



IBO

O13-INDIKATOR

Leitfaden zur Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude

Stand Jänner 2013, Version 3.0

IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH

IBO Materialökologie

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

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.

© 2013 IBO - Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH

1. ZWECK DES LEITFADENS.....	5
2. BAUSTOFFDATEN	6
2.1 Ökobilanzierung der Baustoffe, Haustechnikkomponenten und Prozesse	6
2.2 IBO-Baustoffrichtwerte-Tabelle.....	6
2.3 Umweltindikatoren	7
2.3.1 Primärenergieinhalt (PEI).....	7
2.3.2 Beitrag zur Globalen Erwärmung bzw. Treibhauspotenzial (GWP).....	7
2.3.3 Versauerungspotenzial (AP).....	8
3. OI3-BASISINDIKATOREN FÜR KONSTRUKTIONEN.....	8
3.1 Ökoindikator OI_{3KON} der Konstruktion.....	8
3.2 Ökoindikator OIS_{3KON} der Konstruktion.....	9
3.3 Ermittlung der Teilkennzahlen OI_{PEine} , OI_{GWP} , OI_{AP}	9
3.3.1 OI_{PEine}	10
3.3.2 OI_{GWP}	10
3.3.3 OI_{AP}	11
3.3.4 Wertebereich des OI_{3KON} -Indikators	11
3.3.5 $\Delta OI3$ - Der OI3-Indikator für eine Baustoffschicht	11
3.4 Ermittlung der Teilkennzahlen OIS_{PEine} , OIS_{GWP} , OIS_{AP}	12
3.4.1 OIS_{PEine}	12
3.4.2 OIS_{GWP}	12
3.4.3 OIS_{AP}	13
4. FLEXIBLE BILANZGRENZEN.....	13
5. $OI_{3BGX,Y}$ - ÖKOINDIKATOREN FÜR GEBÄUDE.....	15
5.1 Berechnung des OI_{3BGX} ($X = 0, 1$)	15
5.2 Berechnung des $OI_{3BGX,c}$ ($X = 0, 1$)	16

5.3 Berechnung des $OI3_{BGX,BGF}$ ($X = 0, 1$) 16

5.4 Funktionseinheit der $OI3_{BGX}$ -Indikatoren ($X = 0, 1$)..... 16

5.5 Wertebereich der $OI3_{BGX}$ -Indikatoren ($X = 0,1$) 17

5.6 Berechnung des $OI3_{BGX,BZF}$ ($X \geq 2$)..... 17

5.7 Berechnung des $OI3S_{BG0}$, $OI3S_{BG1}$ (ohne Nutzungsdauern)..... 18

5.8 Berechnung des $OI3S_{BGX}$ ($X \geq 2$, inklusive Nutzungsdauern).....20

6. LITERATUR 21

1. ZWECK DES LEITFADENS

Der vorliegende "Leitfaden zur Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude" wurde vom IBO - Österreichischen Institut für Bauen und Ökologie GmbH erstellt, um die Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude (im Speziellen der $O13_{BGx}$ -Indikatoren) zu vereinheitlichen.

Dabei werden die bei der Berechnung zu erfassenden Bauteile des Gebäudes in einem hierarchischen Bilanzgrenzenkonzept (BGx , 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 ($BG0$) darstellt.

Der Leitfaden erläutert das Verfahren zur Berechnung folgender Ökokennzahlen:

- Ökoindikator $O13_{BGx}$ der thermischen Gebäudehülle
- Ökoindikator $O13_{BGx,lc}$
- Ökoindikator $O13_{BGx,BGF}$
- Ökoindikator $O13S_{BGx}$ für Sanierungen

Datengrundlage des vorliegenden Berechnungsverfahrens bilden die Ökokennwerte der IBO-Baustoffdatenbank. Diese ist von der IBO-Homepage in Form einer pdf-Tabelle kostenlos downloadbar oder kann über die Datenbank baubook (www.baubook.at) via xml-Schnittstelle in Berechnungsprogrammen eingelesen werden.

Für den O13-Leitfaden werden aus der Vielzahl von Umweltkategorien folgende herangezogen:

- Treibhauspotential (100 Jahre bezogen auf 1994)
- Versauerungspotential
- Bedarf an nicht erneuerbaren energetischen Ressourcen

2. BAUSTOFFDATEN

2.1 Ökobilanzierung der Baustoffe, Haustechnikkomponenten und Prozesse

Die spezifischen Rahmenbedingungen und methodischen Vorgaben der Ökokennwerte entsprechen den methodischen Annahmen für die IBO-Richtwerte [IBO 2012]. Sie sind unter <http://www.ibo.at/de/oekokennzahlen.htm> abrufbar.

Die Baumaterialien werden stufenkumuliert über alle Prozesse von der Rohstoffgewinnung bis zum Ende der Produktionsphase bilanziert (Cradle to Gate, Module A1 bis A3 gemäß ÖNORM EN 15804).

Für jeden Prozessschritt werden Material-, Transport- und Energieinputs sowie Emissionen in Luft, Boden, Wasser und Abfälle ermittelt.

Die Basisdaten für allgemeine Prozesse wie Energiesysteme, Transportsysteme, Basismaterialien, Entsorgungsprozesse und Verpackungsmaterialien stammen aus ecoinvent Data v2.2. [ecoinvent 2010]. Die Sachbilanzdaten aller Prozesse werden in die Datenbank der SimaPro 7 LCA Software eingegeben, mit den Basis-Datensätzen (generische Daten) verknüpft und hochgerechnet.

2.2 IBO-Baustoffrichtwerte-Tabelle

Die IBO-Baustoffrichtwerte-Tabelle enthält ökologische Kennwerte zu einem Großteil der im Rohbau eingesetzten Baustoffe. Angegeben werden Kennwerte für Treibhauspotential, Versauerungspotential und der Primärenergieinhalt, die aus repräsentativen bzw. durchschnittlichen Werkbilanzen von Baustoffen ermittelt wurden.

Neben der laufenden Ökobilanzierung von Bauprodukten im Rahmen von Bauproduktbewertungen haben folgende Forschungsprojekte wesentlichen Beitrag zu der IBO-Baustoffrichtwerte-Tabelle geliefert:

- Ökologischer Bauteilkatalog. Bewertete gängige Konstruktionen (BTK 1999)
- Passivhaus-Bauteilkatalog, Ökologisch bewertete Konstruktionen (BTK 2008)
- Erhebung von Ökobilanzdaten von Haustechnikkomponenten und Photovoltaikanlagen im Rahmen des Forschungsprojekts Baubook Plus (Mötzl 2012)
- ABC-Disposal – Assessment of Building and Construction – Disposal (Mötzl 2009)
-

Die IBO-Baustoffrichtwerte-Tabelle wird herangezogen:

- als Teilkriterium im Rahmen einer umfassenden (qualitativen) Lebenszyklusanalyse von Baustoffen;
- als Referenzwerte für die Produktdatenbank www.baubook.at sowie für Bauphysikprogramme;
- zur Berechnung von Gebäudekennwerten (ökologische Aufwände zur Herstellung eines Gebäudes) im Rahmen von Gebäudezertifizierungs- oder Wohnbauförderprogrammen.

2.3 Umweltindikatoren

Für die O13-Berechnung werden die folgenden Umweltkategorien berücksichtigt:

- Primärenergieinhalt an nicht-erneuerbaren Ressourcen (PEI n.e.)
- Treibhauspotential (GWP, 100 Jahre bezogen auf 1994)
- Versauerungspotential (AP)

2.3.1 Primärenergieinhalt (PEI)

Als Primärenergieinhalt (abgekürzt PEI) wird der zur Herstellung eines Produktes oder einer Dienstleistung erforderliche Gesamtbedarf an energetischen Ressourcen bezeichnet. Der Primärenergieinhalt wird aus dem unteren Heizwert aller eingesetzten energiehaltigen Ressourcen berechnet und in MJ angegeben. Die Methode zur Berechnung des „Cumulative Energy Demand (CED)“ wurde von [Frischknecht 2003].in ecoinvent Data v2.0 publiziert.

In der IBO-Richtwerte-Tabelle wird der Primärenergieinhalt getrennt in PEI aus nicht erneuerbaren (PEI n.e.) und PEI aus erneuerbaren Ressourcen (PEI ern) angeführt.

Für den O13-Indikator wird der PEI n.e. aller mit dem jeweiligen Modul verbundenen stofflichen und energetischen Inputs herangezogen.

2.3.2 Beitrag zur Globalen Erwärmung bzw. Treibhauspotenzial (GWP)

Das Treibhauspotenzial GWP (Global Warming Potential) beschreibt den Beitrag eines Spurengases zur globalen Erwärmung relativ zu Kohlendioxid. Für die IBO-Richtwerte-Tabelle wird das Treibhauspotenzial für den Zeithorizont von 100 Jahren bestimmt.

Das Treibhauspotenzial (GWP100a) wird gemäß CML (2001) in der Version v3.2 ermittelt und in kg-CO₂-Äquivalenten angegeben.

2.3.3 Versauerungspotenzial (AP)

Versauerung wird hauptsächlich durch die Wechselwirkung von Stickoxid- (NO_x) und Schwefeldioxidgasen (SO_2) mit anderen Bestandteilen der Luft verursacht. Zu den eindeutig zugeordneten Folgen zählt die Versauerung von Seen und Gewässern, welche zu einer Dezimierung der Fischbestände in Zahl und Vielfalt führt. Für die Berechnung des Versauerungspotenzials werden die durchschnittlichen „Europäischen Säurebildungspotenziale“ verwendet.

Das Versauerungspotenzial wird gemäß CML (2001) in der Version v3.2 ermittelt und in kg-SO_2 -Äquivalenten dargestellt.

3. O13-BASISINDIKATOREN FÜR KONSTRUKTIONEN

Es sind folgende O13-Basisindikatoren für Konstruktionen definiert:

- Ökoindikator OI3_{KON} eines Quadratmeters einer Konstruktion bzw. eines Baustoffs
- Ökoindikator ΔO13 einer Baustoffschicht
- Ökoindikator OI3S_{KON} eines Quadratmeters einer Konstruktion bzw. eines Baustoffs

Der OI3_{KON} wird auf für 1 m^2 Konstruktionsfläche bezogen, auf ihn beruhen sämtliche im Folgenden beschriebenen O13-Indikatoren. Er bildet somit auch den Ausgangsindikator für die Bewertung von Gebäuden.

Der ΔO13 (sprich Delta O13) für Baustoffschichten gibt an, um wie viel O13-Punkte diese Baustoffschicht den OI3_{KON} einer Konstruktion erhöht. Dieser O13-Indikator ist bei der Konstruktionsoptimierung äußerst hilfreich.

Der OI3S_{KON} wird im Zuge von Sanierungen berechnet, und auf 1 m^2 Konstruktionsfläche bezogen.

3.1 Ökoindikator OI3_{KON} der Konstruktion

In den Ökoindikator OI3_{KON} der Konstruktion (1 m^2 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:

$$\text{OI3}_{\text{KON}} = 1/3 \text{OI}_{\text{PEIne}} + 1/3 \text{OI}_{\text{GWP}} + 1/3 \text{OI}_{\text{AP}}$$

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

3.2 Ökoindikator $OI3_{KON}$ der Konstruktion

Der $OI3_{KON}$ wird im Zuge von Sanierungen berechnet. Ähnlich dem Ökoindikator $OI3_{KON}$ gehen in den Ökoindikator $OI3_{KON}$ der $OI_{PEine, San}$ (Ökoindikator der Primärenergie nicht erneuerbar PEI n.e.), der $OI_{GWP, San}$ (Ökoindikator des Treibhauspotentials GWP) und der $OI_{AP, San}$ (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 $OI3_{KON, San}$ enthält folgende Informationen:

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

Zum Unterschied vom $OI3_{KON}$ müssen folgende zusätzliche Informationen vorhanden sein:

- Nutzungsdauer
- Bestandsalter

3.3 Ermittlung der Teilkennzahlen OI_{PEine} , OI_{GWP} , OI_{AP}

Vor der $OI3_{KON}$ -Berechnung müssen folgende Indikatoren für die Herstellung der Konstruktion berechnet werden:

- OI_{PEine} für den Ressourcenverbrauch
- OI_{GWP} für das Treibhauspotenzial
- OI_{AP} für das Versauerungspotenzial

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

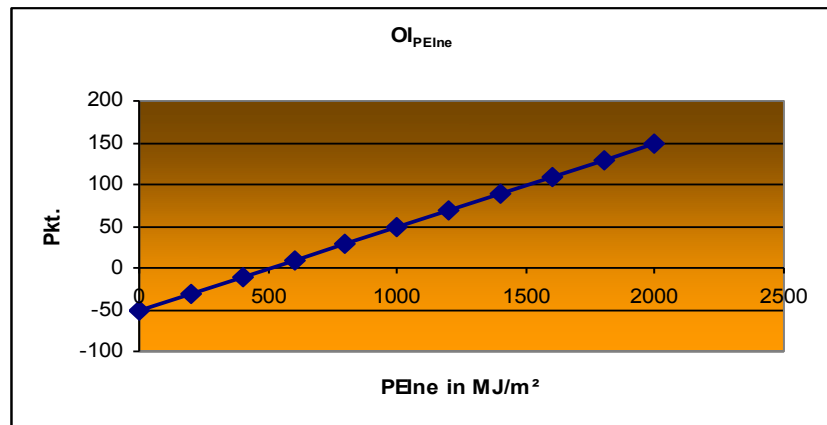
Für die Berechnung der Teilindikatoren OI_{PEine} , OI_{GWP} und OI_{AP} werden die jeweiligen Kennwerte alle Bauteilschichten und Bauteile aufsummiert und durch

die im Folgenden beschriebenen Funktionen auf einen Wertebereich von typischerweise 0 - 100 Punkte skaliert.

3.3.1 OI_{PEine}

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

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

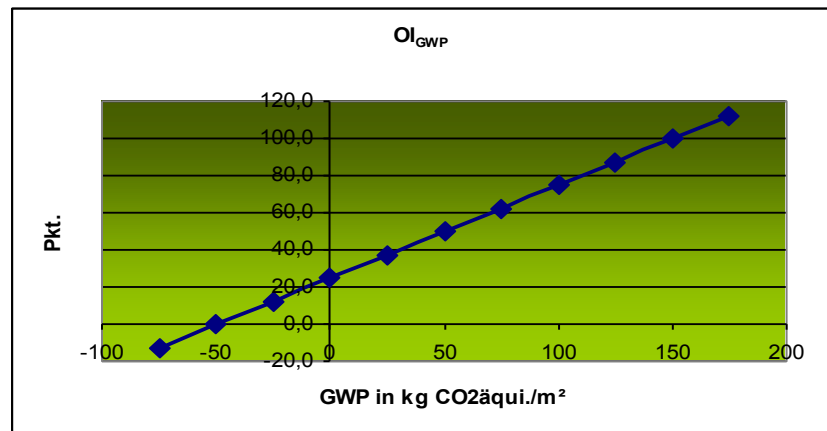


Umrechnungsfunktion PEine in MJ/m² in OI_{PEine}-Punkte

3.3.2 OI_{GWP}

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

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

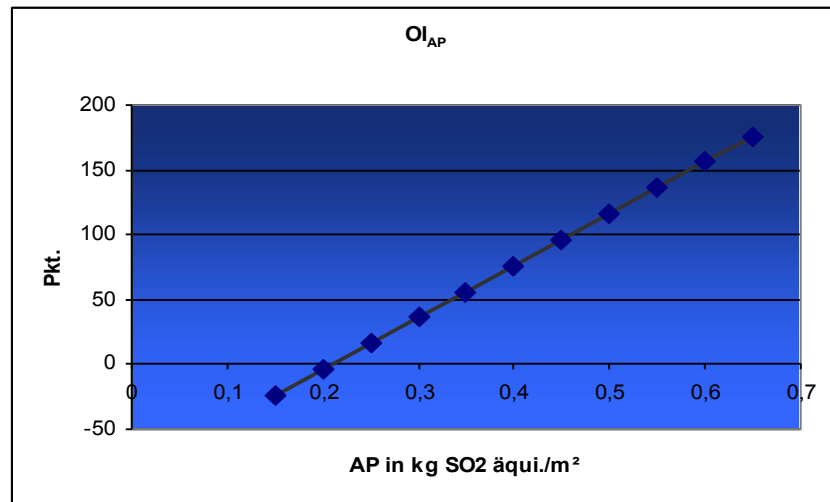


Umrechnungsfunktion GWP in kg CO₂ äqui. in OI_{GWP}-Punkte

3.3.3 OI_{AP}

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

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



Umrechnungsfunktion AP in kg SO₂ äqui. in OI_{AP}-Punkte

3.3.4 Wertebereich des OI_{KON}-Indikators

Die ökologische Qualität gängiger Konstruktionen wird durch den Ökoindikator OI_{KON} in einem Bereich von 0 bis 100 Punkten widergegeben. So bildet ein Außenwand- OI_{KON} 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.

3.3.5 ΔOI3 - Der OI3-Indikator für eine Baustoffschicht

Der ΔOI3 (sprich Delta OI3) einer Baustoffschicht gibt an, um wie viele OI3-Punkte diese Baustoffschicht den Wert OI_{KON} der Konstruktion erhöht bzw. senkt. Anders gesagt, löscht man eine Bauteilschicht aus einer Konstruktion heraus, so verringert sich OI_{KON} der Konstruktion um ΔOI_{BS} Punkte (BS bedeutet Bauteilschicht).

Dieser ΔOI3-Indikator ist bei der Konstruktionsoptimierung sehr hilfreich, da sich die "ökologischen Schwergewichte" einer Konstruktion an den höchsten ΔOI_{BS}

-Punkten einfach erkennen lassen. Die Berechnungsformel für die $\Delta OI3_{BS}$ -Punkte einer Bauteilschicht lautet:

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

$(PEIne)_{BS}$...Primärenergieaufwand nicht erneuerbar der Bauteilschicht (BS) in MJ/m²

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

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

Summiert man alle $\Delta OI3$ -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).

3.4 Ermittlung der Teilkennzahlen OIS_{PEIne} , OIS_{GWP} , OIS_{AP}

Vor der Berechnung des $OI3_{KON}$, der sich entsprechend der Formel in Kapitel 4.2 zusammensetzt, müssen die folgenden Teilindikatoren ermittelt werden.

3.4.1 OIS_{PEIne}

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

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

x wird definiert als:

$$x = ((t_{100} - t_B) / t_{100} + \text{Aufrunden}(t_{100} / t_N - 1)) \cdot PEIne$$

t_{100} ... Betrachtungszeitraum (100 Jahre)

t_B ... Bestandsalter

t_N ... Nutzungsdauer

3.4.2 OIS_{GWP}

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

x wird definiert als:

$$x = ((t_{100} - t_B) / t_{100} + \text{Aufrunden}(t_{100} / t_N - 1)) \cdot GWP_{\text{Prozess}} + GWP_{\text{Speicher}}$$

t_{100} ... Betrachtungszeitraum (100 Jahre)

t_B ... Bestandsalter

t_N ... Nutzungsdauer

GWP_{Prozess} entspricht dabei dem gesamten Treibhauspotential für die Herstellung inklusive der Vorketten und ohne den gespeicherten Treibhauspotentials in der Konstruktion (GWP_{Speicher}).

3.4.3 OIS_{AP}

Die Umrechnung von kg CO₂ äqui. pro 1 m² Konstruktionsfläche in OI_{GWP} - Punkte erfolgt entsprechend der linearen Funktion $f(x) = 100/(0,25) \cdot (x - 0,21)$.

x wird definiert als:

$$x = ((t_{100} - t_B) / t_{100} + \text{Aufrunden}(t_{100} / t_N - 1)) \cdot AP$$

t_{100} ... Betrachtungszeitraum (100 Jahre)

t_B ... Bestandsalter

t_N ... Nutzungsdauer

4. 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:

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

5. O13_{BGX,Y} - ÖKOINDIKATOREN FÜR GEBÄUDE

Folgende O13-Indikatoren sind für ein Gebäude definiert:

- Ökoindikator O13_{BG0}, O13_{BG1} des Gebäudes in Abhängigkeit von der gewählten Bilanzgrenze BG0, BG1 (flächengewichteter O13_{KON} der einbezogenen Bauteilflächen)
- Ökoindikator O13_{BG0,lc}, O13_{BG1,lc} (flächengewichteter O13_{KON} der einbezogenen Bauteilflächen (BG0 oder BG1), korrigiert in Bezug auf die charakteristische Länge des Gebäudes)
- Ökoindikator O13_{BG0,BGF}, O13_{BG1,BGF} (flächengewichteter O13_{KON} der einbezogenen Bauteilflächen (BG0 oder BG1), bezogen auf die konditionierte Bruttogrundfläche)
- Ökoindikator O13_{BGX, BZF} mit $X \geq 2$: Die Bezugsfläche ist definiert als konditionierte Bruttogrundfläche plus 50 % der Bruttogrundfläche von Pufferräumen (Keller,...).
- Ökoindikator O13_{BGX} für Sanierungen (Abschreibungsmodell für die ökologischen Belastungen der Herstellung)

5.1 Berechnung des O13_{BGX} (X = 0, 1)

Der O13_{BGX} ist der flächengewichtete Mittelwert der O13_{KON} - Werte aller Konstruktionen innerhalb der Bilanzgrenze.

$$O13_{BGX} = \frac{\sum_{i=1}^N A_i \cdot O13_{KON,i}}{\sum_{i=1}^N A_i}$$

A_i ...Flächen der Konstruktionen in m²

O13_{KON,i} ...O13_{KON} der i – ten Konstruktion

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

5.2 Berechnung des $OI3_{BGX,l_c}$ ($X = 0, 1$)

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

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

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].

5.3 Berechnung des $OI3_{BGX,BGF}$ ($X = 0, 1$)

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 ... Flächen der 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.

5.4 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.

5.5 Wertebereich der O13_{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 O13_{BG0}-Punkte orientieren sich dabei an den Zahlenwerten des Heizwärmebedarfs: Ein niedriger Heizwärmebedarf von 15 kWh/m²a wird als ausgezeichnet angesehen, ebenso Gebäude und Konstruktionen mit weniger als 15 O13_{BG0}-Punkten.

Die O13_{BG1}-Punkte für ein Gebäude liegen ca. um 10 Punkte höher als die O13_{BG0}-Punkte.

5.6 Berechnung des O13_{BGX,BZF} (X ≥ 2)

Um die Umweltbelastung pro m² Bezugsfläche für die Errichtung und gesamte Nutzungsphase des Gebäudes (für einen Gesamtbetrachtungszeitraum von 100 Jahren) darzustellen, wird die Kennzahl O13_{BGX,BZF} mit X ≥ 2 wie folgt definiert:

$$O13_{BGX,BZF} = \frac{1}{3} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{GWP_{BGX,ND}}{BZF} \right) + 400 \left(\frac{AP_{BGX,ND}}{BZF} \right) + \frac{1}{10} \left(\frac{PEIne_{BGX,ND}}{BZF} \right) \right]$$

X ≥ 2

GWP_{BGX,ND}Treibhauspotential des Gebäudes(Errichtung und Instandhaltung)in kg CO₂ äqui.

AP_{BGX,ND}Versäuerungspotential des Gebäudes(Errichtung und Instandhaltung)in kg SO₂ äqui.

PEIne_{BGX,ND}...Primärenergie nicht erneuerbar des Gebäudes(Errichtung und Instandhaltung)in MJ

BZFBezugsfläche = konditionierte Bruttogrundfläche in m² + 0,5 · Bruttogrundfläche der Pufferräume in m²

t₁₀₀..... Betrachtungszeitraum 100 a (angenommene Gesamtlebensdauer eines Gebäudes)

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 $PEIne_{BGX,ND}$.

Wichtig: Die Subindikatoren $GWP_{BGX,ND}$, $AP_{BGX,ND}$, $PEIne_{BGX,ND}$ werden exakt gleich wie die Subindikatoren für die Sanierungen in 4.4. berechnet, mit dem einzigen Unterschied, dass das Bestandsalter 0 Jahre beträgt. Dieser Sachverhalt vereinfacht die Implementierung der Indikatoren wesentlich.

In der speziell in Gebäudezertifizierungssystemen verwendete Bilanzgrenze BG3 werden Bauteile der thermischen Gebäudehülle inkl. Dacheindeckung, Feuchtigkeitsabdichtungen und hinterlüftete Fassadenteile, Zwischendecken, sämtliche Innenwände und Pufferräume (z.B. nicht beheizte Keller, Tiefgarage etc.) berücksichtigt. 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.

5.7 Berechnung des $OI3_{BG0}$, $OI3_{BG1}$ (ohne Nutzungsdauern)

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

Die ökologische Qualität einer Sanierung der thermischen Gebäudehülle kann vereinfacht mit dem Ökoindikator $OI3_{BG1}$ beurteilt werden.

Der $OI3_{BG1}$ 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

O13_{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 O13-Wert wird als O13_{BG1} bezeichnet.

Bei der Berechnung des O13S wird folgenderweise vorgegangen:

1. Es wird das Alter der Schicht, Konstruktion bzw. des Gebäudes bestimmt.
2. Danach werden die Kennwerte PEI n.e./m² und AP/m² bestimmt. Diese Kennwerte stellen bereits die richtigen Werte für die O13S-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 GWP/m² geht man grundsätzlich gleich vor, jedoch beträgt der Sockelbetrag 0 kg/CO₂ äqui./m². 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 CO₂-Speicherung über die fiktive Lebensdauer von 80 Jahren abgeschrieben.

Aus den so ermittelten Kennwerten PEI n.e./m², GWP/m² und AP/m² werden mit den oben angegebenen Verfahren die Indikatoren O_{BG1,PEIne}, O_{BG1,GWP} und O_{BG1,AP} berechnet und daraus der Indikator

$$\text{O13S}_{\text{BG1}} = \frac{1}{3} \text{O}_{\text{BG1,PEIne}} + \frac{1}{3} \text{O}_{\text{BG1,GWP}} + \frac{1}{3} \text{O}_{\text{BG1,AP}}$$

ermittelt.

4. Die beiden Ökoindikatoren O13S_{BG1,c} bzw. O13S_{BG1,BGF} werden analog der oben dargestellten Methode ermittelt.

Der Ökoindikator O13S_{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 fließen optimal in die Berechnung ein.

Der Ökoindikator O13S_{BG1} schreibt langlebigen Konstruktionen bzw. Schichten eine sehr geringe ökologische Belastung zu. Die Sanierung bzw. das Weiterverwenden von Schichten wird mit niedrigen O13S_{BG1}-Werten belohnt. Der Einsatz von neuen Konstruktionen bzw. von neuen Schichten erzeugt in

diesem Modell die maximale ökologische Belastung bzw. die höchsten möglichen OIBS_{BG1}-Punkte.

5.8 Berechnung des OIBS_{BGX} (X≥2, inklusive Nutzungsdauern)

Der OIBS_{BGX} setzt sich aus den Teilindikatoren OI_{BGX, PEI n.e.}, OI_{BGX, GWP} und OI_{BGX, AP} (wie bereits in Kapitel 4.4 beschrieben) zusammen:

$$\text{OIBS}_{\text{BGX}} = 1/3 \text{OI}_{\text{BGX, PEI n.e.}} + 1/3 \text{OI}_{\text{BGX, GWP}} + 1/3 \text{OI}_{\text{BGX, AP}}$$

Die beiden Ökoindikatoren OIBS_{BGX, Ic} bzw. OIBS_{BGX, BGF} für Gebäude werden analog der in Kapitel 6.2 und 6.2 dargestellten Methode ermittelt.

Somit können mit dem Ökoindikator OIBS_{BGX} ökologische Auswirkungen von sanierten Konstruktionen und Gebäuden berechnet werden.

Der Einsatz von neuen Schichten bzw. von neuen Konstruktionen erhält in diesem Modell eine hohe OIBS_{BGX}-Punktezah, die Weiterverwendung bzw. der Einsatz von dauerhaften Schichten bzw. Konstruktionen wird durch eine niedrigere Punktezah ausgedrückt. Dadurch ist es auf einfache Art und Weise möglich ökologische Auswirkungen von thermischen Sanierungsprojekten zu bestimmen.

6. LITERATUR

- BTK 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
- BTK 2008 Passivhaus-Bauteilkatalog, Ökologisch bewertete Konstruktionen, IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie (Hrs.), ISBN 978-3-211-29763-6, SpringerWienNewYork, 2008
- 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.
- ecoinvent centre 2010 Database ecoinvent data v2.2. The Life Cycle Inventory. Hrsg. ecoinvent Centre, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, St. Gallen, 2010.
- Frischknecht 2003 Frischknecht R., Jungbluth N., et al. (2003). Implementation of Life Cycle Impact Assesment Methods. Final report ecoinvent 2000, Swiss Centre for LCI. Duebendorf, CH, www.ecoinvent.ch
- IBO-Richtwerte 2012 IBO-Richtwerte für Baumaterialien -- Wesentliche methodische Annahmen. Boogman Philipp, Mötzl Hildegund. Version 3, Stand Juli 2012, URL: http://www.ibo.at/documents/LCA_Methode_Referenzdaten_kurz.pdf
- Mötzl et al 2009 Mötzl H. (Projektleitung, IBO), Pladerer C. (Ökologie-Institut) et al.: ABC-Disposal – Assessment of Building and Construction – Disposal. Maßzahlen für die Entsorgungseigenschaften von Gebäuden und Konstruktionen für die Lebenszyklusbewertung. „Haus der Zukunft“ (BMVIT), FFG-Nr: 813974. Dezember 2009
- Mötzl et al 2012 BaubookPlus - Erweiterung einer umfassenden Wissensbasis für nachhaltiges Bauen. Unter Mitarbeit von Wurm Markus, Stanek Robert, Lipp Bernhard, Traummüller Robert, Oberhuber Bruno. IBO Österr. Institut für Bauen und Ökologie GmbH in Kooperation mit Energieinstitut Vorarlberg, Energie Tirol.

	Gefördert durch BMVIT – Haus der Zukunft. FFG-Projektnr. 822485. Endbericht vom 31.01.2012
ÖNORM EN 15804	Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltdeklarationen für Produkte – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte. Ausgabe: 2012-04-01
OIB-Leitfaden	OIB: Leitfaden für die Berechnung von Energiekennzahlen. Österreichisches Institut für Bautechnik, Nummer OIB-382-010/99, Wien 1999