

Methoden-Leitfaden „Graue Energie von Gebäuden“

Leitfaden zur Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude
im Rahmen der Siedlungsbewertung

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

Autorin: Hildegund Figl

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.

© 2017 IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH

Die jeweils aktuellste Version des Methoden-Leitfadens ist ab Freigabe unter <http://www.ibo.at/materialoekologie/lebenszyklusanalysen/> zu finden.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	4
1.1	Hintergrund	4
1.2	Ziel des Leitfadens und der Bewertungsmethode.....	5
1.3	Begriffe und Abkürzungen	5
1.3.1	Begriffe	5
1.3.2	Abkürzungen.....	7
2	Geltungsbereich.....	7
2.1	Betrachtungsgegenstand	7
2.1.1	Betrachtete Bauvorhaben.....	7
2.1.2	Abgrenzung Mobilität / Gebäude.....	7
2.1.3	Abgrenzung Errichtung / Betrieb.....	8
2.2	Mitgeltende Normen.....	8
3	Methode der Gebäudebilanzierung.....	8
3.1	Allgemeines.....	8
3.2	Indikatoren	8
3.3	Zeitlicher Bilanzrahmen.....	9
3.4	Lebensphasen.....	9
3.4.1	Betrachtete Lebensphasen (Systemgrenzen)	9
3.4.2	Begründung für das Weglassen von Lebenswegmodulen.....	10
3.5	Betrachtete Gebäudekomponenten	11
3.6	Datenquellen	12
3.6.1	Datenquellen für Bauteile.....	12
3.6.2	Datenquellen für Baumaterialien und Bauprozesse.....	12
3.7	Nutzungsdauer von Gebäuden und Gebäudekomponenten	13
3.7.1	Generelle Anmerkung	13
3.7.2	Nutzungsdauer von Gebäuden (Betrachtungszeitraum)	13
3.7.3	Nutzungsdauer von Gebäudekomponenten.....	13
3.7.4	Modellierung des Materialtausches über die Gebäudelebensdauer.....	14
3.7.5	Spezielle Fragestellungen der Ökobilanz.....	15
3.8	Empfehlung für die Darstellung der Ergebnisse.....	17
3.8.1	Überblick.....	17
3.8.2	Indikatoren für die Graue Energie des Gebäudes	18
3.8.3	Indikatoren für die Graue Energie von Photovoltaik-Anlagen.....	19
3.8.4	Modul D.....	20
4	Literatur.....	21
4.1	Normen und Regelwerke	21
4.1.1	Normen (nach Nummer sortiert).....	21
4.1.2	Leitfäden und Merkblätter	21
4.2	Datensammlungen und Tools.....	21
4.3	Weitere Literaturquellen	22

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Der vorliegende Leitfaden ist Bestandteil eines ganzheitlichen Bewertungssystems für Siedlungen, das zum Ziel hat, die internationalen Klimaschutzziele für Österreich zu operationalisieren. Ausgangspunkt ist das Schweizer Bewertungsmodell der 2000-W-Gesellschaft für Areale. Die Idee hinter der 2000-Watt-Gesellschaft ist, dass pro Person ungefähr 2000 Watt Dauerleistung auf Primärenergiestufe nachhaltig zur Verfügung stehen¹. Die damit verbundenen CO₂-Emissionen sollten eine Tonne pro Person und Jahr nicht übersteigen (2000watt.ch). Diese Ziele sollen für die Schweiz bis zum Jahr 2100 erreicht werden. Für das Jahr 2050 wurden als Zwischenziele 3500 Watt Primärenergiebedarf pro Person und 2 Tonnen Treibhausgasemissionen pro Person und Jahr festgelegt.

Im Rahmen des Projekts *Kennwerte Siedlungsbewertung für Errichtung, Betrieb und Mobilität in klimaverträglichen Siedlungen (2017)* wurden erste Schritte für die Anpassung der zentralen Bausteine an die Österreichischen Rahmenbedingungen gesetzt. Inhalt des Projekts war die Ableitung von spezifischen Richtwerten (pro m²) und spezifischen Zielwerten (pro Person). Im ersten Schritt wurden dabei betrachtet:

- die Sektoren Gebäudebetrieb, Graue Energie und Mobilität
- die Gebäudetypen Wohngebäude, Bürogebäude, Schulen und Kindergärten
- Neubautätigkeiten

Der vorliegende Leitfaden für die Berechnung der „Grauen Energie“ von Gebäuden ist ein Teil der Ergebnisse.

In den österreichischen Wohnbauförderungen und den Gebäudebewertungssystemen **klimaaktiv Bauen und Sanieren**² und Total Quality Building (TQB) kommt der Ökoindex OI3 zur Anwendung. Der Ökoindex OI3 wird aus den Indikatoren Primärenergieinhalt nicht erneuerbar (PENRT), Globales Erwärmungspotenzial (GWP) und Versäuerungspotenzial (AP) gebildet und bewertet die Herstellung des Gebäudes (in der erweiterten Fassung auch die Erneuerungs-/Austauschzyklen von Bauteilen). Für die Berechnung des Ökoindex OI3 werden die baubook-Referenzwerte für Baumaterialien und Haustechnikkomponenten bzw. produktspezifische Kennwerte, welche nach derselben Methode³ ermittelt wurden, herangezogen.

Diese Daten werden auf der nationalen Plattform für die Deklaration der ökologischen Qualität von Baustoffen, www.baubook.info, verwaltet. Die beiden Projektpartner IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH und Energieinstitut Vorarlberg (EIV) betreiben diese Plattform. Auf baubook befindet sich auch die Software eco2soft, welche das Basisinstrument für die Ökobilanzierung von Gebäuden in Österreich darstellt. Mit eco2soft kann der ökologische Impact von Gebäuden über den gesamten Lebenszyklus von der Herstellung der Bauteile und Haustechnikkomponenten über den Transport zur Baustelle, den Gebäudebetrieb mit Erneuerung/Austausch von Bauteilschichten bis zur Entsorgung des Gebäudes berechnet werden.

Für die Berechnung der „Grauen Energie“ in Gebäuden sind damit in Österreich gute Grundlagen gegeben. Aktuell läuft außerdem ein vom bm:vít gefördertes Kooperationsprojekt von EIV, IBO, baubook und weiteren Partnern (HEROES – Häuser für Energie und RessourcenEffiziente Siedlungen) zur Einbeziehung weiterer relevanter, jedoch bisher in den Gebäudebewertungssystemen nicht betrachteter Gebäudeteile in die OI3-Bilanzierung. Die Erkenntnisse aus HEROES können zukünftig auch

¹ Dies entspricht ca. 16 000 Milliarden Watt Dauerleistung für ca. 8 Milliarden Menschen.

² <https://www.klimaaktiv.at/bauen-sanieren/gebaeuedeklaration.html>

³ Methode der IBO-Richtwerte (<http://www.ibo.at/de/oekokennzahlen.htm>) bzw. Produktkategorieregeln der Bau-EPD GmbH (www.bau-epd.at)

für die Bilanzierung der „Grauen Energie von Gebäuden“ im Rahmen des hier beschriebenen Bewertungssystems herangezogen werden.

1.2 Ziel des Leitfadens und der Bewertungsmethode

Der vorliegende Leitfaden verfolgt das Ziel einer weitgehend einheitlichen Berechnung der „Grauen Energie“ von Gebäuden im Rahmen eines zukünftigen „ganzheitlichen Bewertungssystems für Siedlungen“.

Ökobilanzierungen von Gebäuden werden in Österreich vorwiegend im Rahmen von Gebäudebewertungssystemen und für Wohnbauförderungen mit reduzierten Bilanzrahmen durchgeführt. In den alltäglichen Planungsablauf haben Ökobilanzen noch keinen Eingang gefunden. Eine zu engagierte detailgenaue Berechnung der „Grauen Energie“ zu verlangen erscheint nicht zielführend. Die Bewertungsmethode soll stattdessen auf den bereits angewandten Ökobilanzierungsmethoden basieren und praxisverträgliche Erweiterungen vorsehen, welche einen überschaubaren Mehraufwand bei gleichzeitig relevantem Output hervorbringen.

Die Vorgaben für die Anwendungsbereiche Gebäudebetrieb / Betriebsenergie und Mobilität werden an anderer Stelle beschrieben.

1.3 Begriffe und Abkürzungen

1.3.1 Begriffe

1.3.1.1 Graue Energie

Die „Graue Energie“ beschreibt die gesamte Menge an Primärenergie, welche für alle über den gesamten Lebensweg eines Baumaterials stattfindenden Prozesse (Rohstoffgewinnung, Herstellung, Verarbeitung, Instandhaltung, Entsorgung, Transporte) aufgewendet wird.

Anmerkungen:

Wie im Schweizer Vorbild wird in der vorliegenden Studie außerdem das Klimaerwärmungspotenzial (Global Warming Potential) unter dem Begriff „Graue Energie“ subsumiert. Im Gegensatz zur Schweiz, wo nur die nicht erneuerbare Primärenergie bei der „Graue Energie“ von Gebäuden bewertet wird, wird hier auch die erneuerbare Primärenergie in die Betrachtung einbezogen.

Unter dem Begriff „Graue Energie“ werden im vorliegenden Leitfaden somit folgende Indikatoren subsumiert:

- PENRE Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie, als Energieträger
- PENRM Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie, als Rohstoff
- PENRT Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie, total (Summe aus PENRM und PENRE)
- PERE Bedarf an erneuerbarer Primärenergie, als Energieträger
- PERM Bedarf an erneuerbarer Primärenergie, als Rohstoff
- PERT Bedarf an erneuerbarer Primärenergie, total (Summe aus PERM und PERE)
- GWP C-Gehalt Globales Erwärmungspotenzial des in Biomasse gespeicherten Kohlenstoffs
- GWP Prozess Globales Erwärmungspotenzial der in Prozessen emittierten Treibhausgasemissionen
- GWP Summe Globales Erwärmungspotenzial, total (Summe aus GWP C-Gehalt und GWP Prozess)

Im Prinzip wird der ganze Lebensweg des Gebäudes betrachtet (Abschneidekriterien siehe Methoden der Gebäudebilanzierung). Nicht enthalten ist die Betriebsenergie des Bauobjekts. Sie ist immer parallel zur „Grauen Energie“ zu erfassen.

1.3.1.2 Primärenergie (PE)

Als Primärenergieinhalt (abgekürzt PE) wird der zur Herstellung eines Produkts oder einer Dienstleistung erforderliche Gesamtbedarf an energetischen Ressourcen bezeichnet. Die energetischen Ressourcen werden dabei in Form von Rohenergie, die noch keiner technischen Umsetzung oder Umwandlung und keinem Transport unterworfen sind, berechnet. Der PE wird in MJ angegeben und aus dem unteren Heizwert der eingesetzten energiehaltigen Ressourcen berechnet.

Im „PENR“ (primary energy, non renewable) wird der Primärenergieinhalt an nicht erneuerbaren Ressourcen (Erdöl, Kohle etc.) angeführt. Dabei werden folgende Indikatorwerte unterschieden:

- Der „PENRE“ enthält nur die energetisch genutzten Ressourcen.
- Der „PENRM“ enthält nur die stofflich genutzten Ressourcen.
- Der „PENRT“ enthält sowohl die energetisch als auch die stofflich genutzten Ressourcen.

Im „PER“ (primary energy, renewable) wird der Primärenergieinhalt an erneuerbaren Ressourcen (Biomasse) angeführt. Dabei werden folgende Indikatorwerte unterschieden:

- Der „PERM“ enthält nur die stofflich genutzten Ressourcen.
- Der „PERE“ enthält nur die energetisch genutzten Ressourcen.
- Der „PERT“ enthält sowohl die energetisch als auch die stofflich genutzten Ressourcen.

1.3.1.3 Beitrag der Treibhausgasemissionen zur Globalen Klimaerwärmung (GWP)

Das GWP (Global warming potential) beschreibt den Beitrag von Treibhausgasemissionen zur globalen Erwärmung. Die Beiträge der Treibhausgase werden über einen Zeithorizont von 100 Jahren und relativ zu Kohlendioxid bemessen und daher in kg-CO₂-Äquivalenten angegeben.

Der Indikator „GWP Prozess“ (bzw. GWP P) beschreibt den Beitrag der in den betrachteten Lebensphasen des Produktes auftretenden Treibhausgasemissionen zur globalen Erwärmung.

Der Indikator „GWP C-Gehalt“ (bzw. GWP C) beschreibt die während des Wachstums von Biomasse aus der Atmosphäre aufgenommene und über die Lebensdauer des Materials gespeicherte Menge an Kohlendioxid.

Der Indikator „GWP Summe“ (bzw. GWP T) beinhaltet sowohl den Beitrag der Treibhausgasemissionen zur globalen Erwärmung als auch die in Biomasse gespeicherten Kohlendioxidmengen.

1.3.1.4 Nutzungsdauer

Die Nutzungsdauer eines Baustoffs beginnt mit dem Einbau des Baustoffs in das betrachtete Gebäude und endet mit dem Ausbau.

Ausgangspunkt der Nutzungsdauer-Betrachtungen stellt die technische Lebensdauer dar. Die technische Lebensdauer ist definiert als jener Zeitraum, der sich von der Errichtung eines Gebäudes oder eines seiner Teile bis zum Verlust der funktionalen Anforderungen erstreckt. Die technische Lebensdauer wird außer von den materialinhärenten Eigenschaften von zahlreichen Faktoren wie Umwelteinflüssen, Nutzerverhalten oder Fehlern in der Planung und Ausführung beeinflusst.

In die Nutzungsdauer eines Baustoffs fließen außer den technischen Eigenschaften noch wirtschaftliche, ästhetische, komfortbezogene und wohnhygienische Ansprüche ein. Diese Ansprüche können bewirken, dass Bauteile früher ausgetauscht werden, als es ihrer technischen Lebensdauer entsprechen würde. Die technische Lebensdauer ist der maximal erreichbaren Nutzungsdauer gleichzusetzen.

1.3.2 Abkürzungen

A1-A3	Herstellungsphase
AP	Versauerungspotenzial von Boden und Wasser
B4	Ersatz von Baumaterialien
BGF	Bruttogrundfläche
EAW	Energieausweis
GWP	Global warming potential, Beitrag der Treibhausgasemissionen zur Globalen Klimaerwärmung (GWP)
GWP C	Globales Erwärmungspotenzial des in Biomasse gespeicherten Kohlenstoffs
GWP P	Globales Erwärmungspotenzial der in Prozessen emittierten Treibhausgasemissionen
GWP T	Globales Erwärmungspotenzial, total (Summe aus GWP C-Gehalt und GWP Prozess)
LCA	Ökobilanz (life cycle assessment)
M-%	Masseprozent
MVA	Müllverbrennungsanlage
OI3	Ökoindex OI3, ökologischer Indikator basierend auf GWP, AP und PENRT
PE	Bedarf an Primärenergie
PEE	Bedarf an nicht erneuerbarer und erneuerbarer Primärenergie, als Energieträger (Summe aus PENRE und PERE)
PENRE	Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie, als Energieträger
PENRM	Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie, als Rohstoff
PENRT	Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie, total (Summe aus PENRM und PENRE)
PERE	Bedarf an erneuerbarer Primärenergie, als Energieträger
PERM	Bedarf an erneuerbarer Primärenergie, als Rohstoff
PERT	Bedarf an erneuerbarer Primärenergie, total (Summe aus PERM und PERE)
TQB	Total Quality Building (österreichisches Gebäudebewertungssystem)

2 Geltungsbereich

2.1 Betrachtungsgegenstand

2.1.1 Betrachtete Bauvorhaben

Dieser Leitfaden gilt für die Ökobilanzierung von Neubauvorhaben. Er wurde an Hand von Berechnungen und Auswertungen von Wohn-, Büro-, Kindergarten- und Schulgebäuden erstellt, kann sinngemäß aber auch auf andere Gebäudekategorien übertragen werden.

In der entwickelten Bewertungsmethode und daher auch im vorliegenden Leitfaden noch nicht betrachtet werden damit folgende ökologisch relevante Bauvorhaben:

- Technische Infrastrukturbauten (Verkehrsinfrastruktur, Fernwärme-, Gas-, Wasserversorgung, Abwasserentsorgung)
- Sanierungs- und Bestandsbewertung

Eine Erweiterung der Methode auf diese Bereiche ist v.a. im Zusammenhang mit der Arealsbewertung als prioritär zu betrachten.

2.1.2 Abgrenzung Mobilität / Gebäude

Jeglicher Güterverkehr von Rohstoffen bis zur Fertigstellung des Baumaterials ist in der „Grauen Energie Gebäude“ enthalten. Der Transport der Baumaterialien ist dem Sektor „Graue Energie“ und nicht dem Sektor „Mobilität“ zugeordnet. Der Abtransport von Abfällen bzw. Recyclinggut nach dem Ausbau bzw. Abbruch von Gebäuden ist in den Richtwerten für die Entsorgung enthalten und wird damit ebenfalls dem Sektor „Graue Energie Gebäude“ zugeordnet.

Die technische Infrastruktur wird im entwickelten Bewertungssystem (noch) nicht behandelt. Sie sollte zukünftig als eigener Bereich („Graue Energie“ von Infrastrukturbauten) behandelt werden.

2.1.3 Abgrenzung Errichtung / Betrieb

Die ökologischen Aufwände für die Herstellung von Haustechnik-Komponenten werden dem Sektor „Graue Energie Gebäude“ zugeordnet.

Die Aufwände für die Errichtung von PV-Anlagen werden – gemeinsam mit den Erträgen der PV-Anlage (siehe Bereich „Gebäudebetrieb“) – separat dargestellt.

2.2 Mitgeltende Normen

Folgende Normenwerke bilden das grundlegende Regelwerk für die Durchführung von Ökobilanzen. Sie gelten sinngemäß für die im vorliegenden Leitfaden beschriebene Methode zur Berechnung der „Grauen Energie“ von Gebäuden.

- ÖNORM EN ISO 14040 Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen
- ÖNORM EN ISO 14044 Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen
- ÖNORM EN 15804 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltdeklarationen für Produkte – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte
- ÖNORM EN 15978 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode
- ÖNORM EN 16485 Rund- und Schnittholz – Umweltproduktdeklarationen – Produktkategorieregeln für Holz und Holzwerkstoffe im Bauwesen
- CEN/TR 16970 Nachhaltiges Bauen — Leitfaden für die Anwendung von EN 15804

3 Methode der Gebäudebilanzierung

3.1 Allgemeines

Allgemeine Grundlagen zur Methode der Ökobilanz werden als bekannt vorausgesetzt und nicht näher beschrieben. Es sei in diesem Zusammenhang auf die erwähnten Normen und die entsprechende Grundlagenliteratur verwiesen.

3.2 Indikatoren

Der Leitfaden gilt für die Berechnung folgender Ökobilanz-Indikatoren:

- PENRE – Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie, als Energieträger
- PENRM – Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie, als Rohstoff
- PENRT – Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie, total (Summe aus PENRM und PENRE)
- PERE – Bedarf an erneuerbarer Primärenergie, als Energieträger
- PERM – Bedarf an erneuerbarer Primärenergie, als Rohstoff
- PERT – Bedarf an erneuerbarer Primärenergie, total (Summe aus PERM und PERE)
- PEE – Bedarf an nicht erneuerbarer und erneuerbarer Primärenergie, als Energieträger (Summe aus PENRE und PERE)
- GWP C-Gehalt – Globales Erwärmungspotenzial des in Biomasse gespeicherten Kohlenstoffs
- GWP Prozess – Globales Erwärmungspotenzial der in Prozessen emittierten Treibhausgasemissionen
- GWP Summe – Globales Erwärmungspotenzial, total (Summe aus GWP C-Gehalt und GWP Prozess)

Hinweis: Diese Indikatoren stellen wichtige ökologische Bewertungsgrößen dar. Für eine umfassendere Beurteilung der Umweltbelastungen über den Lebensweg eines Gebäudes müssen weitere Parameter hinzugezogen werden.

3.3 Zeitlicher Bilanzrahmen

Alle Prozesse – auch wenn sie in der Zukunft liegen, wie zum Beispiel Materialersatz und Entsorgungsprozesse – werden mit jetzigen Technologien (Energieversorgung, Transporte etc.) bewertet.

Treibhausgasemissionen werden unabhängig vom Zeitpunkt ihrer Emissionen mit den aktuellen Wirkfaktoren (gemäß EN 15804) gewichtet. Ebenso werden die Primärenergie-Indikatoren unabhängig vom Zeitpunkt des Energieeinsatzes auf Basis des aktuell in der Hintergrunddatenbank ecoinvent hinterlegten Energiemix und mit aktuellen Konversionsfaktoren berechnet. Diese Herangehensweise stimmt mit dem Schweizer Bilanzierungskonzept zur 2000 W Gesellschaft überein⁴:

„Die Primärenergiefaktoren und Treibhausgasemissions-Koeffizienten können sich unter anderem auf Grund der folgenden Entwicklungen wesentlich verändern:

- *Änderung des Stromproduktions- und -liefermix in der Schweiz und in den Ländern, aus denen Strom importiert wird*
- *Änderungen in der Bereitstellung von Energieträgern (beispielsweise in Bezug auf die Versorgungssituation von Erdöl und Erdgas oder auf die Herstellung von Biogas) und der Herstellung von Produktionsanlagen (beispielsweise Photovoltaik-Module)*
- *Veränderung der Energieeffizienz von Transportprozessen und Prozessen der Materialherstellung*
- *Änderung der Netzinfrastruktur und der Speicherkapazitäten wegen einer vermehrten Stromproduktion durch Sonne und Wind*
- *Verbesserung des Wirkungsgrads von Solarenergie-Konvertern und Wärmepumpen – Markteinführung von CO₂-Sequestrationstechnologien*

Für die Beurteilung der Zielerreichung müssten grundsätzlich die zum maßgeblichen Zeitpunkt zutreffenden Primärenergiefaktoren und Treibhausgasemissions-Koeffizienten verwendet werden. Die zukünftige Entwicklung der Primärenergiefaktoren und Treibhausgasemissions-Koeffizienten lässt sich aber nur mit vielen Unsicherheiten abschätzen. Daher werden derzeit in der Regel die aktuellen Werte auch für die Berechnung des zukünftigen Primärenergiebedarfs und der zukünftigen Treibhausgasemissionen verwendet.“

3.4 Lebensphasen

3.4.1 Betrachtete Lebensphasen (Systemgrenzen)

Entsprechend der ÖNORM EN 15978 wird der Lebensweg des Gebäudes in die Herstellungsphase, Errichtungsphase, Nutzungsphase und Entsorgungsphase unterteilt, welche wiederum in weitere Teilabschnitte gegliedert werden. Außerhalb der Systemgrenze des Gebäudelebenszyklus liegt das sogenannte „Modul D“, in dem Vorteile und Belastungen durch Recycling oder Energierückgewinnung abgebildet werden können (z.B. Verbrennung von Altholz substituiert Verbrennung von Gas).

⁴ http://www.2000watt.ch/fileadmin/user_upload/2000Watt-Gesellschaft/de/Dateien/2000-Watt-Gesellschaft/Bilanzierungskonzept_2000-Watt-Gesellschaft.pdf

Lebensphase des Produkts	Nummer	Beschreibung	Betrachtet?
Herstellungsphase	A1	Rohstoffbeschaffung	o
	A2	Transport	o
	A3	Produktion	o
	A1-A3	Summe aus A1 bis A3	x
Errichtungsphase	A4	Transport	o
	A5	Errichtung / Einbau	
Nutzungsphase	B1	Nutzung	
	B2	Instandhaltung	
	B3	Instandsetzung	
	B4	Austausch	x
	B5	Modernisierung	
	B6	Energieverbrauch im Betrieb	
	B7	Wasserverbrauch im Betrieb	
Entsorgungsphase	C1	Rückbau/Abriß	o
	C2	Transport	o
	C3	Abfallbehandlung	o
	C4	Beseitigung	o
	C1-C4	Summe aus C1 bis C4	x
Gutschriften und Lasten	D	Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs-, Recyclingpotential	i

Tabelle 1: Lebenswegphasen („Module“) nach EN 15978

Die mit einem „x“ markierten Phasen sind in der vorliegenden Methode verpflichtend zu bilanzieren und auszuweisen. Für die Herstellungsphase und die Entsorgungsphase werden in der Regel aggregierte Kennwerte, d.h. die Summe von A1 bis A3 bzw. die Summe C1 bis C4 herangezogen. Optional können – bei entsprechender Datenlage – natürlich die Submodule auch einzeln berechnet und dann addiert werden („o“). Das „o“ bei Transporten in der Errichtungsphase (A4) bedeutet, dass die Betrachtung optional ist.

Das Modul D wird zugunsten der Transparenz nicht in das Bewertungssystem einbezogen. Das „i“ (für informativ) bedeutet, dass in einer eigenen Info-Box die Gutschriften und Lasten aus Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs-, Recyclingprozessen angezeigt werden sollen.

3.4.2 Begründung für das Weglassen von Lebenswegmodulen

Hauptmotiv für das Weglassen von Lebenswegphasen ist die Praxistauglichkeit und Anwenderfreundlichkeit der Methode. Der Aufwand soll in bewältigbaren Dimensionen bleiben. Als Orientierung gelten daher der in Österreich bereits weit verbreitete Ökoindex OI3 und die Schweizer Ökobilanzierungsmethode für die 2000 W Gesellschaft.

Nicht betrachtet werden wie bei der Schweizer Methode Baustellenprozesse (Entsorgung von Bestandsbauten, Urbarmachung von Baugrund, Aushubtätigkeiten, Einbau der Baumaterialien etc.). Dies ist eine in der Ökobilanzierung von Gebäuden übliche Vorgehensweise, denn die Beiträge der Baustellenprozesse zur „Grauen Energie“ von Gebäuden über den Lebenszyklus werden meist als vergleichsweise gering betrachtet. Dies ergaben auch etliche Studien zur Gebäudeökobilanz (z.B. LÜSNER 1996, BRUCK & FELLNER 2004, IMPRO 2008). In einer Analyse des IBO von Hochbauprojekten eines Infrastrukturunternehmens zeigte sich dagegen, dass vor allem Erdarbeiten einen durchaus relevanten Beitrag zu den Indikatoren der „Grauen Energie“ liefern können. Die Aufnahme von Baustellenprozessen in das Bewertungssystem sollte im Rahmen der Gebäudebewertungssysteme noch einmal auf Basis neuerer Daten untersucht werden.

Die Vernachlässigung von „A5 Errichtung / Einbau“ bedeutet, dass nicht nur Prozesse auf der Baustelle, sondern auch Materialverluste beim Einbau nicht berücksichtigt werden. Dadurch können z.B. bei Baumaterialien und Verlegeweisen, welche einen hohen Verschnitt verursachen, relevante ökologische Auswirkungen unberücksichtigt bleiben. Wie beim vorhergehenden Punkt wird dieser

Aspekt in Übereinstimmung mit der Schweizer Methode vernachlässigt, sollte aber in weiteren Studien näher untersucht werden.

B1 Nutzung, B2 Instandhaltung und B3 Instandsetzung sind auf Grund der geringen Energieaufwände in den betrachteten Indikatoren im Vergleich zu A1-A3, B4 und C1-C4 vernachlässigbar.

3.5 Betrachtete Gebäudekomponenten

Im ersten Schritt wurden nur Gebäude betrachtet, Außenanlagen wurden nicht berücksichtigt. Die Bilanzierung des Gebäudes sowie sonstiger Nebengebäude auf dem Grundstück erfolgt über die Bauteile. Die „Graue Energie“ des Bauteils im Gebäude wird berechnet aus den Indikatorwerten pro m² (oder m³) Bauteil multipliziert mit der Fläche (oder dem Volumen) des Bauteils („Bauteilmethode“).

Werden die Abmessungen nicht exakt erhoben, sollen für die Bauteile der thermischen Gebäudehülle die Bruttoflächen (Außenabmessungen) wie im EAW herangezogen werden. Für Innenbauteile können Nettoflächen verwendet werden.

Grundsätzlich sind sämtliche Bauteilschichten einer Konstruktion einzugeben. Hilfsstoffe (Schrauben, Klebstoffe etc.) und Beschichtungen können vernachlässigt werden. Ebenso können lineare Elemente am Rande von Bauteilen wie Dachrinnen, Fensterzargen usw. vernachlässigt werden.

Grundsätzlich sollten alle Bauteile und Komponenten eines Gebäudes berücksichtigt werden (Bilanzgrenze 6 gemäß OI-Leitfaden). Aus praktischer Sicht kann dies jedoch zu einem unverhältnismäßig hohen Erfassungsaufwand führen. In den Gebäudebewertungssystemen von klimaaktiv und Total Quality Building werden daher auch reduzierte Betrachtungen der Gebäudebestandteile zugelassen (Bilanzgrenze BG0 bzw. BG3 gemäß OI Leitfaden). Die folgende Tabelle zeigt die in den beiden Bilanzgrenzen vorgesehenen Gebäudekomponenten:

BG0	Konstruktionen der thermischen Gebäudehülle exkl. Dacheindeckung, Feuchtigkeitsabdichtungen, hinterlüftete Fassaden zuzüglich Zwischendecken Keine Berücksichtigung von Nutzungsdauern und Austauschzyklen von Baumaterialien
BG3	Baukörper komplett: vollständige Konstruktionen der thermischen Gebäudehülle (inkl. Abdichtungen, hinterlüfteter Fassaden, Dachhaut, ..), inkl. Zwischendecken, Innenwände, -türen, -fenster, inkl. aller Bauteile des Kellers, nicht-konditionierter Puffer- und Nebenräume im Baukörper, Tiefgaragen exkl. offener Stiegenhäuser, Laubengänge, Feuerstiegen, exkl. Außenanlagen und Erschließungswege am Grundstück, exkl. kleinerer Nebengebäude, exkl. TGA Berücksichtigung von Nutzungsdauern und Austauschzyklen von Baumaterialien

Wie auch im Projekt HEROES gezeigt wurde, werden in der Bilanzgrenze BG0 relevante Umweltwirkungen vernachlässigt. Für die vorliegende Bewertung gilt daher die Bilanzgrenze BG3 mit folgenden Erweiterungen:

- Die „Graue Energie“ von Photovoltaikanlagen ist zu erfassen, wird jedoch nicht als Bestandteil der „Grauen Energie“ von Gebäuden, sondern als eigener Aspekt (siehe auch Kapitel „Abgrenzung“).
- Wesentliche Elemente der Haustechnik (mit Ausnahme von Photovoltaikanlagen) sollten erfasst werden. Sie können entweder genau bilanziert werden oder mit den in Tabelle 2 angeführten Defaultwerten für die unterschiedlichen Gebäudetypen angesetzt werden.

Ausnahme: Besonders aufwändige, nicht übliche Haustechnik-Komponenten wie z.B. große thermische Solarspeichersysteme, Tiefbohrsonden oder Batteriespeicher sollten zusätzlich erfasst werden.

- Aufwändige Nebengebäude wie Hochgaragen etc. sind zu berücksichtigen. Carports, Gartenhäuser, Fahrradboxen, Trafostationen etc. können vernachlässigt werden.

	PENRT	PENRE	PENRM	PERT	PERE	PERM	GWP	GWP C
Gebäudetyp	kWh/ m ² _{BGF}	kWh/ m ² _{BGF}	kWh/ m ² _{BGF}	kWh/ m ² _{BGF}	kWh/ m ² _{BGF}	kWh/ m ² _{BGF}	kgCO ₂ eq/ m ² _{BGF}	kgCO ₂ eq/ m ² _{BGF}
Einfamilienhaus	578	578	0	46	46	0	168	0
Wohnhausanlage	346	346	0	31	31	0	80	0
Bürogebäude	519	519	0	46	46	0	120	0
Kindergarten	578	578	0	46	46	0	168	0
Schule	346	346	0	31	31	0	80	0

Tabelle 2: Defaultwerte für Haustechnikanlagen

3.6 Datenquellen

3.6.1 Datenquellen für Bauteile

Im baubook Rechner für Bauteile (<https://www.baubook.info/BTR/>) sind vorgefertigte Beispielbauteile zu finden, die kopiert und bearbeitet werden können. Es können Schichten gelöscht, neue hinzugefügt, die Reihenfolge der Schichten und die Schichtdicken geändert werden. Die Beispielaufbauten sind auch direkt aus eco2soft, dem Ökobilanzrechner für Gebäude auf baubook, aufrufbar und bearbeitbar.

Datenquelle der Beispielaufbauten für den Neubaubereich ist der IBO Passivhaus-Bauteilkatalog [WALTJEN, ZELGER et al 2008]. Dieser umfasst 68 Regelquerschnitte in zwei Varianten.

3.6.2 Datenquellen für Baumaterialien und Bauprozesse

Für die Berechnung der „Grauen Energie“ sind die baubook Richtwerte bzw. produktspezifische Werte, welche nach den Produktkategorieregeln der Bau EPD GmbH berechnet wurden und auf der Hintergrunddatenbank ecoinvent beruhen⁵, heranzuziehen, da in diesem Fall die methodische Übereinstimmung mit den Richtwerten gegeben ist.

3.6.2.1 Baubook Richtwerte

Für die baubook Richtwerte werden die Ökobilanzindikatoren der IBO-Richtwerte für Baumaterialien mit den bauphysikalischen Daten aus baubook (Rohdichte, Wärmeleitfähigkeit) kombiniert.

Die IBO-Richtwerte für Baumaterialien und Haustechnikkomponenten sind stufenkumuliert über alle Prozesse von der Rohstoffgewinnung bis zum Ende der Produktionsphase bilanziert (Cradle to Gate, Module A1 bis A3 gemäß ÖNORM EN 15804).

Die Basisdaten für allgemeine Prozesse wie Energieträger, Transportsysteme etc. stammen aus ecoinvent. Die Sachbilanzdaten aller Prozesse werden in die Datenbank der SimaPro 7 LCA Software eingegeben, mit den Basis-Datensätzen (generische Daten) verknüpft und hochgerechnet.

Die spezifischen Rahmenbedingungen und methodischen Vorgaben der IBO-Richtwerte sind unter <http://www.ibo.at/de/oekokennzahlen.htm> veröffentlicht.

⁵ Aufnahmekriterien für produktspezifische Ökobilanzdaten in die baubook

Die Daten werden in der Regel pro kg Baumaterialien angegeben, für einzelne Baumaterialien auch pro m², m oder Stück. Die Umrechnung von 1 kg Baumaterial auf die funktionale Einheit 1 m² Bauelement erfolgt in der Regel entweder direkt über das Flächengewicht oder über die Multiplikation mit der Schichtdicke, der Rohdichte und (bei inhomogenen Bauteilschichten) den prozentuellen Anteilen der unterschiedlichen Baustoffe.

Die baubook Richtwerte können nach vorheriger Registrierung kostenfrei unter <https://www.baubook.at/oekoindex/> aufgerufen bzw. via xml-Schnittstelle in Berechnungsprogramme eingelesen werden. Über die baubook Schnittstelle können auch alle in baubook deklarierten produktspezifischen Daten abgerufen werden.

Grundsätzlich wird empfohlen, immer mit der letztgültigen Fassung der baubook-Richtwerte zu rechnen. Falls die Gebäudeökobilanz für weitere Bewertungssysteme benötigt wird, in denen ältere Fassungen der baubook Richtwerte gelten, können auch diese verwendet werden, um zusätzlichen Berechnungsaufwand zu vermeiden.

Produktspezifische Daten

Produktspezifische Ökobilanzdaten sollen grundsätzlich den in den „Ökobilanzregeln der Bau-EPD“ (<http://www.bau-epd.at>) festgelegten Regeln für die Erstellung von Ökobilanzen entsprechen. Die Ökobilanzregeln umfassen:

- PKR-Teil A: Allgemeine Regeln für Ökobilanzen und Anforderungen an den Hintergrundbericht (Projektbericht). Allgemeine Programmanleitungen aus dem Programm für EPDs (Environmental Product Declarations) der Bau-EPD GmbH, igF
- Produktkategorieregeln (PKR-Teil B) der Bau-EPD GmbH (sofern bereits vorhanden)

Die Ökobilanzregeln der Bau-EPD GmbH beruhen auf:

- ÖNORM EN 15804 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltdeklarationen für Produkte – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukt. Ausgabe: 2012-04-01
- sowie alle anderen in den „Ökobilanzregeln der Bau-EPD“ referenzierten Normen.

Die Ökobilanzen sollen auf ecoinvent-Hintergrunddaten (für Energiesysteme, Transportsysteme, Basismaterialien, Entsorgungsprozesse und Verpackungsmaterialien) bzw. auf mit ecoinvent kompatiblen Datenquellen beruhen.

Anmerkung: Die Hintergrunddatenbank von GaBi („Ganzheitliche Bilanzierung“) wird derzeit nicht generell als mit ecoinvent kompatibel angesehen.

3.7 Nutzungsdauer von Gebäuden und Gebäudekomponenten

3.7.1 Generelle Anmerkung

Die Nutzungsdauer von Gebäuden, Bauteilen und Baustoffen spielt eine wesentliche Rolle für die ökologische Gebäudequalität. Gebäudekomponenten, die doppelt so lange halten wie Alternativprodukte, könnten mit höherem Aufwand hergestellt werden und dennoch in der Gesamtbetrachtung ökologisch besser abschneiden.

3.7.2 Nutzungsdauer von Gebäuden (Betrachtungszeitraum)

Im Einklang mit der OI3-Methode wird für alle untersuchten Gebäudetypen (Wohn-, Büro- und Schulgebäude) ein Betrachtungszeitraum von 100 Jahren festgelegt. Die Nutzungsdauer von Gebäuden wird als dem Betrachtungszeitraum entsprechend angenommen.

3.7.3 Nutzungsdauer von Gebäudekomponenten

Für die Nutzungsdauern von Gebäudekomponenten stehen zwei Quellen mit Vorschlagswerten zur Verfügung. Auf Grund der vielen Einflussfaktoren kann eine Nutzungsdauerprognose nur am

konkreten Gebäude unter Kenntnis der konkreten Einbaubedingungen erfolgen. Die Vorschlagswerte können (und sollen) daher durch gebäude- und produktspezifische Werte ersetzt werden.

baubook-Vorschlagswerte für Nutzungsdauern von Gebäudekomponenten

Der baubook Rechner für Gebäude unterstützt die Eingabe von Nutzungsdauern durch Vorschlagswerte. Die Vorschlagswerte sind materialunabhängig und orientieren sich an der Funktion der Bauteilschicht im Gebäude:

- Primärkonstruktion – Tragkonstruktion: 100 Jahre
- Sekundärkonstruktion – außer: Fenster, Gebäudeabdichtung: 50 Jahre
- Fenster: 35 Jahre
- Gebäudeabdichtung: 25 Jahre
- Tertiärkonstruktion - Boden- und Wandbeläge, Technische Ausstattung: 25 Jahre
- Boden- und Wandbeschichtungen: 10 Jahre

Vorschlagswerte auf Basis eines detaillierteren Nutzungsdauermodells

Ein detaillierteres Nutzungsdauer-Modell wurde vom IBO im Projekt „Nachhaltig Massiv – Nutzungsdauern von Baustoffen und Bauteilen“ erarbeitet (Kurzfassung publiziert in ZELGER et al, 2009, Baustoffliste mit Nutzungsdauern publiziert unter www.ibo.at/de/ecosoft.htm). In dieser Arbeit wurde der Weg beschritten, auf Grund von statistischen Auswertungen, vertiefenden Analysen und übergeordneten Plausibilitätsüberlegungen zu belastbaren maximalen Nutzungsdauern zu kommen. Der Katalog wird von der Bau EPD GmbH laufend aktualisiert und ist auf deren Website abrufbar.

3.7.4 Modellierung des Materialtausches über die Gebäudelebensdauer

3.7.4.1 Modellierung der Austauschraten

Aus den angenommenen Nutzungsdauern resultieren Austauschraten für die Baumaterialien. Die ÖNORM EN 15978 sieht nur ganzzahlige Austauschraten vor. Da die vorliegende Methode in Einklang mit den gängigen Normen sein soll, wird diese Vorgangsweise hier übernommen – trotz der durch die Rundung verursachten eingeschränkten Differenzierungsmöglichkeiten.

Das vereinfachte Gebäudebilanzierungsmodell sieht vor, dass das Baumaterial jedes Mal mit dem gleichen ökologischen Aufwand hergestellt wird. Das bedeutet, dass die Ökobilanz-Indikatoren für die Herstellung mit der Austauschrate multipliziert werden.

Zu beachten ist, dass das Ende der Nutzungsdauer einer Bauteilschicht auch den Ausbau und/oder die Zerstörung anderer Bauteilschichten bedingen kann, deren Nutzungsdauer noch lange nicht erreicht wäre.

Für Bauteilschichten, die nicht ausbaubar sind, wird die Nutzungsdauer des Gebäudes angenommen. Bestehen Annahmen, dass diese Bauteilschichten die Nutzungsdauer des Gebäudes verkürzen, so ist der Defaultwert für die Nutzungsdauer des Gebäudes durch die angenommene Nutzungsdauer der Bauteilschicht zu ersetzen.

3.7.4.2 Modellierung des GWP C in der Nutzungsphase

Einen Spezialfall stellt die Berechnung des GWP des im Material gespeicherten biogenen Kohlenstoffs (GWP C) dar. Bei jedem Materialtausch wird das GWP C ausgebucht. Das bedeutet, dass das GWP C nur einmal (für die Ersterrichtung) angerechnet wird. Für die Nutzungsphase (B4) ist das GWP C gleich Null.

3.7.5 Spezielle Fragestellungen der Ökobilanz

3.7.5.1 Stofflich gebundene Primärenergie (PENRM, PERM)

Im PENRM und im PERM wird die im Baumaterial gebundene Energie bewertet. Diese Energie ist noch nicht verbraucht und steht nach der Entsorgungsphase als verwertbare Energie zur Verfügung. Für den Zeitpunkt der Entsorgung der Baumaterialien wird in guter Übereinstimmung mit der gängigen Bau- und Entsorgungspraxis angenommen:

- dass kein brennbares Altmaterial in relevanten Mengen deponiert wird.
- dass die brennbaren Altmaterialien energetisch verwertet und nicht ungenutzt beseitigt werden.
- dass die Menge an nicht rückgewinnbaren brennbaren Altmaterialien (z.B. in mineralischen Bindemitteln eingeschlossenes Material) im Vergleich zu den rückgewinnbaren Mengen vernachlässigbar ist.
- dass die Energie brennbarer Altmaterialien, welche stofflich recycelt werden, nach dem Durchlaufen weiterer Lebenszyklen erhalten bleibt.

Die Indikatoren PENRM und PERM werden daher in den Richt- und Zielwerten nicht berücksichtigt, sondern dafür verwendet, Informationen über die im Gebäude gebundene verwertbare Energie zu geben.

3.7.5.2 Stofflich gebundener Kohlenstoff

Biogen gebundener Kohlenstoff

Während des Wachstums wird vom Baum (bzw. anderen biogenen Rohstoffen) Kohlendioxid aus der Atmosphäre aufgenommen. Dieses bleibt als Kohlenstoff bis zur Oxidation des Holzes (z.B. durch Verbrennung) im jeweiligen Holzprodukt gespeichert. Diese biogenen Kohlenstoffflüsse sind entsprechend der Vorschriften in der ÖNORM EN 16485 bzw. der CEN/TR 16970 zu bilanzieren.

Zur Modellierung des GWP C über den Lebenszyklus siehe auch „Modellierung des GWP C in der Nutzungsphase“ und „End of life“

Karbonatisierung

Bei der Zementherstellung fallen durch das Brennen von Kalkstein nicht nur CO₂-Emissionen durch den dafür erforderlichen Brennstoff an, sondern auch sogenannte Prozessemissionen. Diese entstehen durch das Brennen von Kalkstein, wobei Kalziumkarbonat CaCO₃ in Kalziumoxid CaO durch Abgabe von CO₂ umgewandelt wird. Diese Prozessemissionen sind, zumindest teilweise, im Rahmen eines Prozesses der sich (Re-) Karbonatisierung nennt, umkehrbar. Dieser Prozess findet im kompletten Lebenszyklus des zementhaltigen Bauproduktes statt und hängt von verschiedenen Faktoren wie Festigkeit und Porosität des Baustoffes, aber auch vom Umgebungsklima (Feuchtigkeit, Temperatur etc.) sowie der Einbausituation (abgedeckt, eingegraben etc.) ab.

Der aktuelle Entwurf der EN 16757 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltdeklarationen für Produkte – Produktkategorieregeln für Beton und Betonelemente (ÖNORM FprEN 16757, 2017) stellt im informativen, also nicht verpflichtenden Annex BB einen Berechnungsleitfaden für die CO₂-Aufnahme bei der Karbonatisierung zur Verfügung. Es handelt sich dabei um eine reduzierte Form der Berechnung wie sie auch in (Xi et al., 2016) vorgestellt wird. Für Mörtel und Putze wird (noch) keine Berechnungsmethode zur Verfügung gestellt.

Generell ist festzuhalten, dass aufgrund der vielfältigen, möglichen Szenarien für diese Lebensphasen eine allgemeingültige, konkrete Aussage nicht möglich ist. Die Karbonatisierung wird daher (vorerst) nicht berücksichtigt.

3.7.5.3 CO₂-Emissionszertifikate

Kauf oder Verkauf von CO₂-Emissionszertifikaten darf bei der Bilanzierung der Treibhausgasemissionen von Baumaterialien, Gebäuden oder Regionen nicht angerechnet werden.

3.7.5.4 End of life

In den österreichischen Gebäudebewertungssystemen wird die Entsorgung derzeit qualitativ (mit dem Entsorgungsindikator EI) bewertet. Bis die Entsorgungsphase auch in der Ökobilanz berücksichtigt wird, wird folgende Vorgangsweise als Alternative zur genauen Ökobilanzierung angeboten:

- Das GWP C des in biogenen Materialien gespeicherten Kohlenstoffs muss in der Entsorgungsphase normgemäß⁶ wieder ausgebucht werden:
 - Das GWP C für die Entsorgungsphase der Baumaterialien der Herstellungsphase (C1-C4 aus A1-A3) entspricht daher dem positiven Werte des GWPC in der Herstellung.
 - Für die Nutzungsphase (B4) ist die Ausbuchung des gespeicherten CO₂ von Materialien, die in die Entsorgung gehen, bereits berücksichtigt und somit im GWPC-Gehalt enthalten (siehe Kapitel „Modellierung des GWP C in der Nutzungsphase“)
- Die prozessbezogenen Indikatoren (PENRE, PERE und das GWP P) für die Entsorgung der Baumaterialien aus der Herstellungsphase (C1-C4 aus A1-A3) werden mit Hilfe der Gesamtmasse des Gebäudes und folgender Basisannahmen abgeschätzt:
 - Betone und Estriche nehmen in der Mehrheit der Gebäude den weitaus größten Masseanteil ein.
 - Der Primärenergiebedarf und das GWP unterscheiden sich nicht wesentlich zwischen dem Recycling und der Deponierung von mineralischen Baurestmassen, weil die Deponierung von mineralischen Baurestmassen selbst wenig Energieaufwand benötigt und keine Treibhausgasemissionen verursacht.
 - Der IBO-Richtwert „Beton zur Deponierung“ enthält einen höheren Aufwand für den Abbruch als die Datensätze für die mineralischen Baurestmassen bzw. für das Recycling.

Im Sinne eines Worst-Case Szenarios wird daher für die gesamte Gebäudemasse der IBO-Richtwert „Beton zur Deponierung“ um den PENRE, PERE und das GWP P der Entsorgungsphase abzuschätzen. Vergleiche zwischen berechneten und abgeschätzten Ergebnissen zeigten gute Übereinstimmung (in der Größenordnung von 10 % bei insgesamt geringer Bedeutung dieser Indikatorwerte – weit unter 10 % – im Lebenszyklus).

- Die Gesamtmasse des Gebäudes wird z.B. in der Bilanzierungssoftware eco2soft mitberechnet.
- Die Entsorgungsphase für die über den Lebenszyklus des Gebäudes ausgetauschten Baumaterialien wird vernachlässigt (geringe Masse im Vergleich zur Herstellung).
- Die Entsorgung von Haustechnikkomponenten kann derzeit wegen der fehlenden Datensätze nicht berücksichtigt werden.

3.7.5.5 Transporte zur Baustelle (A4)

In der Bilanzierungssoftware eco2soft besteht die Möglichkeit die Baumaterialtransporte zur Baustelle detailliert zu berechnen. Alternativ können die Belastungen durch den Transport zur Baustelle wie bei der Entsorgung aus der Gesamtmasse des Gebäudes abgeschätzt werden. Es wird dabei angenommen, dass alle Baumaterialien im Durchschnitt über 100 km und mit einem 16t-LKW transportiert werden.

⁶ ÖNORM EN 16485 bzw. CEN/TR 16970 („Guidance Document“)

3.8 Empfehlung für die Darstellung der Ergebnisse

3.8.1 Überblick

In die Bewertung im Rahmen der 2000-W-Gesellschaft fließt die Summe der Indikatorwerte über den gesamten Lebensweg (Modul A bis C) ein. Im Sinne der Transparenz sollen „Graue Energie“-Indikatoren für die Herstellung (A1-A3, B4) und die Entsorgung (C1-C4) getrennt ausgewiesen werden. Eine getrennte Darstellung der Ergebnisse der Erstherstellung (A1-A3) von der Herstellung der im Modul B4 ausgetauschten Baumaterialien wird ebenfalls empfohlen.

Ebenso sollen allfällige weitere berücksichtigte Lebensphasen (z.B. A4 Transporte) separat dargestellt werden.

Die potenziellen Einsparungen durch Recycling oder thermische Verwertung werden im Modul D als zusätzliche Parameter geführt, die nicht in die „Graue Energie“ des Gebäudes einberechnet werden dürfen.

Die „Graue Energie“ für die Belastung durch die Herstellung von Photovoltaikanlagen wird ebenfalls in einem eigenen Bereich (gemeinsam mit den Ergebnissen für den Betrieb) dargestellt.

Die Indikatorwerte können absolut oder bezogen auf unterschiedliche Bezugsgrößen dargestellt werden. Für die Berechnung des Richtwerts im Rahmen der 2000-W-Gesellschaft für Areale ist die konditionierte BGF (Bruttogrundfläche) gem. ÖN B 8110-6 heranzuziehen. In Summe ergeben sich damit die im Folgenden dargestellten Indikatorwerte.

3.8.2 Indikatoren für die Graue Energie des Gebäudes

Indikator	Werte für A1-A3, B4 ¹ Herstellung		Werte für C1-C4 Entsorgung		Gesamter Lebenszyklus	
	Gesamtgebäude	pro m ² _{BGF} ^{2,3}	Gesamtgebäude	pro m ² _{BGF} ^{2,3}	Gesamtgebäude	pro m ² _{BGF} ^{2,3}
Nicht erneuerbare Primärenergie						
PENRM in MJ oder kWh						
PENRE in MJ oder kWh						
PENRT in MJ oder kWh						
Erneuerbare Primärenergie						
PERM in MJ oder kWh						
PERE in MJ oder kWh						
PERT in MJ oder kWh						
Energetisch genutzte Primärenergie						
PEE in MJ oder kWh						
Globales Erwärmungspotenzial						
GWP C-Gehalt in kg CO ₂ -eq						
GWP Prozess in kg CO ₂ -eq						
GWP Summe in kg CO ₂ -eq						

1 Alternative: Getrennte Darstellung von A1-A3 (Herstellung der Gebäudekomponenten für die Errichtung), B4 (Herstellung der ersetzten Gebäudekomponenten)

2 Angabe pro m² BGF optional (die Umrechnung kann auch erst bei der Analyse der Richtwerterreichung erfolgen)

3 Optional können zusätzlich auch die Werte pro m²_{BGF} und Jahr angeführt werden

3.8.3 Indikatoren für die Graue Energie von Photovoltaik-Anlagen

Indikator	Werte für A1-A3, B4 ¹ Herstellung		Werte für C1-C4 Entsorgung		Gesamter Lebenszyklus	
	Gesamtgebäude	pro m ² _{BGF} ^{2,3}	Gesamtgebäude	pro m ² _{BGF} ^{2,3}	Gesamtgebäude	pro m ² _{BGF} ^{2,3}
Nicht erneuerbare Primärenergie						
PENRM in MJ oder kWh						
PENRE in MJ oder kWh						
PENRT in MJ oder kWh						
Erneuerbare Primärenergie						
PERM in MJ oder kWh						
PERE in MJ oder kWh						
PERT in MJ oder kWh						
Energetisch genutzte Primärenergie						
PEE in MJ oder kWh						
Globales Erwärmungspotenzial						
GWP C-Gehalt in kg CO ₂ -eq						
GWP Prozess in kg CO ₂ -eq						
GWP Summe in kg CO ₂ -eq						

1 Alternative: Getrennte Darstellung von A1-A3 (Herstellung der Gebäudekomponenten für die Errichtung), B4 (Herstellung der ersetzten Gebäudekomponenten)

2 Angabe pro m² BGF optional (die Umrechnung kann auch erst bei der Analyse der Richtwerterreichung erfolgen)

3 Optional können zusätzlich auch die Werte pro m²_{BGF} und Jahr angeführt werden

3.8.4 Modul D

Indikator	Werte für stoffliches Recycling		Werte für thermische Verwertung		Gesamt	
	Gesamtgebäude	pro m ² _{BGF} ¹	Gesamtgebäude	pro m ² _{BGF} ¹	Gesamtgebäude	pro m ² _{BGF} ¹
Nicht erneuerbare Primärenergie						
PENRM in MJ oder kWh						
PENRE in MJ oder kWh						
PENRT in MJ oder kWh						
Erneuerbare Primärenergie						
PERM in MJ oder kWh						
PERE in MJ oder kWh						
PERT in MJ oder kWh						
Energetisch genutzte Primärenergie						
PEE in MJ oder kWh						
Globales Erwärmungspotenzial						
GWP C-Gehalt in kg CO ₂ -eq						
GWP Prozess in kg CO ₂ -eq						
GWP Summe in kg CO ₂ -eq						

1 Angabe pro m² BGF optional (die Umrechnung kann auch erst bei der Analyse der Richtwerterreichung erfolgen)

4 Literatur

4.1 Normen und Regelwerke

4.1.1 Normen (nach Nummer sortiert)

ÖNORM EN ISO 14040	Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen
ÖNORM EN ISO 14044	Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen
ÖNORM EN 15804	Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltdeklarationen für Produkte – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte. Wien: Österreichisches Normungsinstitut (Ausgabe 2012-04-01)
ÖNORM EN 15978	Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bestimmung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode
ÖNORM EN 16485	Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltdeklarationen für Produkte – Produktkategorieregeln für Beton und Betonelemente. Wien: Österreichisches Normungsinstitut (Ausgabe 2014-05-01)
ÖNORM FprEN 16757	Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltdeklarationen für Produkte – Produktkategorieregeln für Beton und Betonelemente. Wien: Österreichisches Normungsinstitut. Entwurf (2017)
CEN/TR 16970	Nachhaltiges Bauen — Leitfaden für die Anwendung von EN 15804

4.1.2 Leitfäden und Merkblätter

Merkblatt SIA 2032	Graue Energie von Gebäuden. Schweizer Ingenieur- und Architektenkammer. Zürich, 2010.
Merkblatt SIA 2040	SIA-Effizienzpfad Energie. Ausgabe 2011. Schweizer Ingenieur- und Architektenkammer. Zürich, 2011.
OI3-Berechnungsleitfaden	OI3 Indikator– Leitfaden zur Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude. IBO – Österr. Institut für Bauen und Ökologie GmbH. Stand März 2016 Version 3.1. Zugriff: https://www.ibo.at/materialoekologie/lebenszyklusanalysen/oekoindex-oi3/
OI3-Berechnungsleitfaden 4.0	Leitfaden zur Berechnung des Oekoindex OI3 für Bauteile und Gebäude. IBO – Österr. Institut für Bauen und Ökologie GmbH. Version 4.0, Veröffentlichung für 2018 geplant. Zugriff: https://www.ibo.at/materialoekologie/lebenszyklusanalysen/oekoindex-oi3/

4.2 Datensammlungen und Tools

2000-Watt	http://www.2000watt.ch
baubook	Web-Plattform baubook: www.baubook.info Zugriff auf Richtwerte: https://www.baubook.info/zentrale (Registrierung erforderlich)
eco2soft	baubook eco2soft – ökobilanz für gebäude. Zugriff: https://www.baubook.info/eco2soft/ (Registrierung erforderlich)
ecoinvent	ecoinvent database. Hrsg. Ecoinvent, Technoparkstraße 1, 8005 Zurich. Zugriff: http://www.ecoinvent.org/database/database.html

4.3 Weitere Literaturquellen

BAUBOOK 2017	Aufnahmekriterien für produktspezifische Ökobilanzdaten in die baubook. DOI: http://www.baubook.info/Download/Aufnahmekriterien_Oekobilanzdaten.pdf (Letzter Zugriff: 30.06.2017)
BRUCK, FELLNER 2004	Bruck, M., Fellner, M.: Externe Kosten im Hochbau, Band III: Externe Kosten: Referenzgebäude und Wärmeerzeugungssysteme (Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA), in Zusammenarbeit mit dem Österreichischen Ökologie-Institut und dem iff, Klagenfurt, Wien, 2004)
HEROES	Energieinstitut Vorarlberg, IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH et al.: HEROES - Häuser für Energie und Ressourcen-Effiziente Siedlungen. FFG 845178, noch nicht veröffentlichte Ergebnisse (Veröffentlichung voraussichtlich Ende 2017)
IBO 2017	IBO-Richtwerte für Baumaterialien – Wesentliche methodische Annahmen. Boogman P., Figl H., Wurm M. Version 3.1, Sept 2017. URL: https://www.ibo.at/materialoekologie/lebenszyklusanalysen/ibo-richtwerte-fuer-baumaterialien/
IMPRO 2008	IMPRO-Building Environmental Improvement Potentials of Residential Buildings European Commission. Joint Research Centre Institute for Prospective Technological Studies. Authors: Françoise Nemry & Andreas Uihlein. JRC Scientific and Technical Reports EUR 23493 EN – 2008
LÜSNER 1996	Lüsner H: Ganzheitliche Bilanzierung im Bauwesen. Ganzheitliche Bilanzierung von Ingenieurbauwerken. In: Eyerer P (Ed.): Ganzheitliche Bilanzierung. Werkzeug zum Planen und Wirtschaften in Kreisläufen. Springer, Berlin 1996
UrbanAreaParameter	Richt- und Zielwerte für Siedlungen zur integralen Bewertung der Klimaverträglichkeit von Gebäuden und Mobilitätsinfrastruktur in Neubausiedlungen (FFG-Nummer 853955). O. Mair am Tinkhof, H. Strasser (SIR – Salzburger Institut für Raumordnung und Wohnen); T. Prinz, S. Herbst (Research Studios Austria Forschungsgesellschaft mbH); M. Schuster, R. Tomschy (HERRY Consult GmbH); H. Figl, M. Fellner, I. Dornigg (IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH); M. Ploß, T. Roßkopf (Energieinstitut Vorarlberg). Endbericht vom 20.09.2017
WALTJEN, ZELGER et al 2008	Zelger T., Waltjen T. et al: PH-Sanierungsbauteilkatalog: Zweite Ausbaustufe PH-SanPlus. AutorInnen: Zelger Thomas, Mötzl Hildegund, Scharnhorst Astrid, Waltjen Tobias (IBO); Wegerer Paul, Neusser Maximilian, Bednar Thomas (TU Wien). Herausgeber: bmvit. Schriftenreihe 48/2012- Deutsch, DOI: http://www.hausderzukunft.at/results.html/id6072
Xi, F., et al. (2016)	Substantial global carbon uptake by cement carbonation. nature geoscience, S. 880-887.
ZELGER et al (2009)	Erweiterung des OI3-Index um die Nutzungsdauer von Baustoffen und Bauteilen. Forschungsinitiative „Nachhaltig Massiv“, Arbeitspaket 3, gefördert aus Mitteln des Programms „ENERGIE DER ZUKUNFT“ und des Fachverbands der Stein- und keramischen Industrie der Wirtschaftskammer Österreich. Endbericht vom 22.10.2009. Zugriff: http://www.ibo.at/de/forschung/documents/Nachhaltigmassiv_AP3Nutzungsdauer_Endbericht_20091022-1_pub.pdf . Zugriff auf Katalog in aktualisierter Fassung: http://www.bau-epd.at/wp-content/uploads/2015/08/EPD-AT_Referenznutzungsdauern-20150810.pdf