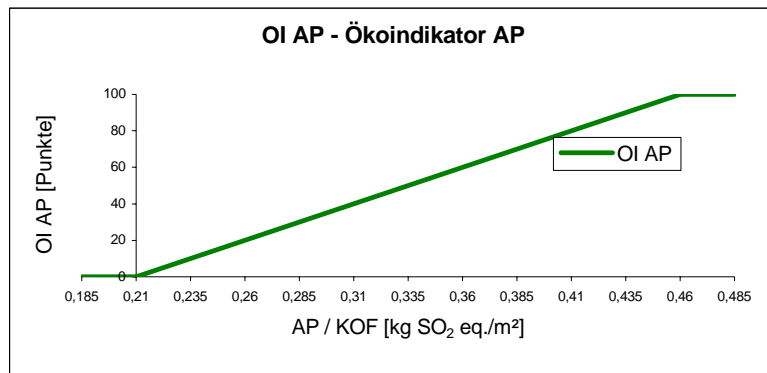


Verlauf des Ökoindikators  $OI_{TGH}GWP$

### **OI<sub>TGH</sub>AP - Ökoindikator des AP der thermischen Gebäudehülle**

Für den Verlauf des Ökoindikators OI<sub>TGH</sub>AP wurde folgender Verlauf aus realen Gebäudedaten abgeleitet:

Für Werte des AP pro m<sup>2</sup> Konstruktionsoberfläche, die kleiner oder gleich 0,21 kg SO<sub>2</sub>eq./m<sup>2</sup> sind, werden 0 Punkte, für Werte gleich oder größer 0,46 kg SO<sub>2</sub>eq./m<sup>2</sup> werden 100 Punkte vergeben. AP - Werte zwischen 0,21 kg SO<sub>2</sub>eq./m<sup>2</sup> und 0,46 kg SO<sub>2</sub>eq./m<sup>2</sup> erhalten entsprechend der linearen Funktion  $f(x) = 100 / (0,25) * (x - 0,21)$  Punkte zwischen 0 und 100.



Verlauf des Ökoindikators OI<sub>TGH</sub>AP

#### **4.4 Berechnung des OI<sub>3TGH</sub>**

Der OI<sub>3TGH</sub> berechnet sich aus Indikatoren OI<sub>TGH</sub>PEI<sub>ne</sub>, OI<sub>TGH</sub>GWP und OI<sub>TGH</sub>AP den wie folgt:

$$OI_{3TGH} = 1/3 OI_{TGH}PEI_{ne} + 1/3 OI_{TGH}GWP + 1/3 OI_{TGH}AP$$

#### **4.5 Besonderheiten bei der Berechnung**

Die Beschränkung der Ökokennzahlenberechnung auf die thermische Gebäudehülle vereinfacht die quantitative Bewertung mit Hilfe von Ökokennzahlen sehr, bringt aber auch einige Besonderheiten mit sich.

Der Keller eines Gebäudes ist aufgrund der Statik und der Feuchtigkeitsisolierung ein "ökologisches Schwergewicht". Dieser liegt aber

im Falle eines unbeheizten Kellers außerhalb der thermischen Gebäudehülle und wird daher vom  $OI3_{TGH}$  nicht erfasst. Da die Feuchtigkeitsisolierung einen maßgeblichen Anteil an der ökologischen Belastung einer Bodenplatte hat, werden Gebäude ohne Keller benachteiligt. Daher darf die ökologische Belastung der Feuchtigkeitsisolierung einer Bodenplatte auf Null gesetzt werden und trägt daher nicht zur Gesamtbelastung bei.

Bei einer Außenwand mit hinterlüfteter Fassade wird die Konstruktion nur bis zur Hinterlüftungsebene in der Berechnung berücksichtigt (thermisch wirksamer Teil).

Ebenfalls werden hinterlüftete Dachkonstruktionen nur bis zur Hinterlüftungsebene in der Berechnung berücksichtigt. Es entfällt auch die Dachhaut und bei Dämmung der obersten Geschossdecke die gesamte Dachstuhlkonstruktion. Bei Flachdachkonstruktionen werden die Flachdachfolien ebenfalls nicht in die Berechnung aufgenommen.

Der Fußbodenbelag wird in die Berechnung nicht einbezogen.

#### 4.6 Berechnung des $OI3_{TGH-lc}$

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

$$OI3_{TGH-lc} = 3 * OI3_{TGH} / (2 + l_c)$$

Hierbei ist  $l_c$  die charakteristische Länge des Gebäudes.

$$l_c = V_G / A_G$$

$A_G$ .....Oberfläche des Gebäudes,  $V_G$  Volumen des Gebäudes.

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

#### 4.7 Berechnung des $OI3_{TGH-BGF}$

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



$$OI3_{TGH-BGF} = OI3_{TGH} * KOF / BGF$$

Hierbei ist KOF die gesamte Fläche der in die Berechnung des  $OI3_{TGH-BGF}$  Indikators eingegangenen Bauteilflächen und BGF ist die Bruttogeschossfläche. Die Berechnung der BGF erfolgt wie z.B. im OIB-Leitfaden für die Berechnung von Energiekennzahlen für Gebäude angegeben.

#### 4.8 Berechnung des $OI3S_{TGH}$

Der Ökoindikator OI3 berücksichtigt die Lebensdauer der thermischen Gebäudehülle nicht, da Prognosen über die Lebensdauer der einzelnen Schichten derzeit noch schwierig sind. Meistens wird die Lebensdauer einer Konstruktion nicht von der technischen Leistungsfähigkeit der Konstruktion bestimmt sondern von anderen Umständen, wie z.B. eine Nutzungsänderung des Gebäudes.

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  $OI3S_{TGH}$  beurteilt werden.

Der  $OI3S_{TGH}$  wird gleich berechnet wie der  $OI3_{TGH}$ , nur wird dabei das Alter der Konstruktion bzw. des Gebäudes über ein einfaches Abschreibungsmodell berücksichtigt. Den Ausgangswert stellt der Wert des  $OI3_{TGH}$  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  $OI3_{TGH}$  - 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  $OI3S_{TGH}$  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  $0,75 * (1 - \text{Alter})$

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

3. Beim Kennwert  $GWP/\text{m}^2$  geht man grundsätzlich gleich vor, jedoch der Sockelbetrag ist der Wert  $0 \text{ kg}/\text{CO}_2 \text{ äqui./m}^2$ . Positive und negative GWP-Werte einer Schicht werden mit dem Faktor  $(1 - \text{"Alter der Schicht minus } 5"/75)$  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  $PEI \text{ n.e./m}^2$ ,  $GWP/\text{m}^2$  und  $AP/\text{m}^2$  werden mit den oben angegebenen Verfahren die Indikatoren  $OI_{TGH}PEI_{ne}$ ,  $OI_{TGH}GWP$  und  $OI_{TGH}AP$  berechnet und daraus der Indikator

$$OI3S_{TGH} = 1/3 OI_{TGH}PEI_{ne} + 1/3 OI_{TGH}GWP + 1/3 OI_{TGH}AP$$

ermittelt.

4. Die beiden Ökoindikatoren  $OI3S_{TGH-IC}$  bzw.  $OI3S_{TGH-BGF}$  werden nach der oben dargestellten Methode ermittelt.

Der Ökoindikator  $OI3S_{TGH}$  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  $OI3S_{TGH}$  schreibt langlebigen Konstruktionen bzw. Schichten eine sehr geringe ökologische Belastung zu. Die Sanierung bzw. das Weiterverwenden von Schichten wird mit niedrigen  $OI3S_{TGH}$ -Werten belohnt. Der Einsatz von neuen Konstruktionen bzw. von neuen Schichten erzeugt in diesem Modell die maximale ökologische Belastung oder die höchsten möglichen  $OI3S_{TGH}$ -Punkte.

## 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.; 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
- 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