

## Bilanzierungsregeln für die Erstellung von Ökobilanzen

### 1. Geltungsbereich

Diese Berechnungsvorschrift gilt für die Bilanzierung der Umweltwirkungen für die BNB-kriterien 1.1.1 bis 1.1.5 und 1.2.1. Bei dieser Bilanzierung, welche allgemein als Ökobilanz bzw. LCA (Life Cycle Assessment) bezeichnet wird, werden folgende Größen jeweils für den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes berechnet:

Kriterium	Bilanzgröße (Umweltwirkung)	Bezugsgröße	Einheit
1.1.1	Treibhauspotenzial (GWP) als CO <sub>2</sub> -Äquivalent	NGF <sub>a</sub>	kg/m <sup>2</sup>
1.1.2	Ozonschichtabbaupotential (ODP) als R11-Äquivalent	NGF <sub>a</sub>	kg/m <sup>2</sup>
1.1.3	Ozonbildungspotenzial (POCP) als C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äquivalent	NGF <sub>a</sub>	kg/m <sup>2</sup>
1.1.4	Versauerungspotenzial (AP) als SO <sub>2</sub> -Äquivalent	NGF <sub>a</sub>	kg/m <sup>2</sup>
1.1.5	Überdüngungspotenzial (EP) als PO <sub>4</sub> -Äquivalent	NGF <sub>a</sub>	kg/m <sup>2</sup>
1.2.1	Primärenergiebedarf: - nicht erneuerbar Q <sub>P,ne</sub> , - gesamt Q <sub>P,ges</sub> - erneuerbar Q <sub>P,e</sub>	NGF <sub>a</sub>	kWh/m <sup>2</sup>

Tabelle 1: Bilanzgrößen für die LCA

### 2. Methode

Jede Bilanzgröße wird über den gesamten Lebenszyklus bilanziert und auf den Zeitraum des Lebenszyklus bezogen, so dass sich eine durchschnittliche jährliche Umweltwirkung für die jeweilige Bilanzgröße *i* ergibt:

$$uwg_{ges,i} = \frac{UWG_{ges,i}}{NGF_a} \quad \text{Formel 1}$$

$$UWG_{ges,i} = UWG_{H,i} + UWG_{E,i} + UWG_{N,i} + UWG_{R,i} \quad \text{Formel 2}$$

- $UWG_{ges,i}$  Durchschnittliche jährliche Umweltwirkung der Bilanzgröße *i* im Lebenszyklus des Gebäudes  
Dabei steht *i* für: CO<sub>2</sub> oder R11 oder C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> oder SO<sub>2</sub> oder PO<sub>4</sub> oder Q<sub>P,ne</sub> oder Q<sub>P,ges</sub> oder Q<sub>P,e</sub>
- $UWG_{H,i}$  Durchschnittliche jährliche Umweltwirkung der Bilanzgröße *i* bei der **H**erstellung des Gebäudes
- $UWG_{E,i}$  Durchschnittliche jährliche Umweltwirkung der Bilanzgröße *i* bei der **E**rneuerung des Gebäudes
- $UWG_{N,i}$  Durchschnittliche jährliche Umweltwirkung der Bilanzgröße *i* bei der **N**utzung des Gebäudes
- $UWG_{R,i}$  Durchschnittliche jährliche Umweltwirkung der Bilanzgröße *i* bei dem **R**ückbau und der **E**ntsorgung (End of Life) des Gebäudes

### Bilanzierungsregeln für die Erstellung von Ökobilanzen

Die Umweltwirkung bei der Herstellung wird auf den Betrachtungszeitraum bezogen.

$$UWG_{H,i} = \frac{\sum_j UW_{H,i,j}}{\Delta t} \quad \text{Formel 3}$$

$\sum_j UW_{H,i,j}$  Umweltwirkung der Bilanzgröße i bei der Herstellung, welche sich als Summe über alle j zu bilanzierende Bauteilbestandteile des Gebäudes ergibt.  
 $\Delta t$  Zeitspanne des Lebenszyklus (derzeit gilt  $\Delta t = 50$  a)

Die Umweltwirkung der Erneuerung hängt von der Anzahl der Erneuerungen im Lebenszyklus ab. Dabei wird die gleiche Umweltwirkung wie bei der Herstellung angesetzt.

$$UWG_{E,i} = \frac{\sum_m n_{E,m} \cdot UW_{H,i,m}}{\Delta t} \quad \text{Formel 4}$$

$\sum_m n_{E,m} \cdot UW_{H,i,m}$  Umweltwirkung der Bilanzgröße i für die Erneuerung, welche sich als Summe über alle m zu bilanzierende Bauteilbestandteile des Gebäudes mit Erneuerungen ergibt.  
 $\Delta t$  Zeitspanne des Lebenszyklus (derzeit gilt  $\Delta t = 50$  a)

Die durchschnittliche jährliche Umweltwirkung der Nutzungsphase ergibt sich summarisch über alle für die Gebäude-konditionierung während der Nutzung eingesetzten Endenergieträger:

$$UWG_{N,i} = \sum_k UW_{N,i,k} \quad \text{Formel 5}$$

$\sum_k UW_{N,i,k}$  Durchschnittliche jährliche Umweltwirkung durch den Energiebedarf in der Nutzungsphase als Summe über alle eingesetzten Endenergieträger

Die Umweltwirkung der einzelnen Energieträger  $UW_{N,i,k}$  in Formel 5 ergibt sich aus:

$$UW_{N,i,k} = f_{\text{öko},i,k} \cdot Q_{E,k} \quad \text{Formel 6}$$

$f_{\text{öko},i,k}$  Spezifischer Wirkfaktor für die Umweltwirkung i des Endenergieträgers k (wird in der Regel der Ökobaudat entnommen)

## Bilanzierungsregeln für die Erstellung von Ökobilanzen

Der letzte Summand in Formel 2 steht für die Umweltwirkung durch die Verwertung und Entsorgung:

$$UWG_{R,i} = \frac{\sum_j UW_{R,i,j}}{\Delta t} \quad \text{Formel 7}$$

$\sum_j UW_{R,i,j}$  Umweltwirkung der Bilanzgröße i durch die Verwertung und Entsorgung, welche sich als Summe über alle j zu bilanzierende Bauteilbestandteile des Gebäudes ergibt.

Siehe Beispiel 1 im Anhang.

### 3. Berechnung der Umweltwirkung von Bauteilen

Das Gebäude besteht aus einzelnen Bauteilen. Jedes Bauteil wiederum besteht aus Bauteilbestandteilen bzw. Bauteilschichten für die Umweltwirkungen bestimmt werden können. Die Umweltwirkung des einzelnen Bauteilbestandteils ergibt sich folgendermaßen.

$$UW_{(H/E/R),i,j} = f_{\text{öko},i,j} \cdot m_j \quad \text{Formel 8}$$

$UW_{(H/E/R),i,j}$  Jeweilige Umweltwirkung i für Herstellung, Erneuerung oder Rückbau für das Material des Bauteilbestandteils j

$f_{\text{öko},i,j}$  Spezifischer Wirkfaktor für die Umweltwirkung i für das Material des Bauteilbestandteils j (wird in der Regel der Ökobaudat entnommen)

$m_j$  Menge des Bauteilbestandteils j

Siehe Beispiel 1 im Anhang.

### 4. Notwendige Daten

Zu Beginn der Berechnung müssen folgende Daten Informationen vorliegen:

- Bauteilkatalog mit allen zu bilanzierenden Bauteilen
- Ökobaudat-Datensätze für alle Materialien, welche im Bauteilkatalog spezifiziert werden.
- Endenergiebedarf für die Nutzungsphase, spezifiziert für jeden Endenergieträger.  
Berechnungsgrundlage ist die DIN V 18599.

Mit diesen Daten sind die Bilanzgrößen entsprechend den Formeln 1 bis 8 zu berechnen und tabellarisch zu ordnen.

Siehe Beispiel 2 im Anhang.

## Bilanzierungsregeln für die Erstellung von Ökobilanzen

### 5. Aufbau der Ökobaudat-Datensätze

Folgende Angaben der Ökobaudat-Datensätze werden in der Ökobilanz berücksichtigt.

- Herstellungsphase, bestehend aus Rohstoffbereitstellung, Transport zum Hersteller und Herstellung der Produkte (Module A1 - A3);
- Instandhaltung/Erneuerung von Bauteilen in der Nutzungsphase (Module B2 und B4)  
Die Bilanzierung erfolgt hier ersatzweise durch die Bilanzierung der Herstellung und der Lebensendphase jeweils pro Bauteilerneuerung.
- Energiebedarf des Gebäudes in der Nutzungsphase, bestehend aus dem Endenergiebedarf, der im Energiebedarfsausweis nach EnEV (Modul B6) ausgewiesen ist.
- Lebensendphase, bestehend aus der Verwertung und Entsorgung der Bauteile des Gebäudes (Module C3 und C4)

Das Modul D „Recyclingpotenzial“ wird in der Lebensendphase nicht bilanziert.

Für die Transportaufwände gemäß Modul A4 ist eine Berechnung grundsätzlich möglich, wird aber in der aktuellen Version zurückgestellt. Folgende Hinweise sind hinsichtlich der Materialtransporte zu beachten.

- Zur Vermeidung von Umweltwirkungen aus Transporten sollen bevorzugt regionale Produkte und Materialien genutzt werden.
- Wesentlich für die Transporte ist der Herstellungsort der Produkte und Materialien.
- In die Betrachtung der Transporte sind auch Rohstoff- und Halbfertigteiltransporte einzubeziehen.
- Die Umweltwirkung kann mit Hilfe der entsprechenden Ökobaudat-Datensätze für die unterschiedlichen Transportmittel bestimmt werden.

Lebenswegphasen	A 1-3		A 4-5		B 1-7				C 1-4				D				
	Herstellungsphase			Errichtungsphase		Nutzungsphase				Ende des Lebenszyklus				Vorteile und Belastungen außerhalb der Systemgrenze			
	Rohstoffbeschaffung	Transport	Produktion	Transport	Errichtung / Einbau	Nutzung	Instandhaltung	Instandsetzung	Austausch	Modernisierung	Energieverbrauch im Betrieb	Wasserverbrauch im Betrieb	Rückbau / Abriss	Transport	Abfallverwertung	Entsorgung	Potential für Wiederverwertung, Rückgewinnung und Recycling
Module gemäß DIN EN 15978	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Deklarierte Module	x	x	x				(x)		(x)		x	(x)			x	x	x

Tabelle 2: Lebenswegphasen und -module nach DIN EN 15978

## Bilanzierungsregeln für die Erstellung von Ökobilanzen

### 6. Bilanzierungsregeln und Systemgrenzen

In die Berechnung der Ökobilanzwerte der Herstellung des Bauwerks sind Rohbau und Ausbau vollständig wie gebaut einzubeziehen. Die Bauteile sind nach DIN 276 zu gliedern. Die Mengenermittlung umfasst die Kostengruppen 300 und 400 sowie ausgewählte Teile der Kostengruppe 500 nach DIN 276.

Die Details enthält die Anlage „Nutzungsdauern\_Instandhaltung\_Ökobilanzierung“.

#### Abschneidekriterien:

- Alle Materialien größer 1 % der gesamten Masse des Gebäudes oder größer 1 % des Primärenergiebedarf des entsprechenden Materials oder größer 1 % der Wirkkategorie GWP müssen berücksichtigt werden.
- Begründete Abschätzungen für den Primärenergiebedarf sind zulässig.
- Die Summe der vernachlässigten Materialien darf 5 % der Masse, der Primärenergie oder der Wirkkategorie GWP nicht übersteigen.
- Die Vollständigkeit der Mengenermittlung sowie des Berechnungsergebnisses ist prüffähig darzustellen und zu belegen. Baustellenbetrieb sowie Verschnitt und Abfallentsorgung auf der Baustelle können vernachlässigt werden. Transporte können in der vorliegenden Version ebenfalls vernachlässigt werden.

Die Werte für den Endenergiebedarf für Strom und Wärme sind der EnEV-Berechnung nach DIN V 18599 zu entnehmen. Der daraus in der Ökobilanz berechnete Primärenergiebedarf ist auf die  $NGF_a$  nach DIN 277 zu beziehen. Die Art der Wärmeerzeugung ist zu benennen. Bei Nutzung eines Energieträger-Mixes für die Wärmeerzeugung sind die anteiligen Energieträger zu benennen und nachzuweisen.

- Für den Energieträger „Strom“ ist der Ökobaudat-Datensatz Strom-Mix zu verwenden.
- Für den Energieträger „Wärme“ ist der Ökobaudat-Datensatz für den jeweiligen Energieträger zu verwenden.

Für alle Bauteile und Bauteilbestandteile mit einer Nutzungsdauer kleiner als der Lebenszyklusdauer (Betrachtungszeitraum von 50 Jahren) sind die Erneuerungen zu bilanzieren. Das erfolgt derart, dass pro Erneuerung einmal „Herstellung“ und einmal „End of Life“ für das betreffende Bauteil oder die Bauteilschicht bilanziert wird.

Die Austauschhäufigkeit wird durch die Division des Betrachtungszeitraums durch die Nutzungsdauer des Bauteils bestimmt. Das Ergebnis der Division wird auf eine ganze Zahl abgerundet.

In die Berechnung der Ökobilanzergebnisse des End-of-Life-Szenarios (EoL) des Gebäudes sind Verwertung und Entsorgung für alle in der Herstellungsphase gelisteten Materialien/Baustoffe einzubeziehen. Folgende Materialgruppen sind in den Berechnungen und Auswertungen zu unterscheiden:

1. Metalle zur Verwertung
2. Mineralische Baustoffe zur Verwertung
3. Materialien zur thermischen Verwertung (mit einem Heizwert, z. B. Holz, Kunststoffe etc.)
4. Materialien, die nur auf Deponien abgelagert werden

Für 1. gilt. Es ist der Entsorgungs-/Verwertungsweg „Recycling/Verwertung“ zu wählen. Hierzu sind EoL-Datensätze mit dem Modul C3 für die jeweiligen Metalle zu wählen. Liegt kein eindeutig passender Datensatz vor, so ist ein naheliegender Datensatz zu wählen.

## Bilanzierungsregeln für die Erstellung von Ökobilanzen

Für 2. gilt. Es ist der Entsorgung-/Verwertungsweg „Recycling/Verwertung“ zu wählen. Hierzu ist für die nachweislich mineralischen Baustoffe (zum Beispiel Beton, der als Unterbeton für Bodenplatten oder im Straßenbau eingesetzt wird) der Prozess „Bauschuttzubereitung“ zu wählen.

Für 3. gilt. Es ist der Entsorgungsweg „Thermische Verwertung“ zu wählen. Die Datensätze sind mit den entsprechenden Datensätzen für thermische Verwertung abzubilden. Die Dokumentation erfolgt in Modul C3 (falls thermische Verwertung mit Energiegewinnung angewendet werden kann) oder in Modul C4 (falls thermische Verwertung ohne Energiegewinnung vorliegt) entsprechend der Definition im Datensatz.

Für 4. gilt. Es ist der Entsorgungsweg „Entsorgung auf Deponie“ zu wählen, sofern für die Materialien kein anderer Verwertungsweg als Ablagerung auf Deponien realistisch ist.

### 7. Besonderheiten bei Eigenstromerzeugungsanlagen

Für Anlagen zur eigenen Stromerzeugung (gebäudebezogene Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen, Photovoltaik-Anlagen, gebäudeintegrierte Windkraftanlagen), die bei der Ermittlung der Bau- und Nutzungskosten berücksichtigt werden, gilt folgendes.

- Der Anteil des erzeugten Stroms, welcher zur Abdeckung des Gebäudeenergiebedarfs nach DIN 18599 verwendet wird, ist vom zu beziehenden Elektroenergiebedarf abzuziehen. Der Nachweis ist nach EnEV §5 zu führen. Sind mehrere Gebäude in einer Liegenschaft verbunden, so kann für den Gebäudeenergiebedarf der gesamte Gebäudeenergiebedarf der Liegenschaft angesetzt werden.
- Für den Anteil des Stroms, der in das Netz eingespeist wird, ist eine Gutschrift separat zu bilanzieren. Diese ergibt sich aus der Anwendung des Ökobaudat-Datensatzes „Strom-Mix“ mit negativen Vorzeichen (mal „-1“).

### 8. Vereinfachtes Verfahren

Die Ökobilanz kann im „Vereinfachten Verfahren“ erstellt werden. In diesem Fall sind die folgenden Bauteile für die Phasen Herstellung, Erneuerung und End-of-Life zu bilanzieren und mit einem Zuschlagsfaktor von 1,2 zu multiplizieren.

1. Außenwände und Kellerwände einschließlich Fenster und Beschichtungen
2. Dach
3. Geschossdecken einschließlich Fußbodenaufbau, -belägen und -beschichtungen
4. Bodenplatte einschließlich Fußbodenaufbau und -belägen sowie Geschossdecken über Luft
5. Fundamente
6. Innenwände einschließlich Beschichtungen sowie Stützen
7. Türen

Für die Volumenberechnung werden der Schichtaufbau und die Fläche der Bauteile verwendet. Beide müssen separat pro Bauteil ausgewiesen werden. Für die Bauteilflächen gilt Folgendes.

- |             |                               |
|-------------|-------------------------------|
| 1., 2., 4.: | Außenmaße der Bauteile        |
| 3.:         | BGF des jeweiligen Geschosses |
| 6.:         | Maße der Ausführungspläne     |

## Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Unterrichtsgebäude Komplettmodernisierung

### Bilanzierungsregeln für die Erstellung von Ökobilanzen

**Beispiel 1:** Ökobilanz einer „Außenwand“ für den Umweltindikator „Treibhauspotenzial“ (BNB-Kriterium 1.1.1)

Bauteil.Schicht	Schicht	Phase	Ökobaudat - Basisname	Nutzungsdauer in a	Erneuerungen in 50 Jahren	Schichtdicke in mm	Fläche in m <sup>2</sup>	Volumen in m <sup>3</sup>	Masse in kg	Treibhauspotenzial in kg CO <sub>2</sub> -Äqu. pro m <sup>3</sup> oder kg	Treibhauspotenzial in kg CO <sub>2</sub> -Äqu.
Außenwand 1.1	Gipsputz	Herstellung	Gipsputz	50	1	10	1.000	10	10.000	0,140	1.400
		Entsorgung	Bauschutt-Deponierung			10	1.000	10	10.000	0,016	161
Außenwand 1.2	Kalksandstein	Herstellung	Kalksandstein Mix	50	1	240	1.000	240	456.000	0,156	71.228
		Entsorgung	Bauschutttaufbereitung			240	1.000	240	456.000	0,003	1.244
Außenwand 1.3	WDVS	Herstellung	EPS-Hartschaum (Styropor®) für Wände und Dächer W/D-035	40	1	160	1.000	160	3.664	59,500	9.520
		Erneuerung	EPS-Hartschaum (Styropor®) für Wände und Dächer W/D-035			160	1.000	160	3.664	59,500	9.520
		Entsorgung	EPS-Hartschaum (Styropor®) für Wände und Dächer W/D-035			2	160	1.000	160	3.664	75,200
Außenwand 1.4	WDVS-Kleber und Putz	Herstellung	WDVS Verklebung und Beschichtung Silikonharzputz	40	1	10	1.000	160	12.180	5,963	5.963
		Erneuerung	WDVS Verklebung und Beschichtung Silikonharzputz			10	1.000	160	12.180	5,963	5.963
		Entsorgung	Bauschutt-Deponierung			2	10	1.000	10	12.180	0,016
<b>Summen:</b>						<b>420</b>			<b>481.844</b>		<b>117.227</b>

## Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Unterrichtsgebäude Komplettmodernisierung

### Bilanzierungsregeln für die Erstellung von Ökobilanzen

**Beispiel 2:** Ökobilanzergebnisse eines Gebäudes nach dem „Vereinfachten Verfahren“

	1.1.1	1.1.2	1.1.3	1.1.4	1.1.5	1.2.1.1	1.2.1.2	1.2.1.3
	GWP [kg/m <sup>2</sup> a]	ODP [kg/m <sup>2</sup> a]	POCP [kg/m <sup>2</sup> a]	AP [kg/m <sup>2</sup> a]	EP [kg/m <sup>2</sup> a]	PE <sub>ne</sub> [kWh/m <sup>2</sup> a]	PE <sub>ges</sub> [kWh/m <sup>2</sup> a]	PE <sub>ern</sub> [%]
<b>Gebäude</b>	<b>28,388</b>	<b>0,0000001167</b>	<b>0,008053</b>	<b>0,076575</b>	<b>0,012928</b>	<b>127,35</b>	<b>181,12</b>	<b>29,69%</b>
<b>Konstruktion</b>	<b>11,000</b>	<b>0,0000001155</b>	<b>0,003664</b>	<b>0,026440</b>	<b>0,003561</b>	<b>63,49</b>	<b>72,16</b>	<b>12,02%</b>
<b>Herstellung</b>	<b>7,754</b>	<b>0,0000001023</b>	<b>0,002431</b>	<b>0,020500</b>	<b>0,002614</b>	<b>27,36</b>	<b>34,23</b>	<b>20,07%</b>
Außenwände und Fenster	1,011	0,00000000353	0,000212	0,002526	0,000303	2,86	3,26	12,41%
Dach	0,629	0,00000000015	0,000547	0,001325	0,000147	2,68	3,02	11,25%
Decken	3,856	0,00000000688	0,000745	0,008944	0,001103	10,58	12,01	11,84%
Bodenplatte und Decken über Luft	0,825	0,00000000077	0,000186	0,001661	0,000200	2,74	3,06	10,28%
Fundamente	0,390	0,00000000001	0,000062	0,000760	0,000080	0,95	1,11	14,44%
Innenwände und Stützen	0,862	0,00000000002	0,000206	0,002080	0,000293	2,90	3,16	8,07%
Türen	0,180	0,00000009097	0,000474	0,003204	0,000487	4,63	8,61	46,16%
<b>Erneuerung Baukonstruktion</b>	<b>1,493</b>	<b>0,0000000096</b>	<b>0,001049</b>	<b>0,004905</b>	<b>0,000651</b>	<b>35,36</b>	<b>37,16</b>	<b>4,84%</b>
<b>Entsorgung und Recycling</b>	<b>1,754</b>	<b>0,0000000036</b>	<b>0,000184</b>	<b>0,001035</b>	<b>0,000297</b>	<b>0,77</b>	<b>0,77</b>	<b>0,24%</b>
<b>Energie</b>	<b>17,387</b>	<b>0,0000000011</b>	<b>0,004389</b>	<b>0,050136</b>	<b>0,009366</b>	<b>63,86</b>	<b>108,96</b>	<b>41,39%</b>
Heizenergie	2,327	0,00000000008	0,002667	0,027131	0,005639	7,64	22,31	65,74%
Elektroenergie	15,060	0,00000000103	0,001722	0,023005	0,003727	56,22	86,65	35,12%