

Peter Eyerer

Hans-Wolf Reinhardt

**Ökologische Bilanzierung von  
Baustoffen und Gebäuden**

Wege zu einer ganzheitlichen  
Bilanzierung

Unter Mitarbeit von  
Johannes Kreißig  
Julian Kümmel  
Martin Baitz  
Michael Betz  
Volker Hutter  
Konrad Saur  
Hartmut Schöch

**BAU**

PRAXIS

**Birkhäuser**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b> .....	1
<b>2 Motivation, Voraussetzungen, Ziele und Projektgruppe</b> .....	4
<b>3 Grundlagen der Ganzheitlichen Bilanzierung</b> .....	6
3.1 Einordnung und Bedeutung von Ökobilanzen .....	7
3.2 Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens .....	9
3.2.1 Ziel dieser Studie .....	9
3.2.2 Ziele folgender Studien .....	10
3.2.3 Untersuchungsrahmen .....	10
3.2.4 Abschneidekriterien Input .....	12
3.2.5 Abschneidekriterien Output .....	12
3.2.6 Pflanzliche Ressourcen als Brennstoff .....	15
3.2.7 Bilanzzeit .....	15
3.2.8 Bilanzraum .....	15
3.2.9 Datenqualität .....	16
3.3 Sachbilanzierung .....	17
3.3.1 Allgemeine Beschreibung .....	17
3.3.2 Vorgehen bei der Datenaufnahme .....	17
3.3.3 Verteilungen/Allokationen .....	18
3.3.4 Behandlung von Recycling .....	20
3.3.5 Aggregation von Sachbilanzgrößen .....	24
3.3.5.1 Primärenergiebedarf .....	24
3.3.5.2 Abfallgrößen .....	25
3.4 Wirkungsabschätzung .....	26
3.4.1 Allgemeine Beschreibung .....	26
3.4.2 Auswahl der Wirkkategorien .....	28
3.4.3 Beschreibung der Wirkkategorien .....	29
3.4.3.1 Anthropogener Treibhauseffekt .....	29
3.4.3.2 Katalytischer Ozonabbau in der Stratosphäre .....	31
3.4.3.3 Versauerung .....	34
3.4.3.4 Eutrophierung (Überdüngung) .....	35
3.4.3.5 Sommersmog (Photooxidantienbildung) .....	37
3.4.4 Normalisierung .....	39
3.5 Auswertung .....	39

<b>4 Baustoff- und Systemprofile</b> .....	41
4.1 Gipsprodukte .....	43
4.1.1 Übersicht .....	43
4.1.2 Datenerhebung .....	44
4.1.3 Spezifische Randbedingungen .....	44
4.1.4 Sachbilanz .....	44
4.1.5 Baustoffprofil Gips .....	45
4.2 Kalkprodukte .....	47
4.2.1 Übersicht .....	47
4.2.2 Datenerhebung .....	48
4.2.3 Sachbilanz .....	48
4.2.4 Baustoffprofil Kalk .....	48
4.3 Zement .....	50
4.3.1 Übersicht .....	50
4.3.2 Datenerhebung .....	51
4.3.3 Spezifische Randbedingungen .....	51
4.3.4 Sachbilanz .....	52
4.3.5 Baustoffprofil Zement .....	52
4.4 Sand und Kies .....	54
4.4.1 Übersicht .....	54
4.4.2 Datenerhebung .....	55
4.4.3 Sachbilanz .....	55
4.4.4 Baustoffprofil Sand und Kies .....	56
4.5 Transportbeton und Werkfrischmörtel .....	58
4.5.1 Übersicht .....	58
4.5.2 Datenerhebung .....	58
4.5.3 Spezifische Randbedingungen .....	58
4.5.4 Sachbilanz .....	59
4.5.5 Baustoffprofil Transportbeton und Werkfrischmörtel .....	60
4.6 Porenbeton .....	62
4.6.1 Übersicht .....	62
4.6.2 Datenerhebung .....	63
4.6.3 Spezifische Randbedingungen .....	63
4.6.4 Sachbilanz .....	63
4.6.5 Baustoffprofil Porenbeton .....	64
4.7 Leichtbeton mit Zuschlag Bims .....	66
4.7.1 Übersicht .....	66
4.7.2 Datenerhebung .....	67
4.7.3 Spezifische Randbedingungen .....	68
4.7.4 Sachbilanz .....	68
4.7.5 Baustoffprofil Bimsstein .....	68
4.8 Leichtbeton mit Zuschlag Blähton .....	71
4.8.1 Übersicht .....	71
4.8.2 Datenerhebung .....	72

4.8.3	Sachbilanz .....	72
4.8.4	Baustoffprofil Blähtonprodukte .....	72
4.9	Kalksandstein .....	74
4.9.1	Übersicht .....	74
4.9.2	Datenerhebung .....	75
4.9.3	Spezifische Randbedingungen .....	75
4.9.4	Sachbilanz .....	76
4.9.5	Baustoffprofil Kalksandstein .....	76
4.10	Ziegel .....	78
4.10.1	Übersicht .....	78
4.10.2	Datenerhebung .....	80
4.10.3	Sachbilanz .....	80
4.10.4	Baustoffprofil Ziegel .....	80
4.11	Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) .....	82
4.11.1	Systemdarstellung .....	82
4.11.2	Datenerhebung .....	84
4.11.3	Sachbilanz .....	84
4.11.4	Baustoffprofil Wärmedämmverbundsysteme .....	84
4.11.4.1	WDVS (Kunstharzputz) .....	84
4.11.4.2	WDVS (Silikat-Dispersionsputz) .....	86
4.11.4.3	WDVS (Leichtputz mineralisch) .....	88
4.11.4.4	WDVS (Kratzputz mineralisch) .....	90
4.11.4.5	WDVS (Dekorputz mineralisch) .....	92
4.12	Glaswolle .....	94
4.12.1	Übersicht .....	94
4.12.2	Datenerhebung .....	96
4.12.3	Sachbilanz .....	96
4.12.4	Baustoffprofil Glaswolle .....	96
4.13	Steinwolle .....	100
4.13.1	Übersicht .....	100
4.13.2	Datenerhebung .....	101
4.13.3	Sachbilanz .....	101
4.13.4	Baustoffprofil Steinwolle .....	101
4.14	Expandiertes Polystyrol (EPS) .....	105
4.14.1	Übersicht .....	105
4.14.2	Datenerhebung .....	105
4.14.3	Spezifische Randbedingungen .....	105
4.14.4	Sachbilanz .....	108
4.14.5	Baustoffprofil expandiertes Polystyrol (EPS) .....	108
4.15	Zellulosefaserdämmstoff .....	109
4.15.1	Übersicht .....	109
4.15.2	Datenerhebung .....	111
4.15.3	Sachbilanz .....	111
4.15.4	Baustoffprofil Zelluloseflocken .....	111

4.16	Flachsfaserdämmstoff .....	115
4.16.1	Übersicht .....	115
4.16.2	Datenerhebung .....	117
4.16.3	Sachbilanz .....	117
4.16.4	Baustoffprofil Flachsfaserdämmstoff .....	120
4.17	Fenstersysteme .....	122
4.17.1	Übersicht .....	122
4.17.2	Datenerhebung .....	122
4.17.3	Spezifische Randbedingungen .....	122
4.17.4	Sachbilanz .....	124
4.17.5	Systemprofil PVC-Fenster .....	124
4.17.6	Systemprofil Holz-Fenster .....	126
4.17.7	Systemprofil Aluminium-Fenster .....	126
4.17.8	Systemprofil Holz-Aluminium-Fenster .....	130
4.18	Heizsysteme .....	130
4.18.1	Übersicht .....	130
4.18.2	Datenerhebung .....	130
4.18.3	Spezifische Randbedingungen .....	131
4.18.4	Sachbilanz .....	131
4.18.5	Systemprofil Heizsysteme .....	133
4.19	Baustellenprozesse .....	135
4.19.1	Schalung .....	136
4.19.2	Betonieren mit Betonpumpe .....	137
4.19.3	Durchschnittsbaumaschine .....	138
4.19.4	Minibagger .....	139
4.19.5	Hydraulikbagger .....	139
4.20	Nutzungsphasenprozesse .....	140
4.20.1	Heizsystembetrieb .....	140
4.20.2	Hausgerätebetrieb .....	142
4.21	Recycling (Aufbereitungssystem) .....	142
<b>5</b>	<b>Methode zur Bilanzierung von Gebäuden .....</b>	<b>144</b>
5.1	Allgemeines und Zusammenhänge .....	144
5.2	Herstellungsphase (Vorketten und Bauphase) .....	155
5.2.1	Bauteile mit Schichtaufbau (Wände und Decken) .....	155
5.2.2	Bauteile mit Fachwerkaufbau .....	157
5.2.3	Komplettbauteile .....	160
5.2.4	Zusatzbauteile .....	160
5.3	Nutzungsphase .....	161
5.3.1	Die thermische Nutzungsphase .....	163
5.3.1.1	Benutzerverhalten .....	164
5.3.1.2	Klima .....	165
5.3.1.3	Externe Verschattung .....	167

5.3.1.4	Bodentemperatur .....	169
5.3.1.5	Architektur des Gebäudes .....	170
5.3.1.6	Kennwerte der Bauteile .....	170
5.3.1.7	Gebäudeausrichtung .....	171
5.3.1.8	Innere Wärmequellen .....	173
5.3.1.9	Resümee .....	173
5.3.2	Die unterhaltsbedingte Nutzungsphase .....	177
5.3.3	Randbedingungen der Nutzungsphase .....	177
5.3.4	Analyse der Nutzungsphasen für freigeschnittene Bauteile .....	178
5.4	End of Life/Recycling .....	181
5.4.1	Status Quo der Nachnutzungsmaßnahmen .....	183
5.4.2	Verwertungsmöglichkeiten von Baureststoffen .....	183
5.4.3	Aufwendungen von Recyclingprozessen .....	187
5.4.4	Integration von Recycling in die Ganzheitliche Bilanzierung ..	188
5.4.4.1	Produktionsrecycling .....	188
5.4.4.2	Closed-Loop-Recycling .....	188
5.4.4.3	Open-Loop-Recycling .....	189
5.4.5	Beispiel Beton .....	190
<b>6</b>	<b>Softwareunterstützung zur Datenverwaltung und Bilanzierung von Gebäuden .....</b>	<b>194</b>
6.1	Allgemeines .....	194
6.2	Softwareunterstützung in der Bilanzierung – IKP Philosophie für DFE .....	194
6.3	Systemaufbau von <i>Build it</i> .....	195
6.3.1	Entwicklungsumgebung .....	195
6.3.2	Systemaufbau .....	196
6.4	Darstellung ausgewählter Eingabedialoge .....	197
6.4.1	Eingabedialog zum Aufbau von Dachkonstruktionen .....	197
6.4.2	Aufbau von Gebäuden (Projekten) .....	199
6.5	Darstellung ausgewählter Ergebnisse .....	201
6.5.1	Vergleich von Konstruktionen .....	201
6.5.2	Gebäude .....	203
6.6	Abschließende Bewertung – Perspektiven .....	204
<b>7</b>	<b>Verifikation der Methode an Beispielgebäuden .....</b>	<b>205</b>
7.1	Einfamilienhaus .....	206
7.1.1	Objektbeschreibung Einfamilienhaus .....	206
7.1.2	Herstellungsaufwendungen Einfamilienhaus .....	207
7.1.3	Nutzungsphase Einfamilienhaus .....	211
7.1.4	Nutzungsszenario Einfamilienhaus .....	212

---

7.2	Mehrfamilienhaus .....	215
7.2.1	Objektbeschreibung Mehrfamilienhaus .....	215
7.2.2	Herstellungsaufwendungen Mehrfamilienhaus .....	216
7.2.3	Nutzungsphase Mehrfamilienhaus .....	220
7.2.4	Nutzungsszenario Mehrfamilienhaus .....	220
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>222</b>
	<b>Literatur und Quellen .....</b>	<b>224</b>
	<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>230</b>