Fraunhofer
IBP

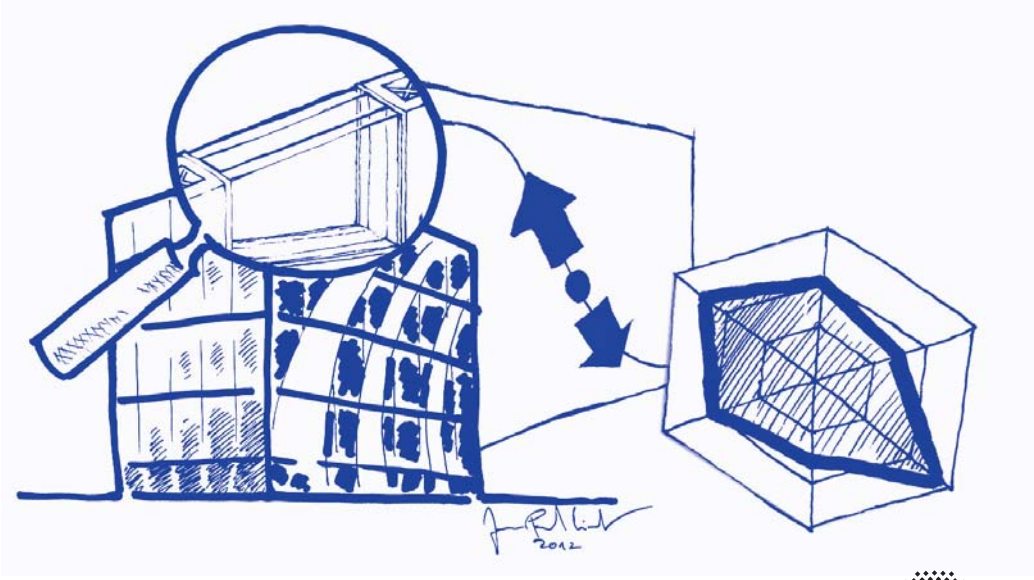
FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK IBP

Bastian Wittstock

Methode zur Analyse und Beurteilung des Einflusses von Bauprodukteigenschaften auf die Nachhaltigkeitsbewertung im Rahmen der Zertifizierung von Gebäuden

FORSCHUNGSERGEBNISSE AUS DER BAUPHYSIK BAND 13

Herausgeber:
Prof. Dr.-Ing. Klaus Sedlbauer
Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser



Universität Stuttgart
Lehrstuhl für Bauphysik

Technische Universität München
Lehrstuhl für Bauphysik

FRAUNHOFER VERLAG

Fraunhofer IBP

Universität Stuttgart
Lehrstuhl für Bauphysik

Technische Universität München

FORSCHUNGSERGEBNISSE AUS DER BAUPHYSIK **BAND 13**

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Klaus Sedlbauer
Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser

Bastian Wittstock

Methode zur Analyse und Beurteilung des Einflusses von Bauprodukteigenschaften auf die Nachhaltigkeitsbewertung im Rahmen der Zertifizierung von Gebäuden

FRAUNHOFER VERLAG

Kontaktadresse:
Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart
Telefon 0711 970-00
Telefax 0711 970-3395
E-Mail info@ibp.fraunhofer.de
URL www.ibp.fraunhofer.de

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.
ISSN: 1869-5124
ISBN: 978-3-8396-0486-1

D 93

Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2012

Druck: Mediendienstleistungen des
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB, Stuttgart

Für den Druck des Buches wurde chlor- und säurefreies Papier verwendet.

© by FRAUNHOFER VERLAG, 2012
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB
Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon 0711 970-2500
Telefax 0711 970-2508
E-Mail verlag@fraunhofer.de
URL http://verlag.fraunhofer.de

Alle Rechte vorbehalten

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.
Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften. Soweit in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z.B. DIN, VDI) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden ist, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen.

Methode zur Analyse und Beurteilung des Einflusses von Bauprodukteigenschaften auf die Nachhaltigkeitsbewertung im Rahmen der Zertifizierung von Gebäuden

Von der Fakultät Bau- und Umweltingenieurwissenschaften
der Universität Stuttgart
zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte Abhandlung

Vorgelegt von
Bastian Wittstock
aus Schorndorf

Hauptberichter: Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Klaus Sedlbauer
Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. Holger Wallbaum

Tag der mündlichen Prüfung: 18.10.2012

Lehrstuhl für Bauphysik
Universität Stuttgart
2012

Danksagung

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Ganzheitliche Bilanzierung am Lehrstuhl für Bauphysik der Universität Stuttgart und am Fraunhofer-Institut für Bauphysik.

Für die Betreuung meiner Arbeit, die zahlreichen konstruktiven Diskussionen und die stets sehr angenehme Zusammenarbeit danke ich Herrn Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Klaus Sedlbauer sehr herzlich.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Holger Wallbaum, ETH Zürich möchte ich dafür danken, so bereitwillig als Mitberichter zur Verfügung zu stehen.

Meinen Kollegen in der Abteilung Ganzheitliche Bilanzierung gilt mein besonderer Dank. Die Unterstützung in der Zeit der Anfertigung der Arbeit geht weit über die Kollegialität hinaus, mit der ich in der freundschaftlichen Atmosphäre der Abteilung rechnen würde. Besonders erwähnen und danken möchte ich Herrn Dipl.-Ing. Matthias Fischer, Frau Dipl.-Geoökol. Tabea Beck, Herrn Dipl.-Ing. Robert Ilg und Herrn Dipl.-Ing. Stefan Albrecht für die intensiven Diskussionen, die konstruktive Kritik und die bereitwillige Korrektur der Arbeit.

Herrn Dipl.-Ing. Johannes Kreißig, PE INTERNATIONAL AG, danke ich sehr für die konstruktiven und geschätzten Kommentare und Herrn Prof. Dr.-Ing. Bernhard Möginger, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg für die intensive Korrektur der Arbeit und die ausführlichen Anregungen zur Formulierung – und das Obdach während der Korrektur.

Viel Unterstützung und Ermutigung auf meinem Weg habe ich von meinen Eltern Karin und Wolfgang Wittstock erfahren, denen ich sehr herzlich dafür danken möchte.

Und schließlich gilt mein größter Dank meiner Frau Cordula, die mit viel Geduld nicht nur die langen Abende und Wochenenden ertrug, wenn ich am PC saß, sondern mich stets ermunterte, wenngleich ich nur schwer ansprechbar war. Ohne Dich hätte ich die Arbeit nicht geschafft!

Bastian Wittstock Im Dezember 2011

„Unser Kopf ist rund, damit das Denken die Richtung wechseln kann.“

Francis Picabia (1879 – 1953)

Kurzfassung

Die Aktivitäten des nachhaltigen Bauens konzentrieren sich gegenwärtig auf die Nachhaltigkeitsbewertung und -zertifizierung von Gebäuden. Die bestehenden Systeme – in Deutschland das Bewertungssystem des Bundes (BNB) und das Zertifizierungssystem der DGNB – formulieren Anforderungen für das gesamte Gebäude. Grundlage sind Indikatoren, die einzelne Fragestellungen der Nachhaltigkeit von Bauwerken charakterisieren. Der Einfluss von Bauprodukten auf die Gebäudebewertung ist bislang nicht systematisch beschrieben und steht somit keinen Optimierungs-Bestrebungen zur Verfügung. Diese Arbeit entwickelt Methoden, um diese Verbindung zwischen Bauprodukten und der Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden zu analysieren und quantitativ zu beschreiben.

Hierfür wird ein Mechanismus beschrieben, mit dem zunächst die Nachhaltigkeitsindikatoren ermittelt werden, die durch Bauprodukte beeinflusst werden. Anschließend erlaubt die Methode, das Maß der Beeinflussung durch einzelne Bauprodukteigenschaften zu ermitteln. Die konkrete Analyse wird in vier grundsätzliche Fragestellungen unterschieden. Diese sind:

- Fragen der Produktoptimierung in zwei verschiedenen Ausprägungen,
- die Ermittlung der Empfindlichkeit einer vollständigen Gebäudebewertung auf eine einzelne Bauprodukteigenschaft und
- die Analyse konkurrierender Auswirkungen durch die Veränderung einer Eigenschaft.

Das Vorgehen wird an zwei Beispielen demonstriert. Das erste Beispiel greift das Zertifizierungssystem der DGNB auf, ermittelt die für einen Akustik-Wandabsorber relevanten Indikatoren und beschreibt die Einflussnahme des Wandabsorbers auf die Gebäudebewertung. Das zweite Beispiel beschreibt zwei konkurrierende Indikatoren, zwischen denen durch Variation eines gemeinsamen Parameters ein Optimum zu finden ist.

Diese Arbeit stellt eine Grundlage für eine systematische Betrachtung der Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden dar. Insbesondere erlaubt sie Bauproduktherstellern, sich umfassend mit den Beiträgen ihrer Produkte zur Gebäudezertifizierung auseinanderzusetzen.

Abstract

Sustainable construction currently focusses on the sustainability certification of buildings. In Germany, two systems exist, one for public buildings (abbreviated BNB) under the realm of the Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development (BMVBS) and one of the German Sustainable Building Council (DGNB). These systems use indicators to define characteristics and requirements for sustainable buildings. The impact of building products on the sustainability rating of buildings is currently not systematically assessed. The understanding of this impact, however, is required to allow for optimization of construction products. Within this thesis, methods are developed to link construction products to the sustainable building assessment quantitatively.

For this purpose, mechanisms are developed to identify sustainability indicators that are affected from construction products. On this basis, the magnitude of influence through individual properties of construction products is assessed. The assessment differentiates four cases:

- the assessment of product optimisation (including and excluding indirect effects),
- the assessment of the sensitivity of a building rating due to properties of individual construction products and
- the assessment of reverse effects of changing single product properties.

The approach is demonstrated with two examples. The first example uses the DGNB (“Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen”, German Sustainable Building Council) certification system and identifies the relevant sustainability indicators for a wall-mounted acoustic absorber. For this absorber, the impact on the building rating is assessed. The second example describes two reverse indicators. By means of parameter variation of one common product parameter, the optimum rating result is sought.

This thesis forms a foundation for further systematic examinations of the sustainability assessment of buildings. It especially enables construction product manufacturers to investigate their products’ contributions to building certification.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung 2

Kurzfassung 4

Abstract 5

Inhaltsverzeichnis 6

Tabellenverzeichnis 11

Abbildungsverzeichnis 12

Nomenklatur 15

1 Einführung 18

1.1 Nachhaltiges Bauen 19

1.2 Motivation der Dissertation 21

1.3 Aufbau der Arbeit 22

2 Stand des Wissens 24

2.1 Grundlagen 24

2.1.1 Gebäudebewertung und -zertifizierung 24

2.1.2 Ordnungssysteme im Bauwesen 28

2.1.3 Grundlagen der Indikator-Klassifizierung und der Parametervariation 35

2.2 Bauprodukte 45

2.2.1 Kennzeichnung von Bauprodukten 46

2.2.2 Bauprodukte in der Gebäudezertifizierung 49

2.2.3 Weitere Ansätze zur Beurteilung des Nachhaltigkeitsprofils von Bauprodukten 52

2.3 Bewertung des Stand des Wissens 54

3 Methode zur Analyse und Beurteilung des Einflusses von Bauprodukteigenschaften auf die Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden 56

3.1 Anforderungen an die zu entwickelnde Methode 56

3.1.1 Methodische Anforderungen 56

3.1.2 Praktische Anforderungen 58

3.2 Methodischer Ansatz – Ziel und Übersicht 59

3.2.1 Anwendungsfälle der Methode 60

3.2.2 Indikatorkonzepte 63

3.2.3 Vorgehensweise zur Analyse und Beurteilung des Einflusses von Produkteigenschaften auf die Gebäudebewertung 64

3.3 Relevanz-Abgrenzung von Bauprodukten gegenüber Nachhaltigkeits-Indikatoren 66

3.3.1 Zielsetzung und Vorgehensweise 67

3.3.2 Klassifizierung von Indikator-Typen 69

3.3.3 Zuordnung von Produktgruppen zu Bauelementen (Zuordnungs-Matrix I) 77

3.3.4 Funktions-Bauelement-Zuordnung (FBZ) 82

3.3.5 Funktions-Indikator-Zuordnung (FIZ) 86

3.3.6 Relevanz-Abgrenzung in Zuordnungs-Matrix II 87

3.4 Indikatormodelle 89

3.4.1 Übersicht und Zielsetzung 89

3.4.2 Vorgehensweise zur Beschreibung eines Indikatormodells 91

3.4.3 Generisches Indikatormodell für Typ D-Indikatoren (Multipel-präskriptive Indikatoren) 92

3.4.4 Generisches Indikatormodell für Typ E-Indikatoren (Leistungsindikatoren) 94

3.5 Parametervariationen, Indikatormodelle und Zusammenführung der Ergebnisse 96

3.6 Leitfaden für die Anwendung der Methode 98

3.7 Zusammenfassung und wesentliche Erkenntnisse 103

4 Anwendung der Methode 105

4.1 Beispiel 1: Anwendung des DGNB-Kriterienkatalogs auf das Beispiel Wandabsorber 106

4.2 Beispiel 1: Akustik-Wandabsorber – Produktbeschreibung 106

4.3 Beispiel 1: Erstellung der Relevanz-Abgrenzung für DGNB – NBV09 110

4.3.1 Klassifizierung von Indikatoren in Indikator-Typen 110

4.3.2 Produktgruppen vs. Bauelemente in Zuordnungs-Matrix I und Funktions-Bauelement-Zuordnung 110

4.3.3 Relevanz-Abgrenzung durch Abgleich der FBZ mit der FIZ 111

4.3.4 Zuordnungs-Matrix II: Relevanz-Abgrenzung für Bauprodukte gegenüber Indikatoren und im Beispiel betrachtete Indikatoren 111

4.4 Beispiel 1: Indikatoren ohne Relevanz 113

4.5 Beispiel 1: Indikatormodelle für Indikatoren mit Möglichkeit zur Optimierung 116

4.5.1 Ökobilanz-Indikatoren (Typ E-Indikatoren) 116

4.5.2 K 16 – Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus (Typ E-Indikator) ... 125

4.5.3 K 21.1 Akustischer Komfort – Einzel- und Mehrpersonenbüros bis zu einer Fläche von 40 m² (Typ E-Indikator) ... 129

4.5.4 K 26 – Barrierefreiheit (Typ D-Indikator) ... 137

4.5.5 K 28.2.1 – Räumliche Struktur: Umsetzbarkeit (Typ D-Indikator) ... 139

4.5.6 K 42.1 – Aufwand zur Demontage und K 42.2 – Aufwand zur Trennung (beide Indikatoren Typ E) ... 140

4.6 Beispiel 1: Zusammenfassung des Anwendungsbeispiels ... 143

4.7 Beispiel 2: Anwendung der Methode auf Indikatoren für das Treibhauspotenzial ... 145

4.8 Schlussfolgerungen aus beiden Anwendungsbeispielen ... 150

5 Überprüfung der Methode ... 152

5.1 Überprüfung gegenüber den methodischen Anforderungen ... 152

5.2 Überprüfung gegenüber den praktischen Anforderungen ... 153

6 Selbstkritische Bewertung der Arbeit ... 155

7 Zusammenfassung ... 157

8 Ausblick ... 164

Glossar ... 167

Literaturverzeichnis ... 172

Anhang A Produktgruppen-Systematik der Ökobau.dat - Datenbank ... 185

Anhang B Kriterien und Indikatoren des DGNB-Nutzungsprofils „Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude, Version 2009“ (NBV09) ... 194

Anhang C Relevanz-Abgrenzung von Bauprodukten gegenüber Indikatoren (Anwendungsbeispiel, Kap. 4) ... 203

Anhang C.1 Schritt 1: Funktions-Indikatoren-Zuordnung (FIZ) und Abgleich mit Funktions-Bauelement-Zuordnung (FBZ) 203

Anhang C.2 Schritt 2: Indikator-spezifische Einschränkungen 206

Anhang C.3 Zusammenführung: Festlegung der Relevanz-Abgrenzung der Bauprodukte gegenüber Indikatoren 208

Anhang D Zuordnungs-Matrix II des Anwendungsbeispiels (Kap. 4) 213

Anhang E Anforderungen der Barrierefreiheit (DIN 18040-1) an Bauprodukte 256

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1 Ökobilanz-Kenndaten für das Bauteil Wandabsorber. Die Werte gelten für Herstellung bzw. End-of-Life für 1 m² Bauteil. 109

Tabelle 4-2 Mittelwerte der Anteile der Gebäudekonstruktion am Gebäudelebenszyklus aus [112]. 119

Tabelle 4-3 Kennwerte und Ergebnisse der Ökobilanz-Parametervariationen. 124

Tabelle 4-4 Kenndaten der Parametervariation mit Variations-Ergebnissen für den Indikator Lebenszykluskosten. 128

Tabelle 4-5 Kenndaten und Ergebnisse der Parametervariation des Indikators Lebenszykluskosten bei Überschreiten einer Stufe. . 128

Tabelle 4-6 Dämpfungskonstanten der Luft je Oktavband nach DIN EN 12354-6:2002, Tab. 1 für 20°C und eine rel. Luftfeuchte von 50 – 70%. 131

Tabelle 4-7 Flächen des Referenzraumes (ohne Wandabsorber) mit entsprechenden Schallabsorptionsgraden. 132

Tabelle 4-8 Kenndaten und Ergebnisse für die Parametervariation mit einer 50%-Verbesserung (Index „best“) gegenüber dem Startwert. 134

Tabelle 4-9 Kenndaten und Ergebnisse für die Parametervariation mit dem Ziel einer bestmöglichen Bewertung („ideale“ Optimierung). 135

Tabelle 4-10 Bewertungsstufen und Ergebnisse für die Indikatoren des Kriteriums Recyclingfreundlichkeit. 142

Tabelle 4-11 Prioritäten-Liste der Produkteigenschaften, geordnet nach den Elastizitäten der Produkteigenschaften. 144

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1 „Portfoliomatrix“ aus [130] mit Einordnung von Indikator-Typen. PS = passive Beeinflussung, AS = aktive Beeinflussung. 38

Abbildung 2-2 Grafische beispielhafte Darstellung der abschnittsweisen Definition von Bewertungsfunktionen für fallende und steigende Funktionen. 41

Abbildung 2-3 Grafische exemplarische Darstellung von differenzierbaren, monoton wachsenden Bewertungsfunktionen (Fall: Funktion steigend). 42

Abbildung 2-4 Grafische beispielhafte Darstellung einer abschnittsweise stetig differenzierbaren, monoton wachsenden Funktionen mit Knickstelle an einer Intervallgrenze. 43

Abbildung 2-5 Grafische beispielhafte Darstellung einer Funktionen mit Unstetigkeiten an einzelnen Punkten (Distributionen in Form von Treppen). 44

Abbildung 3-1 Struktur-Rahmen der Methode zur Analyse und Beurteilung des Einflusses von Produkteigenschaften auf die Gebäudebewertung. 60

Abbildung 3-2 Allgemeine Rechenschritte zur Ermittlung einzelner Indikatorergebnisse und einer Gebäudebewertung. 64

Abbildung 3-3 Ablaufdiagramm der Parametervariation zur Analyse des Einflusses von Produkteigenschaften auf die Gebäudebewertung. 66

Abbildung 3-4 Einzelschritte zur Festlegung der Relevanz-Abgrenzung von Bauprodukten gegenüber Indikatoren. 68

Abbildung 3-5 Funktionsweise der Indikator-Typen C, D, E innerhalb der allgemeinen Ursache-Wirkungs-Beziehung. 76

Abbildung 3-6 Zuordnungs-Matrix I unter Verwendung der Produktgruppen-Systematik der Ökobau.dat und der Bauelement-Struktur der DIN 276-1 82

Abbildung 3-7 Bauwerksordnung – Abschnitt der Hauptfunktion *Tragen* mit zugeordneten Kostengruppen der Bauelement-Struktur. 83

Abbildung 3-8a Bauwerksordnung – Abschnitt der Hauptfunktion *Einhüllen* (Teil 1/2) mit zugeordneten Kostengruppen der Bauelement-Struktur. 84

Abbildung 3-9 Bauwerksordnung – Abschnitt der Hauptfunktion *Ver- & Entsorgen* mit zugeordneten Kostengruppen der Bauelement-Struktur. 85

Abbildung 3-10 Schematischer Aufbau der dreidimensionalen Zuordnungs-Matrix II aus der zweidimensionalen Zuordnungs-Matrix I und den Indikatoren. 87

Abbildung 3-11 Schematische Darstellung der Abbildung der Zuordnungs-Matrix I als einzelne Zeilen. 88

Abbildung 3-12 Schematische Darstellung des Aufbaus der zweidimensionalen Zuordnungs-Matrix II, in der die Zeilen aus den Zuordnungs-Matrix I-Elementen $m1ij = 1$ gebildet werden. 88

Abbildung 3-13 Grundsätzlicher Aufbau der Indikatormodelle für die Indikator-Typen D und E. Der Index Δ weist auf Ergebnisse der Variation hin, im Gegensatz zu absoluten Ergebnissen der Rechenschritte. Der Index 0 kennzeichnet den Startwert des zu variierenden Parameters bzw. die für diesen Parameterwert ermittelten Ergebnisse. 90

Abbildung 4-1 Schallabsorptionsprofil des Wandabsorbers mit spezifischen Schallabsorptionsgraden je Oktavband [120]. 108

Abbildung 4-2 Schritt 1 der Optimierung der Produkteigenschaft Nachhallzeit mit dem Ziel der bestmöglichen Bewertung: Reduktion der mittleren Nachhallzeit unter den Wert 0,8 s. 136

Abbildung 4-3 Schritt 2 der Optimierung der Produkteigenschaft Nachhallzeit mit dem Ziel der bestmöglichen Bewertung: Erhöhung des Absorptionsgrads im 125 Hz-Band , um in allen Oktavbändern eine Abweichung von weniger als 30% vom Mittelwert zu erhalten. 137

Abbildung 4-4 Bewertungsstufen der Indikatoren der Recyclingfähigkeit mit gewichteten Ergebniswerten für das gewählte Szenario (2 Ausbau-Elemente). 141

Abbildung 4-5 Bewertungsfunktionen beider Indikatoren des Beispiels. 145

Abbildung 4-6 Einheitlicher Aufbau der Hüllflächen des Würfels im zweiten Anwendungsbeispiel. Die Abbildung ist [1] entnommen. 146

Abbildung 4-7 Indikatormodelle beider Indikatoren. Die Formeln repräsentieren die eingezeichneten Ausgleichskurven. 148

Abbildung 4-8 Indikatorergebnis-Kurven beider Indikatoren und Kurve des Gesamtergebnisses der vorliegenden Bewertung. 149

Nomenklatur

Abkürzungen

BGF	Bruttogrundfläche gemäß DIN 277
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr Bau und Stadtentwicklung
BNB	Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude
BRE	Building Research Establishment
BREEAM	BRE Environmental Assessment Method
CEN	Comité Européen de Normalisation (fr., Europäisches Komitee für Normung)
CSI	Construction Specifications Institute
CSC	Construction Specifications Canada
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.
EPD	Environmental Product Declaration, Umweltproduktdeklaration
FBZ	Funktions-Bauelement-Zuordnung
FIZ	Funktions-Indikator-Zuordnung
IBU	Institut Bauen und Umwelt e.V, dt. EPD-Programmhalter
ISO	International Standardization Organization
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
NGF	Nettogrundfläche gemäß DIN 277
PCR	Product Category Rules, Produktkategorieregeln
USGBC	U.S. Green Building Council
UNCED	United Nations Conference on Environment and Development (1992)

Formelzeichen und Indices

α	Indikatorgewicht
B	Bedeutung einer Produktgruppe im Rahmen eines Indikatormodells
E	Indikatorergebnis als Funktion der Bewertungsergebnisses W und des Indikatorgewichts α: $E = W \cdot \alpha$
E_Δ	Gesamtergebnis der Parametervariation für eine Produkteigenschaft
$E_{k,\Delta}$	Variationsergebnis eines Indikators k
ε_W	Elastizität einer Bewertungsfunktion
γ	Nebenbedingung der Bedeutung einer Produktgruppe
I_k	Indikator k
i	Index: Parameter bzw. Produkteigenschaft
k	Index: Indikator
$m1_{ij}$	Zuordnungs-Matrix I, i: Zeilen (Produktgruppen), j: Spalten (Bauelemente)
$m2_{ijk}$	Zuordnungs-Matrix II ij: Zeilen (Ergebnisse aus Matrix I), k: Spalten (Indikatoren)
μ	Mittelwert einer Normalverteilung
q	Bauprodukteigenschaft
q_0	Dokumentierte Produkteigenschaft. Ausgangswert der Parametervariation
q_Δ	Breite der Variation der Produkteigenschaft q
q_{max}	Maximaler Wert der Produkteigenschaft innerhalb der Parametervariation
q_{min}	Minimaler Wert der Produkteigenschaft innerhalb der Parametervariation
R	Indikatorwert als Funktion von x bzw. q: $R = R(x)$ bzw. $R = R(q)$

R_0	Startwert der Parametervariation
R_Δ	Variationsergebnis des Indikatorwerts
r_W	Wachstumsrate einer Bewertungsfunktion
σ	Standardabweichung einer Normalverteilung
W	Bewertungsergebnis als Funktion von x, q oder R: $W = W(x)$, $W = W(q)$ bzw. $W = W(R)$
W_k	Bewertungsergebnis des Indikators k
$W_{k,\Delta}$	Bewertetes Variationsergebnis des Indikators k
W_{k,Δ^+}	Bewertetes Variationsergebnis des Indikators k bei Variation zur Produktoptimierung
x	Beliebige Planungs- und Gebäudeparameter, Bauprodukteigenschaften q stellen eine spezifische Variante solcher Parameter dar

1 Einführung

Der Begriff Nachhaltigkeit, dessen Verwendung bereits aus dem 17. Jahrhundert bekannt ist[1], fand insbesondere durch drei Ereignisse Eingang in das öffentliche Bewusstsein. Erstens bemühte sich der Club of Rome[2] mit seinem Bericht „Die Grenzen des Wachstums“ [104] im Jahr 1972 ein Simulationsergebnis seines Weltmodells zu erhalten, „[...] das nachhaltig ist ohne plötzlichen und unkontrollierbaren Kollaps“. [104].

Zweitens veröffentlichte die Weltkommission für Umwelt und Entwicklung unter der Leitung der ehemaligen norwegischen Ministerpräsidentin Gro Harlem Brundtland im Jahr 1987 ihren Abschlussbericht unter dem Titel „Unsere gemeinsame Zukunft“ [83], der als „Brundtland-Report“ weltweit Beachtung fand. Darin wird unter anderem der Begriff der nachhaltigen Entwicklung geprägt und das Prinzip der gemeinsamen Betrachtung ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte beschrieben [83]. So wird dauerhafte (i.S.v. nachhaltige[3]) Entwicklung wie folgt definiert:

> *„Dauerhafte Entwicklung ist Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, daß künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.“* [83]

---

[1] Hans Carl von Carlowitz, im Kurfürstentum Sachsen als Oberberghauptmann zuständig für den Bergbau und die Forstwirtschaft beschrieb in der „Silvicultura oeconomica“ aus dem Jahr 1713 die Bedeutung einer nachhaltenden Waldwirtschaft für den Erhalt der Produktivität des Forstes: „Wird derhalben die größte Kunst/Wissenschaft/Fleiß und Einrichtung hiesiger Lande darinnen beruhen / wie eine sothane Conservation und Anbau des Holtzes anzustellen / daß es eine continuierliche beständige und nachhaltende Nutzung gebe / weiln es eine unentberliche Sache ist / ohne welche das Land in seinem Esse [i.S.v. Wesen] nicht bleiben mag.“ [29]

[2] „Der Club of Rome ist eine Vereinigung von Persönlichkeiten aus Wissenschaft, Kultur, Wirtschaft und Politik aus allen Regionen unserer Erde. Er wurde 1968 [...] in Rom ins Leben gerufen, mit dem Ziel, sich für eine lebenswerte und nachhaltige Zukunft der Menschheit einzusetzen.[...]“ [36]

[3] Der im Original genutzte Begriff „sustainable“ wurde hier mit dem Begriff „dauerhaft“ übersetzt, in der Zwischenzeit ist die Übersetzung mit „nachhaltig“ allgemein anerkannt.

Und drittens führte die Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung (UNCED) 1992 in Rio de Janeiro (häufig als Erdgipfel, „Earth Summit“ bezeichnet)[4] zu einer intensiven Auseinandersetzung mit Fragen der nachhaltigen Entwicklung. In der Folge kam es zur Verabschiedung internationaler Abkommen und Vereinbarungen in verschiedenen Bereichen [94]. Besonders erwähnenswert ist das *Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen* [134], das die Grundlage für das Kyoto-Protokoll darstellt. Das dort ausgehandelte *Übereinkommen über die biologische Vielfalt* [135] stellt die Grundlage für verschiedene Folgekonferenzen, Vereinbarungen und Maßnahmen dar.

Diese Arbeit trägt zur Weiterentwicklung des Konzeptes des nachhaltigen Bauens bei. Sie konzentriert sich auf das Themenfeld der Produktentwicklung, indem sie eine Methode vorstellt, mit der der Einfluss von Produkteigenschaften auf die Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden beurteilt werden kann. Diese Beurteilung soll Bauproduktherstellern als Grundlage dienen, mit der sie ihre Produkte hinsichtlich des Einsatzes in der Gebäudezertifizierung verbessern können.

1.1 Nachhaltiges Bauen

Dem Prinzip der Nachhaltigkeit wird im Bauwesen zunehmende Bedeutung beigemessen. Als Ursachen können hier unter anderem ein steigendes Bewusstsein für den Ressourceneinsatz und die damit verbundene Verantwortung der Bauwirtschaft, sowie die Hoffnung nach einer verbesserten Wertstabilität von Immobilien genannt werden [128].

Historisch entwickelten sich einzelne Aspekte, die als Schutzziele unter dem Begriff der Nachhaltigkeit zu finden sind. Dazu gehören soziale und kulturelle Aspekte, die durch eine bewusste Architektur von Gebäuden als Teil der kulturellen Identität, ebenso wie als Lebens- und Arbeitsraum, entwickelt wurden. [96]

Die bewusste Auseinandersetzung von Planern mit dem Lebenszyklus von Gebäuden und die Entwicklung von Bilanzierungsverfahren (Stoffstromanalysen, Energiebilanzverfahren, Ökobilanzen, ...) seit den 1970er Jahren führte zu einer zu-

---

[4] Vgl. http://www.un.org/geninfo/bp/enviro.html

nehmend intensiver werdenden Berücksichtigung von Fragestellungen der Nachhaltigkeit. [96] Forschungsprojekte zur Erstellung einer Datengrundlage für die Erstellung von Ökobilanzen im Bauwesen wie [72] unterstützten die Entwicklung und Akzeptanz von Mechanismen wie der Ökobilanz als ökologische Analyse des Lebenszyklus von Gebäuden und Bauprodukten und bilden die Basis für umfassende Baustoff-Datenbanken für ökologische Kenndaten.

Seit einigen Jahren sind einzelne Gebäude als Leuchtturmprojekte des nachhaltigen Bauens [5], und ganze Stadtentwicklungsprojekte wie Masdar City in Abu Dhabi, Vereinigte Arabische Emirate [2], zu finden, die Nachhaltigkeit zur Kern-Aufgabe der Architektur und der Stadtplanung erklärten.

In der Folge der Entwicklung des Nachhaltigkeitskonzepts im Bauwesen fand die Nachhaltigkeit Eingang in die Normung im Bauwesen. Auf Basis eines Mandats der Europäischen Kommission [68] erarbeitet das europäische Normungsgremium CEN/TC 350 seit 2005 eine Normungsfamilie zur Beschreibung der Nachhaltigkeit im Bauwesen [30]. Rahmen-Normen beschreiben die allgemeinen Grundlagen, insbesondere die Verwendung des Drei-Säulen-Modells der Nachhaltigkeit und die Notwendigkeit der Betrachtung des gesamten Lebenszyklus von Bauwerken [59]. Die Rahmendokumente konkretisieren die Beschreibung der Nachhaltigkeit mit analytischen Methoden, separat für die ökologische [63], die ökonomische [61] und die soziale Säule [62]. Weitere Normen beschreiben für die ökologische Säule die Rechenregeln für Ökobilanzen von Gebäuden [60] und die Grundlagen für die Erstellung von Umweltproduktdeklarationen [64].

Die Normungsarbeit schafft eine technische Grundlage, mit der den Anforderungen der 2011 verabschiedeten Bauprodukteverordnung [69] Rechnung getragen wird. Die Bauprodukteverordnung ersetzt die Bauproduktenrichtlinie von 1988 [125] als rechtliche Grundlage für die Inverkehrbringung von Bauprodukten im Europäischen Wirtschaftsraum. Gegenüber der Richtlinie enthält sie eine Ergänzung der dritten Grundanforderung[5] um den *Schutz der Umwelt* [69, 128]. Darüber hinaus wurde eine neue, siebte Grundanforderung *Nachhaltige Nutzung der Natürlichen Res-*

---

[5] Die Bauproduktenrichtlinie (CPD) von 1988 enthielt sechs *wesentliche Anforderungen*, die Bauprodukteverordnung (CPR) von 2011 enthält sieben *Grundanforderungen*.

sourcen, eingefügt [69, 128]. Dies führt zu einer verstärkten Auseinandersetzung der Bauwirtschaft – insbesondere der Hersteller von Bauprodukten – mit den Anforderungen der Nachhaltigkeit.

Soll der Nachhaltigkeitsgedanke im Bauwesen umfassend Anwendung finden, ist der Einsatz von Instrumenten mit großer Breitenwirkung erforderlich. Diese wird zum einen durch den rechtlichen Rahmen und die unterstützende Normung erreicht und zum anderen durch verschiedene Systeme zur Bewertung und Zertifizierung nachhaltiger Gebäude. So haben nachhaltig zertifizierte Immobilien höhere Investitionsvolumina, höhere Renditen und reduzierte Risiken [67, 84]. Gleichzeitig ergeben Umfragen in der Immobilienbranche, dass nachhaltige Immobilien zunehmend Marktrelevanz erlangen [67, 84].

Zertifizierungssysteme, wie das 1990 in Großbritannien eingerichtete System *BRE Environmental Assessment Method (BREEAM)* [24] oder das US-amerikanische *Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)* [133] haben international eine beachtliche Bekanntheit erlangt [128]. In Deutschland existieren mit dem *Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB)* unter der Regie des BMVBS und dem Zertifizierungssystem der DGNB zwei sehr eng verwandte Systeme (vgl. [128]). Während die oben getroffenen Aussagen für das privatwirtschaftlich orientierte System der DGNB zutreffen, können bei öffentlichen Gebäuden Wertüberlegungen keine oder nur eine untergeordnete Rolle spielen. Die Bundesregierung nimmt jedoch eine Vorbildfunktion im nachhaltigen Bauen ein, indem die Anwendung des Bewertungssystems für Bundesbauten (in Verbindung mit der Anwendung des Leitfadens Nachhaltiges Bauen [20]) und ein erforderliches Qualitätsniveau von 65% der Maximalbewertung per Erlass für Neubauten des Bundes zwingend vorgegeben wird [9]. Die vorliegende Arbeit entwickelt eine Methode, die speziell im Themenfeld der Gebäudezertifizierung Wirkung entfalten kann.

1.2 Motivation der Dissertation

Zertifizierungssysteme machen Vorgaben, nach welchen Kriterien und Aspekten Gebäude zu errichten sind. Hieraus lassen sich Aufgaben und Handlungsfelder für Planer und Bauausführende direkt ableiten. Der Immobilienwirtschaft fällt die Auf-

gabe zu, eventuelle zusätzliche Investitionskosten für höhere Nachhaltigkeits-Qualitäten zu erläutern und zu finanzieren.

Bauproduktthersteller sehen sich in Hinblick auf Zertifizierungssysteme mit zwei Aufgaben konfrontiert: zum einen werden aus dem Zertifizierungsprozess heraus mehr Informationen über Bauprodukte gefordert, als es in der Vergangenheit der Fall war. Hier bieten z.B. Internet-basierte Produktdatenbanken wie der *BRE Green Guide to Specification* [26] oder der DGNB Navigator [45, 48] pragmatische Lösungsansätze, um die relevanten Produktinformationen dem Nutzer (Planer, Auditor, Assessor…) zur Verfügung zu stellen.

Zum anderen stehen Produkthersteller vor der Aufgabe, ihre Produkte „nachhaltiger“ zu gestalten. Gleichzeitig wird die Frage nach der Güte eines Bauprodukts gegenüber einer Nachhaltigkeitsbewertung häufig vermieden. Das Argument für den Verzicht einer Qualitäts-Wertung für Bauprodukte ist, dass ein Produkt erst im Kontext seiner Verwendung im Gebäude seine Funktion wahrnehmen kann. Dementsprechend ist die Qualität für Produkte nicht ohne diesen Gebäude-Kontext darstellbar [87]. Tatsächlich erschwert dieser Sachverhalt – bei aller Berechtigung – die kritische Auseinandersetzung mit Qualitätseigenschaften von Bauprodukten. So sind keine systematischen Lösungsansätze bekannt, die eine Produktoptimierung hinsichtlich der Verwendung der Produkte in der Gebäudezertifizierung anstreben oder vorbereiten.

Diese Arbeit greift diesen Mangel auf und legt die methodische Basis, um den Einfluss der Produkteigenschaften auf das Gebäudebewertungsergebnis analysieren und beurteilen zu können. Aus der Beurteilung dieses Einflusses können Lösungsansätze für die Verbesserung – Optimierung – von Bauprodukten entwickelt werden. Mit dieser Arbeit wird das Betätigungsfeld für Bauproduktthersteller von der bloßen Dokumentation in eine aktive Rolle der Produktverbesserung erweitert.

1.3 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in acht Kapitel. Nach der Einführung und Erläuterung der Motivation der Arbeit in Kapitel 1 wird in Kapitel 2 der Stand des Wissens erläutert. Neben einer Darstellung des Standes der Technik im Bereich der in dieser Arbeit diskutierten Fragestellungen werden die Grundlagen, die in der Me-

thodenentwicklung zum Einsatz kommen, erläutert. Die Bewertung des Standes des Wissens am Ende des Kapitels zeigt den Bedarf für die in dieser Arbeit entwickelte Methode.

Kapitel 3 ist der Entwicklung dieser Methode gewidmet. Das Kapitel beschreibt Anforderungen an die Methode, legt die Methode in allen Details dar und fasst die wesentlichen Erkenntnisse zusammen. Das Vorgehen der Methode gliedert sich in drei Abschnitte. Im ersten Abschnitt werden Relevanz-Abgrenzungen zwischen Bauprodukten und Nachhaltigkeitsindikatoren ermittelt. Für die als relevant identifizierten Indikatoren werden Indikatormodelle beschrieben, mit denen der Einfluss einer Bauprodukteigenschaft auf eine Gebäudebewertung berechnet werden kann. Auf Basis der Indikatormodelle werden abschließend Parametervariationen durchgeführt, um den Einfluss von Produkteigenschaften auf die Gebäudebewertung zu beurteilen. Hierfür wird zwischen vier Anwendungsfällen unterschieden, für die das Vorgehen aussagekräftige Ergebnisse erzeugen kann.

In Kapitel 4 wird die Methode anschließend an zwei Beispielen demonstriert. Das erste Beispiel beschreibt dabei die Anwendung der Methode für ein Produkt und ein bestehendes Gebäude-Zertifizierungssystem. Für einen Akustik-Wandabsorber wird der Einfluss auf die Gebäude-Zertifizierung der DGNB ermittelt. Das zweite Beispiel illustriert die Anwendbarkeit der Methode auf eine spezielle Fragestellung. Für zwei gegenläufige Indikatoren wird der optimale Wert einer Bauprodukteigenschaft ermittelt.

In Kapitel 5 wird die Methode anhand der Anforderungen an sie und mit den Erkenntnissen der Anwendungsbeispiele evaluiert. Kapitel 6 schließt sich mit einer selbstkritischen Bewertung der Methode an. Kapitel 7 fasst die Arbeit zusammen und Kapitel 8 gibt schließlich Hinweise auf weitere (mögliche) Entwicklungen, die auf der vorliegenden Arbeit aufbauen können.

Im Anhang sind Tabellen und Aufzählungen der Methode und der Anwendungsbeispiele zu finden.

2 Stand des Wissens

Kapitel 2 beinhaltet das für diese Arbeit relevante Hintergrundwissen. Unter Ziffer 2.1 werden die methodischen und strukturellen Grundlagen für die Entwicklung der Methode beschrieben. Ziffer 2.2 gibt einen Überblick über Instrumente zur Analyse, Beurteilung und Bewertung von Nachhaltigkeitsaspekten von Bauprodukten wieder. Unter Ziffer 2.3 wird der Stand der Technik schließlich bewertet. Hieraus ergibt sich der Bedarf an der in Kapitel 3 dargestellten Methode.

2.1 Grundlagen

Systeme zur Gebäudebewertung oder Gebäudezertifizierung stellen die Grundlage der Methode dar (Ziffer 2.1.1). Verschiedene Ordnungssysteme, die im Bauwesen zum Einsatz kommen, dienen der Strukturierung einzelner Elemente der Methode (Ziffer 2.1.2). Unter Ziffer 2.1.3 sind die methodischen Grundlagen für Kapitel 3 (Indikator-Klassifizierung, Bewertungsfunktionen) dargestellt.

2.1.1 Gebäudebewertung und -zertifizierung

Anwendungsfeld der Methode ist der Bereich der Bewertung und Zertifizierung der Nachhaltigkeit von Gebäuden. Weltweit existiert eine Vielzahl von Bewertungs- und Zertifizierungssystemen für Nachhaltige Gebäude. Bestehende Systeme unterscheiden sich im Gegenstand ihrer Betrachtung, ihrer Komplexität und der adressierten Gebäudetypen [111]. Es gibt Bewertungs- und Zertifizierungssysteme, die mit einer Zeichenvergabe eine Zielerreichung bestätigen, und solche, die als „Ratingsysteme“ zur freiwilligen Anwendung kommen [111]. Neben Systemen, die mehrere Domänen z.B. alle drei Säulen der Nachhaltigkeit adressieren (z.B. BREEAM [24], LEED [133], DGNB [98], BNB [9]), bewerten andere ausschließlich oder schwerpunktmäßig Einzelaspekte (z.B. EU-GreenBuilding [66, 78]) [111]. Eine Übersicht über die wichtigsten Zertifizierungssysteme mit ihren Bewertungsverfahren, Inhalten und Zertifizierungsabläufen ist in [65] zu finden.

In Deutschland gibt es mit dem Zertifizierungssystem DGNB [44] und dem Bewertungssystem BNB [14] des BMVBS zwei inhaltlich eng verwandte Systeme. Neben Unterschieden in den Festlegungen der Bewertungsmethoden unterscheiden sie

sich im organisatorischen Kontext. Das BMVBS stellt ein Bewertungssystem zur Verfügung, das aus Nachhaltigkeitskriterien und einem Bewertungsschlüssel besteht. Dieses System kann auf freiwilliger Basis für einzelne Bauvorhaben angewendet werden, für Bundesbauten wird die Verwendung sukzessiv verpflichtend [9].

Die DGNB bettet das Bewertungssystem in Mechanismen ein, die die Bestätigung der erzielten Qualität mit Hilfe eines Zertifikats ermöglicht. Zu diesem Zertifizierungssystem gehören die Einrichtung einer Zertifizierungsstelle einschließlich Mechanismen zur Qualitätssicherung und die unabhängige Überprüfung von Projektunterlagen hinsichtlich der Übereinstimmung mit den gestellten Anforderungen (Konformitätsprüfung). Auch die Ausbildung, Prüfung und Zulassung von Auditoren – mit der Berechtigung zur Einreichung von Projektunterlagen – ist Teil des Zertifizierungssystems. Das BMVBS gestattet die Verwendung des BNB-Bewertungssystems im Rahmen einer Zertifizierung und formuliert Anforderungen an einen Zertifizierungsprozess und die zertifizierende Stelle. Auf dieser Grundlage erkennt das BMVBS Zertifizierungssysteme an. [16, 98]

Für die vorliegende Arbeit sind die Inhalte von Katalogen mit Nachhaltigkeitskriterien und die zusammenführende Bewertung von Bedeutung. Mit den Begriffen *Zertifizierungssystem* und *Bewertungssystem* wird im Folgenden der Verbund aus Kriterienkatalog und Bewertungsschlüssel (s.u.) bezeichnet.

Die Nachhaltigkeitskriterien beider Systeme definieren einzelne Qualitäten, die für ein nachhaltiges Gebäude als relevant angesehen werden. Für sie sind in Kriterien-Steckbriefen die Messgrößen und ihre Quantifizierung beschrieben. Regeln zur Bewertung der Messgrößen innerhalb des Kriteriums sind eindeutig definiert. Ein Kriterium kann eine oder mehrere (separat) bewertete Messgrößen enthalten: die Indikatoren. Sie stellen die kleinste bewertete Einheit in einem Bewertungs- oder Zertifizierungssystem dar. Für jedes BNB-Kriterium werden maximal 100 Punkte vergeben. Enthält ein Kriterium mehrere Indikatoren, legt der Steckbrief die Aufteilung dieser 100 Punkte auf die Indikatoren fest. [9]

Die Nachhaltigkeitskriterien sind in sechs *Hauptkriteriengruppen* (Bezeichnung des BNB, [9]) bzw. *Themenfelder des Nachhaltige Bauens* (Bezeichnung der DGNB,

[44]) gegliedert[6]. Fünf davon bilden die Objektqualität, die Gegenstand der Gesamtbewertung ist. Die Standortqualität als sechste Gruppe wird separat gewertet und findet keinen Eingang in das Gesamtergebnis. Sie ist nicht Bewertungsgrundlage für die Zeichenvergabe der DGNB [9, 44].

Innerhalb jeder Gruppe werden die Kriterien gegeneinander gewichtet und erhalten dadurch ein individuelles Gewicht im Bewertungssystem. Die Bewertungsschlüssel beider Systeme geben diese Gewichte wieder und führen die Indikatorergebnisse zu einer Gesamtbewertung, dem *Erfüllungsgrad*, zusammen. Auf Basis dieses Erfüllungsgrads erfolgt eine Benotung mit Schulnoten oder Vergabe des Zertifizierungszeichens. [9, 16, 44, 98]

Die Kriterienkataloge und Bewertungsschlüssel liegen für unterschiedliche Gebäudetypen vor [9, 44]. Das Prinzip der Bewertung einzelner Aspekte und die Zusammenführung der Bewertungsergebnisse zu einer Gesamtbewertung ist auch in anderen Zertifizierungssystemen (z.B. LEED [6, 132], BREEAM [24]) zu finden und wird für die vorliegende Arbeit als Voraussetzung festgelegt (vgl. Ziffer 3.3.1).

Unterschiedliche Aspekte von Bewertungs- und Zertifizierungssystemen sind Gegenstand zahlreicher Publikationen. Hier seien exemplarisch Veröffentlichungen aufgeführt, die unterschiedliche Betrachtungen von Bewertungs- und Zertifizierungssystemen vornehmen. Dazu zählen:

- Diskussionen der Inhalte und Zusammenhänge der Systeme und ihrer Weiterentwicklung [6, 65, 111, 113, 128, 130],
- die Übertragung der Nachhaltigkeitsbewertung auf neue Anwendungsbereiche [10, 106],
- die Diskussion einzelner Aspekte der Gebäudebewertung [96, 119, 139, 140, 141, 142],
- Analysen der Zertifizierungsprozesse und Hintergründe von Zertifizierungen [137],

---

[6] Diese Themenfelder bzw. Hauptkriteriengruppen sind (in beiden Systemen gleich): *Ökologische Qualität*, *Ökonomische Qualität*, *Soziokulturelle und funktionale Qualität*, *Technische Qualität*, *Prozessqualität* und *Standortqualität*.

- Betrachtungen immobilienwirtschaftlicher Aspekte und der Wertentwicklung von Immobilien [7, 67, 77, 84] oder
- die Betrachtung rechtlicher Aspekte der Zertifizierung [126].

DGNB-Zertifizierungssystem, Profil für den Neubau von Büro- und Verwaltungsgebäuden, Version 2009 (NBV09)

Die DGNB pflegt mehrere Nutzungsprofile für unterschiedliche Gebäudetypen. Für den Neubau von Büro- und Verwaltungsgebäuden verfügt die DGNB über das Profil „NBV09“. Es stellt das erste am Markt verfügbare Nutzungsprofil der DGNB und gleichzeitig um das erste Zertifizierungssystem in Deutschland dar, das entsprechend den Regeln aus [16] durch das BMVBS anerkannt wurde [122]. Das Nutzungsprofil NBV09 dient in Kap. 4 als Beispiel.

Der Kriterienkatalog des Nutzungsprofils NBV09 enthält insgesamt 42 Kriterien für die Objektbewertung sowie weitere sechs Kriterien für die Standortbewertung. Da die Standortbewertung im DGNB-System grundsätzlich nicht in die Gebäudebewertung einfließt, sondern eine separate Bewertung erhält, wird sie im Folgenden nicht weiter betrachtet. Für jedes Kriterium sind in einem Steckbrief der Gegenstand der Bewertung, Rechenregeln und die Zusammenführung zu einer Kriterienbewertung aufgeführt. Es gibt Kriterien mit nur einer Messgröße bzw. Indikator, andere Kriterien umfassen bis zu elf Indikatoren. Insgesamt enthält das Nutzungsprofil NBV09 144 Einzelindikatoren.

Der Bewertungsschlüssel gliedert die 42 Kriterien der Objektqualität in fünf Qualitäten, die jeweils mit einem eigenen Gewicht ausgestattet sind. Während die *Ökologische Qualität*, die *Ökonomische Qualität*, die *Soziokulturelle und funktionale Qualität* und die *Technische Qualität* jeweils ein Gewicht von 22,5% haben, wird der Prozessqualität ein Gewicht von 10% zugewiesen. Bedeutungsfaktoren weisen innerhalb den Qualitäten jedem Kriterium eine Bedeutung von 1, 2 oder 3 zu. Mit diesen Bedeutungsfaktoren werden die Kriterien gegeneinander gewichtet und das Gewicht der Qualität aufgeteilt. In Abhängigkeit der Anzahl der Kriterien innerhalb einer Qualität ergeben sich auf diesem Weg Gewichte für einzelne Kriterien zwischen 0,8% (z.B. Kriterium Nr. 27 *Flächeneffizienz*) und 13,5% (Kriterium Nr. 16 *Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus*).

Die Aufteilung der 42 Kriterien in 144 Indikatoren hat zur Folge, dass die Gewichte einzelner Indikatoren teilweise sehr gering ausfallen. So ergeben sich z.B. für Indikatoren des Kriteriums 24 *Gebäudebezogene Außenraumqualität* teilweise Gewichte von lediglich 0,04% an der Gesamtbewertung des Zertifizierungssystems.

Für das weitere Anwendungsbeispiel werden die Einzelindikatoren innerhalb der Kriterien und ohne Berücksichtigung einer Zugehörigkeit zu Kriterien betrachtet. Enthält ein Kriterium lediglich einen Indikator, erfolgt dort keine Differenzierung zwischen Kriterium und Indikator und im Weiteren wird die Bezeichnung *Indikator* einheitlich genutzt.

2.1.2 Ordnungssysteme im Bauwesen

Für unterschiedliche Aufgaben und Fragestellungen gibt es im Bauwesen Systeme, die bestimmte Arten von Information ordnen. Sie dienen in der Regel dem Zweck der Standardisierung organisatorischer Aufgaben in der Bauwerksplanung und –errichtung, z.B. das Standardleistungsbuch für Bauleistungen, eine Sammlung von Mustertexten für die Ausschreibung von Bauleistungen. Die *DIN 276-1 Kosten im Bauwesen – Teil 1: Hochbau* [55] gibt eine Struktur von Kostenpositionen vor, die bei der Ermittlung von Kosten von Bauleistungen für Bauvorhaben des Bundes verpflichtend anzuwenden ist[7] [15].

In der Architektur kann eine Gebäudeordnung in „drei fundamentale[...] Dimensionen“ [105] gegliedert werden. Diese drei Kategorien, *Form*, *Funktion* und *Konstruktion* nach [105] entsprechen den Grundprinzipien der Architektur nach Vitruv (1. Jh. v. Chr.)[8] , *firmitatis*, *utilitatis* und *venustatis* (Festigkeit, Zweckmäßigkeit und Anmut) [105, 136].

---

[7] Die *Richtlinien für die Durchführung von Bauaufgaben des Bundes (RBBau)* verpflichten die Verwendung der DIN 276 für die Ermittlung von Kosten [15].

[8] „Diese Bauten müssen aber so ausgeführt werden, dass dabei der Festigkeit, Zweckmäßigkeit und Schönheit Rechnung getragen wird.“ („Haec autem ita fieri debent, ut habeatur ratio firmitatis, utilitatis venustatis.“) [136]

Im Rahmen der Methodenentwicklung in Kap. 3 wird auf verschiedene Ordnungssysteme zurückgegriffen, die den dort definierten Anforderungen gerecht werden. Im Folgenden werden die benötigten Ordnungssysteme dargestellt und beschrieben.

Bauwerksordnung nach funktionalen Gesichtspunkten

In [105] werden die „drei fundamentalen Dimensionen“ der Gebäudeordnung als Grundlage für den Aufbau einer umfassenden Ordnung eingesetzt. Von besonderem Interesse für diese Arbeit ist die dort wiedergegebene Struktur der Ordnung des Gebäudes nach funktionalen Gesichtspunkten (vgl. Abschnitt *V* in [105]). Auf diese Gliederung wird im Folgenden näher eingegangen.

Gebäudefunktionen werden in drei „bauliche Hauptfunktionen“ [105], *Tragen*, *Einhüllen*, sowie *Ver- und Entsorgen* unterschieden. Neben diesen drei Hauptfunktionen werden weitere Aufgaben erwähnt, die die Planung und Ausführung einer Baukonstruktion beeinflussen können: Wiederverwertung der Konstruktion, Dauerhaftigkeit der Funktionserfüllung, Ökonomie der Baumaßnahme, Fertigungs- und Montagegerechtigkeit der Struktur sowie Gewinnung von Sonnenenergie. Diese Aufgaben stellen keine unmittelbaren konstruktiven Faktoren dar und finden daher keine weitere Beachtung. [105]

Die Hauptfunktion *Tragen* wird mit der Aufgabe der Gewährleistung der Standfestigkeit und der Sicherstellung der Gebrauchstauglichkeit, in Verbindung mit der Minimierung von Verformungen des Gebäudes, begründet. Die Untergliederung der Funktion des Tragens wird in drei *Hierarchieebenen* gegliedert: *Primärtragwerk*, *Sekundärtragwerk* und *Tertiärtragwerk*. Das Sekundär- und das Tertiärtragwerk wird generell der *Gebäudehülle* zugeschrieben. [105]

Innerhalb der Hauptfunktion *Einhüllen* werden mehrere Teilfunktionen unterschieden, die ihrerseits wiederum in Unterfunktionen unterteilt sein können. Die folgende Aufstellung beschreibt Teilfunktionen der Hauptfunktion *Einhüllen* [105] (Abschnitt *V Funktionen*, S.347):

- Windschutz;
- Schutz vor Niederschlag;
- thermische Konditionierung, [mit]
- Wärmeschutz,

- thermischer Ausgleich,
- passive solare Wärmegewinne;
- Kontrolle des Dampfhaushalts, [mit]
- Kontrolle der Feuchtebildung innerhalb der Konstruktion,
- Regulierung der relativen Raumluftfeuchte;
- natürliche Belüftung;
- Belichtung;
- Schallschutz;
- Brandschutz;
- Sicht-, Blend-, Sonnenschutz;
- Schutz vor Eindringen;
- raumakustische Konditionierung.

Die dritte Hauptfunktion *Ver- und Entsorgen* stellt eine Aufgabe der Technischen Gebäudeausstattung dar und ist häufig von den *funktionalen Teilsystemen Tragwerk* und *Hülle* getrennt [105]. Sie gliedert sich ebenfalls in Teilfunktionen und diese in einzelne Unterfunktionen. Diese sind [105] (Abschnitt *V Funktionen*, S.347):

- Versorgen mit Heizwärme
- durch Umlagerung,
- nicht regenerativ,
- regenerativ;
- Versorgen mit Kühle
- durch Umlagerung,
- nicht regenerativ,
- regenerativ;
- künstliche Belüftung;
- Beleuchtung;
- Versorgen mit Wasser, [d.h.]
- Versorgen mit Kaltwasser,
- Versorgen mit Brauchwasser,
- Entsorgen von Abwasser;
- Versorgen mit Elektrizität, [genauer mit]
- Starkstrom,
- Schwachstrom,
- Funkwellen;

- Kontrolle von Stromflüssen, [durch]
- Blitzschutz,
- Potenzialausgleich.

Im Rahmen der Methodenentwicklung wird unter Ziffer 3.3.4 auf diese funktionale Bauwerksordnung zurückgegriffen und für die Zwecke der Methode angepasst. Die Bedeutung einer Ordnungsstruktur für Gebäude nach funktionalen Gesichtspunkten hat ihren Wert in der einheitlichen Beschreibung der Zweckerfüllung durch das Bauwerk. Diese Zweckerfüllung muss durch das Gebäude als Ganzes oder durch einzelne Bauelemente erfüllt werden und die Teilfunktionen können einem oder mehreren Bauelementen oder Bauteilen zugewiesen werden. Darüber hinaus adressieren zahlreiche Nachhaltigkeitskriterien für Gebäude – aus der Natur der relevanten Aspekte eines Gebäudes heraus – einzelne oder mehrere Teilfunktionen der gegebenen Gliederung. Auf dieser Basis wird ein Abgleich von Nachhaltigkeitskriterien mit Gebäudefunktionen ermöglicht. Dieses Prinzip des Abgleichs verschiedener Aspekte miteinander wird in Kap. 3 verfolgt.

Bauelement-Struktur

Neben der Gliederung von Bauwerksfunktionen stellen Strukturierungen von Gebäuden in einzelne Bauelemente eine weitere Form von Ordnungssystemen dar. Im Folgenden wird die *DIN 276* [55] beschrieben.

DIN 276-1 Kosten im Bauwesen, Teil 1: Hochbau

Die *DIN 276-1 Kosten im Bauwesen, Teil1: Hochbau* [55] beschreibt die Ermittlung von Baukosten zu verschiedenen Zeitpunkten des Planungs- und Baufortschritts. Die Norm stellt eine Struktur mit Kostengruppen für anfallende Kosten bereit. Die Systematik dieser Kostengliederung wird über drei Hierarchieebenen mit zunehmender Detaillierung und dreistelligen Ordnungszahlen aufgespannt. Die oberste Ebene umfasst sieben Kostengruppen [55]:

- 100 Grundstück,
- 200 Herrichten und Erschließen,
- 300 Bauwerk – Baukonstruktion,
- 400 Bauwerk – Technische Anlagen,
- 500 Außenanlagen,
- 600 Ausstattung und Kunstwerke,

- 700 Baunebenkosten.

Die Kostengruppen 300 und 400 beschreiben im Wesentlichen einzelne Elemente eines Gebäudes in einer allgemeingültigen Struktur, die die einzelnen Bauelemente und Anlagenteile des Gebäudes umfasst. Die Kostengruppen der zweiten Gliederungsebene sind für die Kostengruppen 300 und 400 im Folgenden dargestellt [55]:

Kostengruppe 300:

- 310 Baugrube,
- 320 Gründung,
- 330 Außenwände,
- 340 Innenwände,
- 350 Decken,
- 360 Dächer,
- 370 Baukonstruktive Einbauten,
- 390 Sonstige Maßnahmen für Baukonstruktionen[9].

Kostengruppe 400:

- 410 Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen,
- 420 Wärmeversorgungsanlagen,
- 430 Lufttechnische Anlagen,
- 440 Starkstromanlagen,
- 450 Fernmelde- und informationstechnische Anlagen,
- 460 Förderanlagen,
- 470 Nutzungsspezifische Anlagen,
- 480 Gebäudeautomation,
- 490 Sonstige Maßnahmen für technische Anlagen.

In dieser Aufstellung beschreiben die Kostengruppen 310, 390 und 490 nicht unmittelbar Bauelemente des Gebäudes, sondern Kosten, die in Verbindung mit der Aushebung der Baugrube oder dem Bauwerk in Form von Prozesskosten (z.B. Baustellenbetrieb oder Instandsetzungsmaßnahmen) stehen oder temporäre Einrichtungen darstellen. Die verbleibenden Kostengruppen 320 bis 370 und 410 bis

---

[9] Die Kostengruppe 380 ist in [55] nicht belegt.

480 können, gegebenenfalls mit ihren Untergliederungen, als allgemeingültige Struktur von Bauelementen eines Gebäudes genutzt werden. Diese Kostengruppen als Bauelement-Struktur werden im Rahmen der in dieser Arbeit vorgestellten Methode unter Ziffer 3.3.3 verwendet und beschrieben.

In Deutschland erscheint die Verwendung der Struktur der DIN 276-1 als Bauelement-Struktur naheliegend. Zahlreiche planerische Prozesse greifen auf die Struktur der DIN 276-1 zurück, z.B. die Honorarordnung für Architektur- und Ingenieurleistungen (HOAI) [28] oder die Ermittlung von Kosten für Bauaufgaben des Bundes (vgl. S.28, insbesondere Fußnote 7). Im Rahmen der Gebäudezertifizierung wird in den Regeln der DGNB und des BMVBS ebenfalls auf die DIN 276-1 Bezug genommen. Beide Systeme verweisen für die zu berücksichtigenden Elemente und Prozesse der Ökobilanz, für die Strukturierung von Ökobilanz-Ergebnissen und für die anzurechnenden Investitionskosten zur Berechnung der Lebenszykluskosten auf die Kostengruppen 300 und 400 der DIN 276-1 [18, 19, 38, 39].

Die Verwendung der Kostengruppen der DIN 276-1 als Bauelement-Struktur stellt eine Empfehlung im Rahmen der Methodenentwicklung dar. In Kap. 3 wird gleichzeitig darauf hingewiesen, dass es für eine Verwendung der Methode in anderen Regionen (z.B. anderen Ländern) erforderlich sein kann, ein anderes Ordnungssystem zu verwenden. Dies kann z.B. sein:

- die Systematik der *Industry Foundation Classes (IFC)*, eine Struktur-Bibliothek für den standardisierten Datenaustausch zwischen Softwareanwendungen im Bauwesen [91, 100, 144]
- das *CSI/CSC Uniformat*, ein System, das Bauelemente und Kosten hierarchisch gliedert [33],
- *das ASTM Uniformat II*, ein System mit dem gleichen Anwendungszweck wie *CSI/CSC Uniformat* [4, 31] oder
- die *OmniClass*-Systematik, die u.a. auf der *Uniformat*-Struktur aufbaut [114].

Ökobau.dat-Systematik zur Differenzierung von Produktgruppen

Eine der Aufgaben in der Anwendung der in dieser Arbeit vorgestellten Methode ist die Einordnung des zu betrachtenden Produkts in eine Produktgruppen-Struktur. Mit der Struktur der Ökobau.dat-Datenbank [17] wird eine mögliche Produktgruppen-Struktur vorgestellt, die wie unter Ziffer 3.3.3 beschrieben eingesetzt werden

kann. Alternativ zur Struktur der Ökobau.dat kann die *MasterFormat*-Systematik [34, 35, 80, 145] zum Einsatz kommen.

Die *Ökobau.dat* ist eine vom BMVBS finanzierte Datenbank mit Ökobilanz-Daten für typische Bauprodukte. Die Datenbank wurde von der PE INTERNATIONAL AG auf Basis der GaBi-Datenbank für Ökobilanz-Daten [115] erstellt. Die Ökobau.dat dient als Basisdatenbank für Durchschnittsdaten von Bauprodukten und als zentrale Sammelstelle für Umweltproduktdeklarationen (EPD) von Bauprodukten.

Die Ökobilanz-Daten sind Datensätze für einzelne Lebenswegabschnitte. So enthält die Ökobau.dat insbesondere sog. „Cradle-to-Gate"-Datensätze, die den Lebenswegabschnitt von der Rohstoffbereitstellung bis zum Verlassen des Werkstors des Produktherstellers beschreiben. Darüber hinaus sind für Datensätze haustechnischer Anlagen Nutzungsdatensätze vorhanden, die für den jeweiligen Wärmeerzeuger die Bereitstellung thermischer Energie abbildet. Diese Datensätze umfassen die Bereitstellung des Brennstoffs und die Umwandlung in thermische Energie in der jeweiligen haustechnischen Anlage. Als dritte signifikante Kategorie liegen sog. „End-of-Life"-Datensätze in der Datenbank vor, also solche, die das Recycling oder die anderweitige Verwertung von Bauprodukten beschreiben. [17]

Die *Ökobau.dat* dient im Rahmen der Gebäudezertifizierung nach den Regeln der DGNB und für die Gebäudebewertung nach den Regeln des BMVBS (vgl. Ziffer 2.1.1) als verpflichtende Datengrundlage für die Erstellung von Ökobilanz-Berechnungen von Gebäuden [18, 38]. Zumindest für die Anwendung der Methode in Deutschland ist aus diesem Grund der Einsatz der *Ökobau.dat*-Struktur für die Aufstellung der Produktgruppen-Systematik (vgl. Ziffer 3.3.3) naheliegend.

Die *Ökobau.dat*, die laut [17] ca. 650 Datensätze enthält, ist in drei Hierarchieebenen gegliedert. Auf oberster Ebene enthält sie neun Hauptgruppen von Bauprodukten [116]:

1. Mineralische Baustoffe,
2. Dämmstoffe,
3. Holz,
4. Metalle,
5. Beschichtungen,
6. Kunststoffe,
7. Komponenten von Fenstern und Vorhangfassaden,

8. Gebäudetechnik, und
9. Sonstige.

Die vollständige Struktur der *Ökobau.dat* ist in [116] zu finden. In Anhang A sind alle drei Ebenen dieser Struktur einschließlich den unter Ziffer 3.3.3 beschriebenen Anpassungen wiedergegeben.

2.1.3 Grundlagen der Indikator-Klassifizierung und der Parametervariation

Für die Methodenentwicklung in Kap. 3 ist es notwendig, Indikatoren aus Gebäudebewertungs- und -zertifizierungssystemen einheitlich zu beschreiben. Dafür ist eine systematische Klassifizierung von Indikatoren erforderlich. Der erste Abschnitt stellt bestehende Klassifizierungen von Indikatoren vor. Darüber hinaus werden die Indikatoren entsprechend den ihnen zugrunde liegenden Mechanismen in einem Ursache-Wirkungs-Modell eingeordnet. Die Grundlagen der Beschreibung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen sind im darauf folgenden Abschnitt dargestellt. Im dritten Abschnitt sind die mathematischen Grundlagen für die Beschreibung und Durchführung der Parametervariation und Ergebnis-Darstellung wiedergegeben.

Indikator-Klassifizierungen für Nachhaltigkeitsindikatoren

Die systematische Beschreibung und Strukturierung von Indikatoren in Bewertungs- und Zertifizierungssystemen für nachhaltige Gebäude ist bisher kaum Gegenstand wissenschaftlicher Arbeiten. Insbesondere die Beschreibung von Wirkungsweisen und Mechanismen von Nachhaltigkeitsindikatoren wurde noch nicht umfangreich wissenschaftlich aufgearbeitet. Somit besteht ein erheblicher Forschungsbedarf im Bereich der bewertungssystematischen Grundlagen für Zertifizierungssysteme von Bauwerken. In Hinblick auf die Beschreibung von Indikatoren-Systematiken kann dieser Forschungsbedarf auf die Entstehungsgeschichte der Systeme zurückgeführt werden. In der Systementwicklung waren konsensorientierte, partizipative Prozesse unter Beteiligung zahlreicher Akteure des Bauwesens von primärer Bedeutung. Ein Ansatz neueren Datums greift diesen Forschungsbedarf auf und analysiert die Abhängigkeiten von Kriterien der DGNB untereinander, um daraus auf die Optimierung von Investitionsstrategien zu schließen [130].

Insgesamt sind drei Klassifizierungen von Nachhaltigkeitsindikatoren, beschrieben in [106], in [128] und in [130], bekannt. Alle drei Klassifizierungen wurden für die strukturell einheitlichen Systeme der DGNB und des BMVBS (vgl. Ziffer 2.1.1) erstellt bzw. beziehen sich auf diese und können vermutlich auf andere Bewertungssysteme übertragen werden.

Eine Klassifizierung ist in [106] zu finden. Dort werden im Rahmen der Methodenbeschreibung drei Indikator-Typen unterschieden. Hintergrund ist die Übertragung von Zertifizierungssystemen auf andere Länder und die damit einhergehende erforderliche Anpassung von Bewertungsfunktionen und Anforderungswerten.

Als „Ind1“ werden „berechenbare oder physikalisch messbare Indikatoren“ [106] bezeichnet. Als „Ind2“ werden „deskriptive oder multiple Indikatoren“ [106] genannt. „Ind3“ ist die Kennzeichnung für „prozessorientierte Indikatoren“ [106]. Die Unterscheidung der Indikator-Typen basiert auf den Bewertungsfunktionen, mit denen die „messbaren Werte des Indikators“ [106] über eine „Skala von 0 bis 10 Punkte[n] nach unterschiedlichen Funktionen“ [106] definiert werden. Diese (Bewertungs-)Funktionen sind für Indikatoren des Typs *Ind1* linear, polynomisch oder Treppenfunktionen. Für Indikatoren des Typs *Ind2* kommen „meist“ [106] lineare Funktionen oder Treppenfunktionen zur Anwendung. Da Indikatoren des Typs *Ind3* über Handlungsstufen beschrieben werden, sind diese Indikatoren über Treppenstufen definiert. [106]

Die zweite Klassifizierung ist in [128] gegeben. Die Unterscheidung in die vier Arten von Indikatoren „1. Abstrakte Leistungsindikatoren“, „2. Konkrete Leistungsindikatoren“, „3. Quantitative Zustandsindikatoren oder Kriterienkataloge“ und „4. Binäre Indikatoren“ [128] erfolgt mit dem Ziel der Bereitstellung einer methodischen Grundlage für die Weiterentwicklung der Bewertungssysteme. Betont wird, dass sich aus der Nummerierung eine Präferenz-Reihenfolge ableitet. Dies wird mit der größtmöglichen Planungsfreiheit durch die Indikatoren begründet.

Für *abstrakte Leistungsindikatoren* ist beschrieben, dass für sie ein zu erreichendes Ziel formuliert ist und dass sie „i.d.R. nicht unmittelbar messbar und nur [...] durch eine Modellbildung“ [128] quantifizierbar sind. Darüber hinaus wird darauf verwiesen, dass diese Indikatoren mehrere Aspekte berücksichtigen und eine Leistung auf einen „übergeordneten Sachverhalt“ ausdrücken. Als Beispiel wird das Kriterium Treibhauspotenzial [38] genannt. [128]

Konkrete Leistungsindikatoren adressieren einzelne Leistungsaspekte, die quantitativ und häufig direkt messbar sind, wie im Fall des Kriteriums *Akustischer Komfort* [41], bei dem die Nachhallzeit gemessen und bewertet wird. [128]

Quantitative Zustandsindikatoren werden als messbare Größen beschrieben, die keine Leistung abbilden, sondern einen „konkreten Sachverhalt“ [128]. Als Beispiel wird die Anzahl von Fahrradstellplätzen genannt, die in [42] als Indikator definiert ist. *Kriterienkataloge* stellen planerische Einzelmaßnahmen zusammen, aus denen der Anwender eine definierte Anzahl an umzusetzenden Maßnahmen auswählen kann. Für die Verwendung von Kriterienkatalogen ist es unbedingt erforderlich, die Wirkung der Maßnahmen auf das Nachhaltigkeitsziel sicher zu kennen. [128]

Binäre Indikatoren schließlich fordern die Umsetzung einzelner Aspekte und geben keine Wahlmöglichkeiten für Planer. Mit voller Punktzahl bewertet wird die Erfüllung der Anforderung, die Nicht-Erfüllung wird dagegen mit 0 Punkten bewertet. [128]

Beide Klassifizierungen für Indikatoren weisen Übereinstimmungen auf. So könnte in erster Näherung die Klassifizierung *Ind1* aus [106] („berechenbare oder physikalisch messbare Indikatoren“) mit *abstrakten* oder *konkreten Leistungsindikatoren* und *Quantitativen Zustandsindikatoren* aus [128] gleichgesetzt werden. Darüber hinaus sind die unterschiedlichen Anwendungsfälle für die Indikatorklassifizierungen in den Systematiken erkennbar. Beide Systematiken stellen Grundlagen für die Beschreibung einer eigenen Indikator-Klassifizierung unter Ziffer 3.3.2 dar, jedoch kann – wie dort beschrieben – keine der Systematiken aus [106] oder [128] direkt übernommen werden.

Eine dritte Klassifizierung von Thomas und Köhler [130] adressiert die Beeinflussbarkeit und die Interdependenzen von DGNB-Kriterien untereinander. Diese Klassifizierung nutzt die Parameter der aktiven und der passiven Beeinflussung zur Klassifizierung von Indikatoren. *Aktive Beeinflussung (AS)* liegt vor, wenn die Ergebnisse eines Indikators die Ergebnisse anderer Indikatoren signifikant beeinflussen. *Passive Beeinflussung (PS)* beschreibt dagegen die Abhängigkeit eines Indikators gegenüber der Veränderung anderer Indikatoren. Trägt man *AS* gegen *PS* auf (Abbildung 2-1), lassen sich Indikatoren in fünf verschiedene Indikator-Typen unterscheiden. [130]

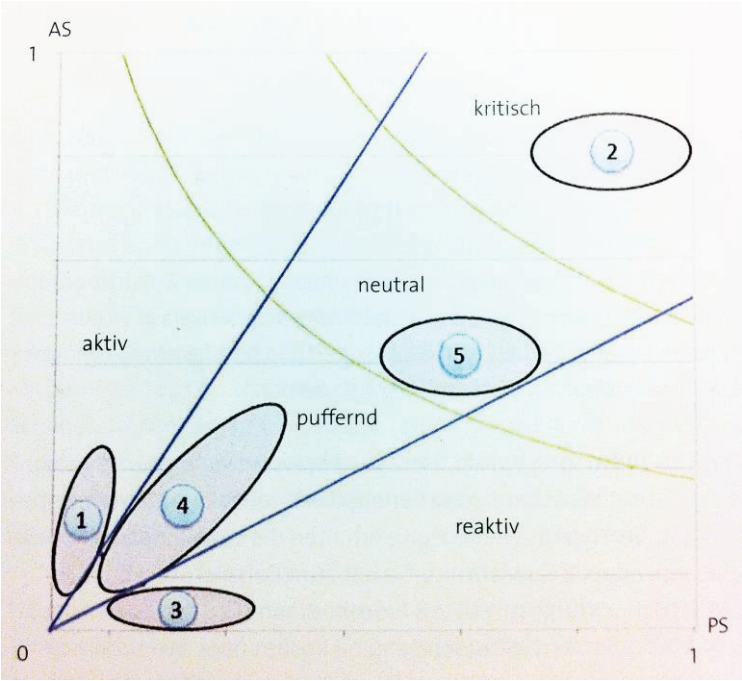


Abbildung 2-1 „Portfoliomatrix“ aus [130] mit Einordnung von Indikator-Typen. PS = passive Beeinflussung, AS = aktive Beeinflussung.

Bereich 1 in Abbildung 2-1 beschreibt *aktive* Indikatoren mit großem Einfluss auf andere Indikatoren, z.B. hat der Indikator *Barrierefreiheit* eine aktive Wirkung auf den Indikator *Lebenszykluskosten*. *Kritische* Indikatoren (Bereich 2 in Abbildung 2-1), z.B. der Indikator *Lebenszykluskosten*, weisen eine große aktive und eine große passive Beeinflussung auf. *Reaktive* Indikatoren, z.B. der Indikator *Baustelle/Bauprozess*, die durch andere Indikatoren signifikant beeinflusst werden, sind in Bereich 3 in Abbildung 2-1 zu finden. *Puffernde* Indikatoren (Bereich 4 in Abbildung 2-1), z.B. der Indikator *Kunst am Bau*, sind sowohl in aktiver, als auch in passiver Richtung nicht-sensitiv auf Beeinflussungen. *Neutrale* Indikatoren (Bereich 5 in Abbildung 2-1), z.B: *Risiken für die lokale Umwelt*, reagieren in gleichem mittleren Umfang auf Beeinflussungen durch andere Indikatoren, wie sie selbst andere Indikatoren beeinflussen. [130]

Diese Klassifizierung stellt einen Beitrag zur Aufarbeitung der Beschreibung von Indikatoren dar, beschränkt sich auf die Abhängigkeiten von Indikatoren untereinander und nimmt – entsprechend dem Ziel der Studie – keinen Bezug zum Einsatz von Bauprodukten in der Gebäudezertifizierung. Somit kann diese Klassifizierung in Kap. 3 nicht unmittelbar übernommen werden.

Ursache-Wirkungs-Beziehungen

In der Systemwissenschaft werden dynamische Systeme auf Zusammenhänge und Wechselwirkungen hin untersucht [96, 102]. Dazu werden dynamische Systeme mit Hilfe von Modellen beschrieben [102]. Systeme zeichnen sich durch „bestimmte allgemeine Merkmale“ [22] aus:

- für Systeme lässt sich ein *Systemzweck* definieren,
- ein System „besteht aus [...] *Systemelementen* und Wirkungsverknüpfungen (*Relationen*)“ und
- ein System ist nicht teilbar, da es sonst seine *Systemidentität* verliert [22].

Systeme werden durch ihre Systemgrenzen definiert, durch Umwelteinwirkungen beeinflusst und zeigen auf Einwirkung von außen bestimmte *Systemreaktionen*. Neben Systemreaktionen wie *Rückkopplungen* und *Strukturveränderungen* des Systems (und anderen) ist die *Ursache-Wirkungs-Beziehung* die einfachste Systemreaktion. Die Systemreaktion der Ursache-Wirkungs-Beziehung erfolgt unmittelbar und kann dadurch beschrieben werden, dass das Ergebnis (der Output) direkt zur beeinflussenden Größe (dem Input) in Bezug gesetzt wird. [22, 96]

Indikatoren zur Gebäudebewertung können auf zwei Ebenen als Systeme beschrieben werden. Sie können auf einer ersten Ebene als System mit einer einfachen Ursache-Wirkungsbeziehung beschrieben werden (Abbildung 3-2). Die veränderlichen Planungs-, Bau- oder Produktparameter stellen die „äußere Relation“ nach [89] bzw. die Ursache, also die von außen einwirkenden Parameter dar. Das Bewertungsergebnis, bzw. das Indikatorergebnis repräsentiert die Wirkung des Systems.

Auf einer zweiten Ebene können die Systemreaktionen in Hinblick auf definierte Nachhaltigkeits-Schutzziele als Wirkungen beschrieben werden. Der Schutz des Klimas oder der Schutz der menschlichen Gesundheit sind derartige Schutzziele. Die Ursache wird durch Planungs-, Bau- oder Produktparameter repräsentiert. Dann ist es Aufgabe der Definition der Indikatoren, die Wirkung auf ein Schutzziel als Systemreaktion zu beschreiben. Für manche Indikatoren ist dies der Fall, ins-

besondere für Indikatoren der Ökobilanz, die auf Ebene von Wirkungskategorien („Midpoint“-Indikatoren) [71] formuliert sind[10].

Da Indikatoren in Gebäudebewertungssystemen nicht grundsätzlich auf Basis eines derartigen systemtheoretischen Ansatzes erstellt sind, beschreiben manche Indikatoren die erforderlichen Maßnahmen oder die aus Maßnahmen resultierenden Messgrößen, und nicht ihre Beiträge zu Schutzzielen. Um Indikatoren zu klassifizieren, wird unter Ziffer 3.3.2 auf eine Ursache-Wirkungskette zurückgegriffen.

Grundlagen der Bewertung und der Parametervariation

Für die Berechnung von Ergebnissen einzelner Indikatoren im Rahmen einer Gebäudebewertung ist der Schritt der Bewertung unerlässlich (vgl. Abbildung 3-2). Zu diesem Zweck ist für jeden Indikator k eine Bewertungsfunktion W definiert. Eine derartige Bewertungsfunktion enthält immer einen minimalen und einen maximalen Funktionswert, die Bewertung hat also eine untere und eine obere Grenze, z.B. den Wertebereich von 0 bis 10 Punkten. Diese allgemeine, abschnittsweise Definition von Bewertungsfunktionen ist in Gleichung (2-1) dargestellt. Die Bewertungsfunktion $W_k(R)$ kann steigend oder fallend definiert sein, in Abhängigkeit des Indikators, der große oder kleine Werte positiv bewertet. Beide Varianten sind schematisch in Abbildung 2-2 dargestellt, beispielhaft an einer linearen Bewertungsfunktion und für ein Bewertungsschema mit 0 bis 10 Punkten demonstriert. Die Definition von Bewertungsfunktionen in Zertifizierungssystemen ist in der Regel nicht in dieser Form dokumentiert, sondern leitet sich aus den Indikatorbeschreibungen ab [14, 25, 98, 132].

$$W_k = \begin{cases} W_{max} & \forall \quad R > R_{Wmax} \\ W(R) & \forall \quad R \in [R_{Wmin}; R_{Wmax}] \\ W_{min} & \forall \quad R < R_{Wmin} \end{cases} \tag{2-1}$$

mit: W_{max}: maximale Bewertung des Indikators,

W_{min}: minimale Bewertung des Indikators,

[10] Als Midpoint-Indikatoren werden in der Ökobilanz Indikatoren bezeichnet, die bereits zusammengefasste Umweltwirkungen beschreiben (z.B. Treibhauspotenzial), jedoch keine Gewichtung der Indikatoren gegeneinander vornehmen oder die Schädigung z.B. von Ökosystemen aufgrund verschiedener Umweltwirkungen darstellen. [71]

R_{Wmax}: Indikatorwert, der der maximalen Bewertung entspricht,
R_{Wmin}: Indikatorwert, der der minimalen Bewertung entspricht.

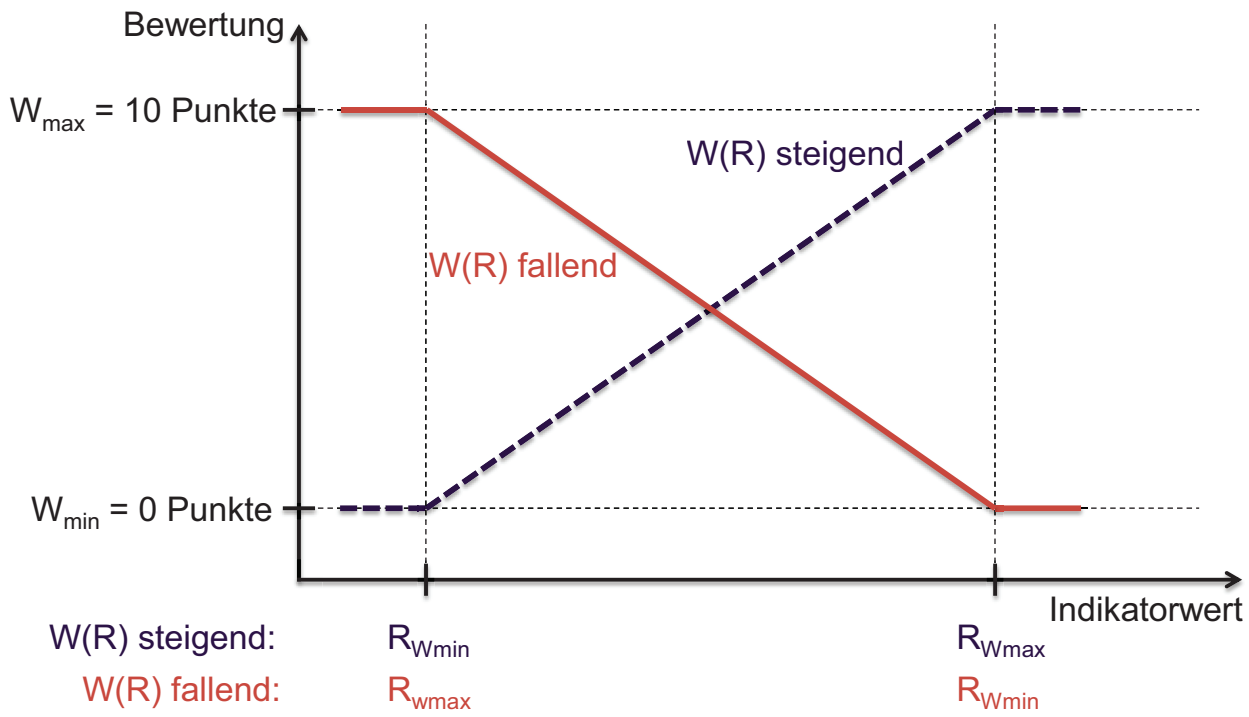


Abbildung 2-2 Grafische beispielhafte Darstellung der abschnittsweisen Definition von Bewertungsfunktionen für fallende und steigende Funktionen.

Als Bewertungsfunktionen kommen drei mögliche Funktionen in Betracht:

- stetig differenzierbare, monoton wachsende Funktionen,
- abschnittsweise stetig differenzierbare, monoton wachsende Funktionen mit Knickstellen an Intervallgrenzen, und
- Funktionen mit Unstetigkeiten an einzelnen Punkten (Distributionen in Form von Treppen).

In Abbildung 2-3 bis Abbildung 2-5 sind die drei Arten der Bewertungsfunktionen exemplarisch dargestellt.

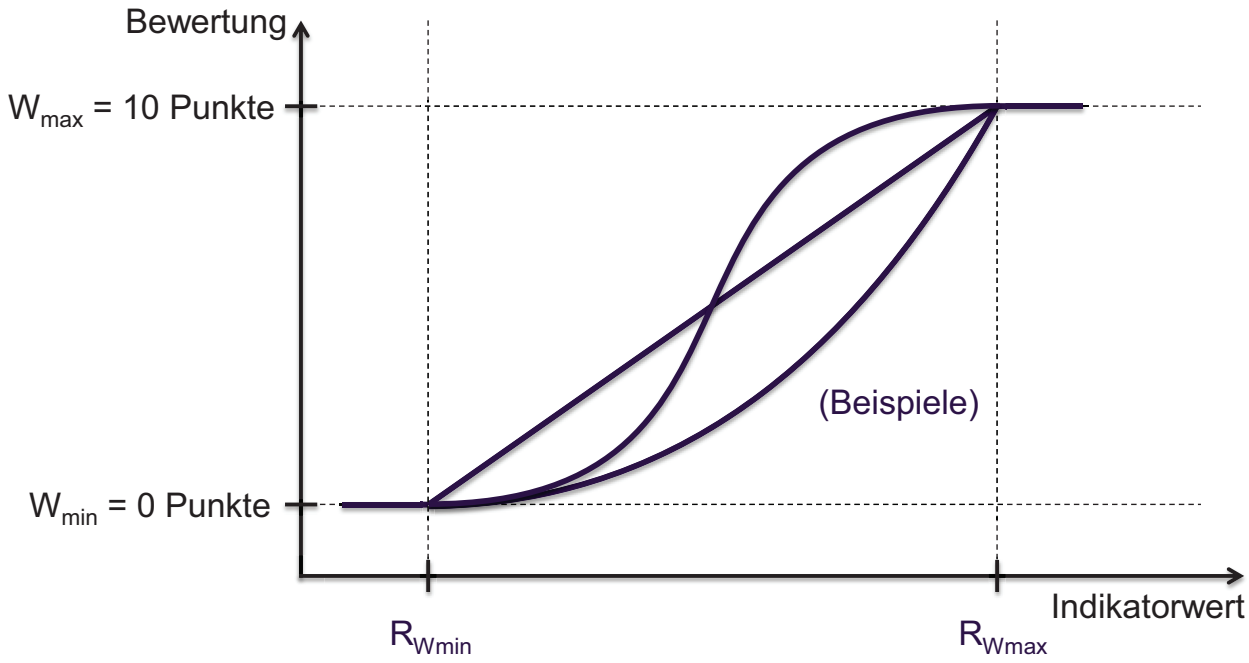


Abbildung 2-3 Grafische exemplarische Darstellung von differenzierbaren, monoton wachsenden Bewertungsfunktionen (Fall: Funktion steigend).

Abschnittsweise stetig differenzierbare, monoton wachsende Funktionen mit Knickstellen an Intervallgrenzen kommen in den Systemen von DGNB und BMVBS beispielsweise für die Bewertung der Ökobilanz-Indikatoren zum Einsatz (vgl. [18, 38]).

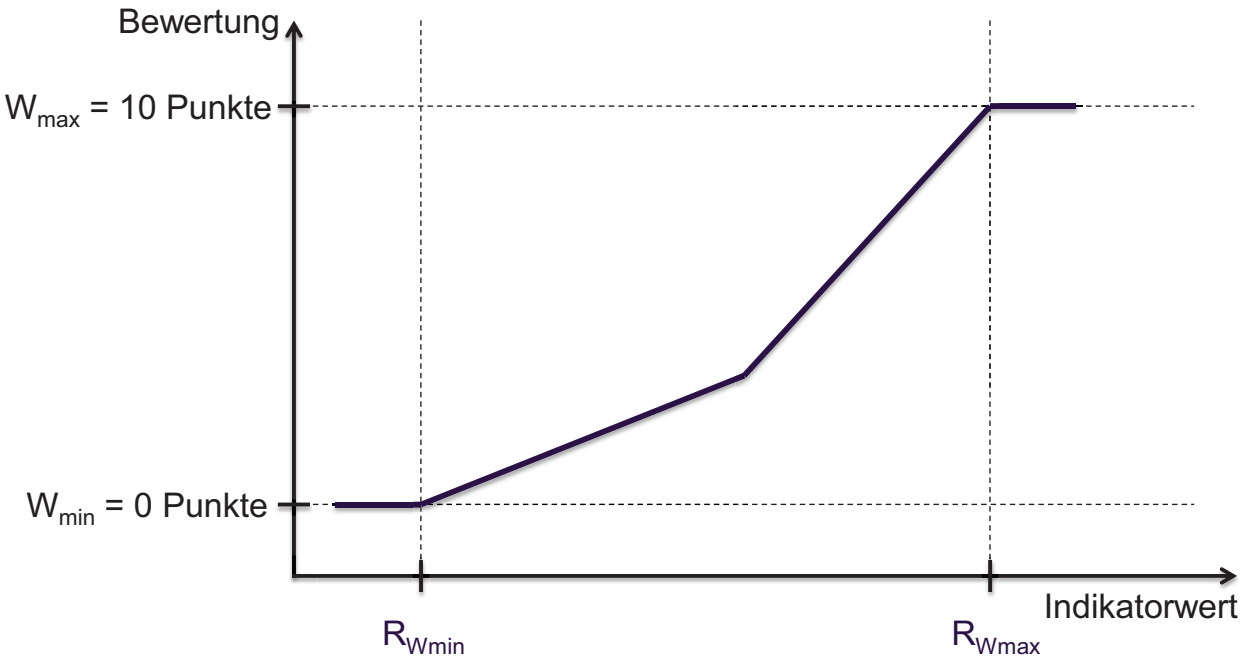


Abbildung 2-4 Grafische beispielhafte Darstellung einer abschnittsweise stetig differenzierbaren, monoton wachsenden Funktionen mit Knickstelle an einer Intervallgrenze.

Während stetige Indikatorwerte R mit allen drei Funktionstypen bewertet werden können, kommt für die direkte Bewertung von Parametern die Distribution in Treppen-Form zum Einsatz. In Zertifizierungssystemen, in denen überwiegend Einzelanforderungen formuliert und bewertet werden wie bei LEED (vgl. [6]), ist dies die häufigste Art der Bewertungsfunktion. Auch die Bewertung stetiger Indikatorwerte kann durch Treppenfunktionen erfolgen. Ein Beispiel hierfür ist das Kriterium *Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus* der DGNB [39].

Auswirkungen von Parametervariationen auf die Indikatorwerte R und in Folge auf das Ergebnis der Bewertung W sind bei Treppenfunktionen grundsätzlich davon abhängig, ob eine Unstetigkeitsstelle überschritten wird, oder nicht. Der Grad des Einflusses eines Parameters auf das Bewertungsergebnis ist also in besonderem Maß vom Startwert der Parametervariation abhängig.

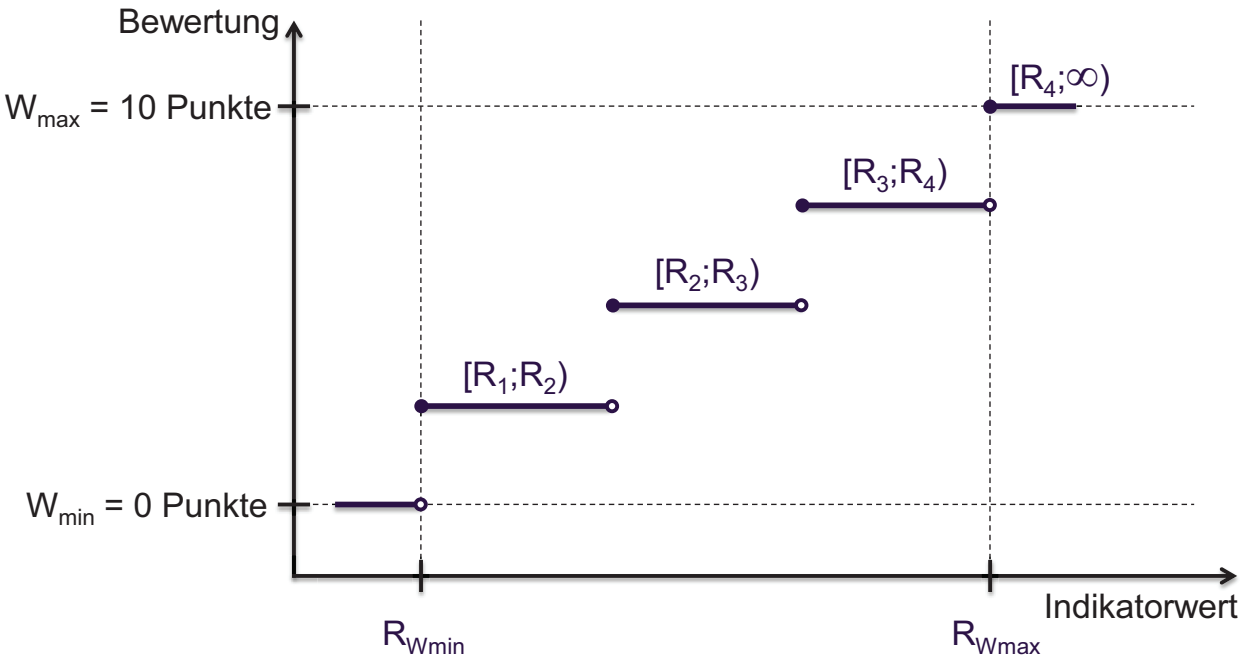


Abbildung 2-5 Grafische beispielhafte Darstellung einer Funktionen mit Unstetigkeiten an einzelnen Punkten (Distributionen in Form von Treppen).

Zur Analyse der Auswirkungen von Parameteränderungen auf Funktionsergebnisse können verschiedene Hilfsmittel genutzt werden. Soll bei stetig differenzierbaren Bewertungsfunktionen der Einfluss eines Parameters x auf das Ergebnis der Bewertung für verschiedene Startwerte analysiert werden, kann die *Wachstumsrate* r [21] der Funktion an den Stellen x_i verglichen werden. Die in Gleichung (2-2) wiedergegebene Wachstumsrate r beschreibt die „relative Änderungsrate von W an der Stelle x“ [21].

$$r_W(x) = \frac{W'(x)}{W(x)} \tag{2-2}$$

Wenn der Einfluss von Parametern x auf verschiedene Indikatoren verglichen werden soll, kann die in Gleichung (2-3) abgebildete *Elastizität* $\varepsilon_W(x)$ der Funktion W an einer Stelle x genutzt werden [21]. Voraussetzung ist jedoch, dass die Funktion an der Stelle x stetig und differenzierbar ist. Die Elastizität beschreibt das Verhältnis der relativen Änderungen der Funktion und des Parameters.

$$\varepsilon_W(x) = x \cdot \frac{W'(x)}{W(x)} = \lim_{\Delta x \to 0} \left(\frac{\Delta \mathrm{W}}{W} : \frac{\Delta x}{x} \right) \tag{2-3}$$

Für binäre Indikatoren (mögliche Werte „WAHR“ und „FALSCH“ und Ergebnisse 0% oder 100%) werden W und x gleich 1 definiert, wenn „WAHR“ den Wert 1 und „FALSCH“ den Wert 0 erhält.

Da die relative Änderung der Funktion mit der relativen Änderung des Parameters in Bezug gesetzt wird, können mit Hilfe der Elastizität vergleichende Aussagen über den Einfluss von Parametern auf verschiedene Indikatoren getroffen werden. Hierfür ist die Berechnung der Elastizität der gewichteten Indikatorergebnisse E_k erforderlich, da die Indikatoren nur bei Berücksichtigung ihrer Gewichtung vergleichbar sind. Gleichung (2-3) gilt entsprechend, wobei der Term $\Delta W/W$ gegen E_Δ ersetzt wird, da E_Δ bereits auf die Gesamt-Gebäudebewertung normiert ist.

Eine solche Analyse erlaubt die Identifizierung der Indikatoren, in denen Parameter die größten Einflussmöglichkeiten aufweisen. Auch eine Beurteilung der einflussstärksten Parameter und eine Beurteilung der hauptsächlichen zur Verfügung stehenden Einflussfaktoren auf eine Gebäudebewertung werden möglich.

Um entsprechende Aussagen über Indikatoren mit nicht-stetigen Bewertungsfunktionen zu erhalten, kann – mit reduzierter Aussagekraft – auf die Elastizität des Indikatorwertes R (anstelle der Bewertungsfunktion W oder des Indikatorergebnisses E) zurückgegriffen werden. Die Veränderung des Bewertungsergebnisses kann dann jedoch nicht mehr abgebildet werden. Alternativ können durchschnittliche Aussagen getroffen werden, indem die statistische Verteilung von Bewertungsergebnissen in einzelnen Indikatoren auf eine Gebäude-Stichprobe berücksichtigt wird. Eine derartige statistische Verteilung kann für die Startwerte der Parametervariationen übernommen werden, woraus mittlere Veränderungen der Funktion abgeleitet und beurteilt werden können.

2.2 Bauprodukte

Forschungsarbeiten zum Themenfeld „Nachhaltigkeit von Bauprodukten“ beschäftigen sich zum einen mit der Bewertung und Kennzeichnung von Nachhaltigkeitsaspekten von Bauprodukten und zum anderen mit dem Einsatz von Bauprodukten in Systemen der Gebäudebewertung.

2.2.1 Kennzeichnung von Bauprodukten

Bauprodukte haben für die Nachhaltigkeit von Bauwerken große Bedeutung [113, 118]. Verschiedene Mechanismen bewerten den Beitrag von Bauprodukten zu Aspekten der Nachhaltigkeit. Überwiegend erfolgt diese Bewertung im Rahmen einer Kennzeichnung von Bauprodukten mit Hilfe von Umweltzeichen oder Umweltkennzeichnungen.

Diese Umweltzeichen werden in drei Typen unterteilt. Neben Umweltzeichen des Typs I existieren sog. umweltbezogene Anbietererklärungen (Typ II) und Umweltproduktdeklarationen (Typ III). Die Grundsätze dieser Umweltkennzeichen und Deklarationen als Instrumente des Umweltmanagements sind in der Norm *DIN EN ISO 14020 Umweltkennzeichnungen und -deklarationen: Allgemeine Grundsätze* [52] festgelegt. Die Normen *DIN EN ISO 14021* [50], *DIN EN ISO 14024* [51] und *DIN ISO 14025* [57] legen die Regelungen für die drei Deklarationstypen fest.

Umweltzeichen (Typ I – Deklarationen)

Umweltkennzeichnungen des Typs I zeichnen Produkte mit einer bestimmten Umweltleistung aus [113] mit dem Ziel einer Marktbeeinflussung zum Zweck einer kontinuierlichen Umweltverbesserung [51]. Als Umweltleistung wird z.B. die Verwendung von Recyclingmaterialien oder Emissionsarmut von Kraftfahrzeugen bezeichnet.

Das Zeichen wird durch eine Zertifizierungsstelle vergeben, die entsprechend den Regeln aus [51] organisiert ist. Die Umweltkriterien, die der Zeichenvergabe zugrunde liegen, sollen den Produktlebenszyklus berücksichtigen, die Verwendung von Ökobilanz-Kriterien ist nicht explizit gefordert. Für einzelne Produktkategorien sind relevante (Einzel-)Kriterien als Bewertungsgrundlage festzulegen, quantitativ oder qualitativ nachzuweisen und von unabhängigen Dritten zu überprüfen [113]. Die Umweltkennzeichnung Typ I stellt eine Bewertung einzelner Produkte auf Grundlage öffentlich verfügbarer, objektiver Bewertungskriterien dar.

Ein bekanntes Beispiel des Typ I Umweltzeichens in Deutschland ist der *Blaue Engel*[11], der von der Jury Umweltzeichen, dem Bundesministerium für Umwelt, Na-

[11] http://www.blauer-engel.de/

turschutz und Reaktorsicherheit (BMU), dem Umweltbundesamt (UBA) und RAL getragen wird [123]. Für den Blauen Engel sind vier Schutzziele definiert: *Umwelt und Gesundheit*, *Klima*, *Wasser* und *Ressourcen* [124]. Das Schutzziel, zu dem ein mit dem Blauen Engel ausgezeichnetes Produkt beiträgt ist in der für die Produktgruppe geltenden Vergabegrundlage definiert [124]. Die Erstellung einer Vergabegrundlage ist ein mehrstufiger Prozess, in dem das Umweltbundesamt die wissenschaftliche Basis erstellt und Vergabebedingungen vorschlägt [121].
Andere Typ I Umweltzeichen für Bauprodukte sind beispielsweise:

- das *Europäische Umweltzeichen [123]*,
- das Zeichen des *Forest Stewardship Councils (FSC)*[12],
- das Zeichen des *Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes (PEFC)* [121], oder
- das *natureplus*-Zeichen [97].

Umweltbezogene Anbietererklärungen (Typ II – Deklarationen)

Umweltbezogene Anbietererklärungen stellen ein Instrument dar, mit denen unklare – wettbewerbswidrige – Umweltaussagen durch Produkthersteller vermieden werden sollen [121]. Die Norm *DIN EN ISO 14021 Umweltkennzeichnungen und –deklarationen – Umweltbezogene Anbietererklärungen (Umweltkennzeichnung Typ II)* [50] gibt Verfahrensregeln und Anforderungen an häufig genutzte Bezeichnungen [121] vor und stellt Anforderungen z.B. an vergleichende Aussagen oder die Bereitstellung von Informationen [121].

Deklarationen des Typs II werden durch die Produkthersteller selbst oder im Rahmen von Programmen veröffentlicht [113]. Die Prüfung und Ausweisung von Umweltleistungen erfolgt nicht auf Basis genereller Kriterien oder durch unabhängige Dritte [113]. Folglich stellen Typ II Deklarationen keine Bewertung eines Produkts dar. Ein Beispiel für eine umweltbezogene Anbietererklärung ist die *ECMA-370 The Eco Declaration* der Elektronik-Industrie [121][13].

---

[12] Online: http://www.fsc.org

[13] In [113] wird die *IT-Eco* Deklaration als Typ II Deklaration bezeichnet. Laut [121] stellt sie dagegen die Grundlage für die Typ II Deklaration *ECMA-370 The Eco Declaration* dar, erfüllt selbst jedoch nicht alle Anforderungen der (DIN EN) ISO 14021 [50].

Umweltproduktdeklarationen (Typ III – Deklarationen)

Umweltproduktdeklarationen (*Environmental Product Declarations, EPD)* kommen in Deutschland nahezu ausschließlich im Bauwesen zum Einsatz [121]. In EPDs werden Ökobilanz-Daten und weitere Informationen für einzelne Produkte vom Hersteller deklariert. Die Deklaration erfolgt im Rahmen eines EPD-Programms, das national oder international, sektorspezifisch oder sektorübergreifend organisiert sein kann. Die deklarierten Informationen einer EPD werden auf Grundlage einheitlicher *Produktkategorieregeln* (*Product Category Rules, PCR)* für das jeweilige Bauprodukt erstellt und durch unabhängige Dritte geprüft. Die Erstellung von PCR-Dokumenten, die Organisation des Prüfwesens und die Veröffentlichung der Deklaration sind Aufgaben des EPD-Programms [87, 118, 121].

Die grundsätzlichen Regelungen und Voraussetzungen zur Erstellung von Typ III Deklarationen sind in *DIN ISO 14025 Umweltkennzeichnungen und -deklarationen – Typ III Umweltdeklarationen – Grundsätze und Verfahren* dargestellt. Da in ihr die programmatischen und organisatorischen Regelungen festgelegt sind, jedoch keine technischen Regelungen zur Erstellung von EPDs, konkretisieren weitere Normen die Erstellung von EPDs. Die *ISO 21930 Hochbau - Nachhaltiges Bauen - Umweltdeklaration von Bauprodukten* [92] beschreibt die Vorgehensweise und Anforderungen zur Erstellung von Umweltproduktdeklarationen speziell von Bauprodukten.

Auf Europäischer Ebene ist die *E DIN EN 15804 Hochbau - Nachhaltiges Bauen - Umweltdeklaration von Bauprodukten* [64] wichtig, die seit Mai 2011 im Entwurf vorliegt. Sie regelt die Erstellung von PCRs – die technische Voraussetzung für die Erstellung von EPDs – im Detail, was europaweit zu einer besseren Vergleichbarkeit und Übertragbarkeit nationaler EPDs in andere Länder bedeutet [118].

Umweltproduktdeklarationen nehmen für Bauprodukte keine Bewertung vor, sondern stellen verifizierte Ökobilanzdaten (und weitere) für weiterführende Anwendungen bereit. In [118] wird darauf hingewiesen, dass eine Bewertung der Umweltleistung eines Produkts ausschließlich im Gebäudekontext, und nur aggregiert für ein Gebäude erfolgen kann. Besondere Bedeutung erlangen EPDs auch, da sie im Zuge der Verabschiedung der EU-Bauprodukteverordnung (Construction Products Regulation, CPR) [69] als mögliches Instrument für die Umsetzung der Grundanforderungen 3 (Umwelt) und 7 (Nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen) an-

gesehen werden [70]. In jedem Fall empfiehlt die CPR die Verwendung von EPDs für die Umsetzung der Grundanforderung *Nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen* [69].

EPDs fließen auch in die Gebäudezertifizierung der DGNB und in das Bewertungssystem des Bundes (vgl. Ziffer 2.1.1) ein, da sie als Datengrundlage für die Erstellung von Gebäude-Ökobilanzen genutzt werden [98, 118]. Unter Ziffer 2.2.2 wird dies eingehend erläutert.

In Deutschland tritt das *Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU)*[14] als Programmhalter für das privatwirtschaftlich organisierte EPD-System auf [113]. Das IBU veröffentlicht EPDs für Bauprodukte aller Gewerke. Es führt einen Sachverständigenausschuss, der für die Prüfung und Freigabe von PCRs und EPDs zuständig ist. Neben für Deutschland gültigen EPDs, die seit Sommer 2011 entsprechend den Vorgaben der E DIN EN 15804 [64] zu erstellen sind, treibt das IBU einheitliche EPDs im Rahmen der europäischen ECO-Plattform voran [88, 118]. Ziel dieser Aktivität ist der Aufbau eines Systems für die Registrierung von Kern-EPDs mit europaweiter Gültigkeit besitzen [88].

2.2.2 Bauprodukte in der Gebäudezertifizierung

Durch den Produkteinsatz werden planerische Entwürfe realisiert und konkretisiert. Die Eigenschaften eines Bauwerks werden durch Bauprodukte beeinflusst oder festgelegt. Der Umgang mit Bauprodukten in der Gebäudezertifizierung kann mit zwei unterschiedlichen Mechanismen erfolgen. Zum einen können deklarierte Informationen über Bauprodukte zur Ermittlung von Indikatorergebnissen genutzt werden. Zum anderen können Bauprodukte direkt bewertet werden und gemäß ihrer Bewertung in Zertifizierungsprojekten zum Einsatz kommen.

Verwendung von Bauprodukt-Informationen

Die Verwendung von Produktinformationen zur Ermittlung von Indikatorergebnissen in Zertifizierungssystemen stellt eine Verfahrensweise mit Bauprodukten in der

---

[14] http://www.bau-umwelt.de/

Gebäudezertifizierung dar. Die deklarierten Produkteigenschaften sind keine Bewertung und geben keine Auskunft über die Vorteilhaftigkeit der Produktverwendung im Zertifizierungssystem. Ein Beispiel für diesen Mechanismus ist die Verwendung von in EPDs deklarierten Daten, die EPDs für Gebäude-Ökobilanzen zur Datenquelle der Wahl macht. Kommen anstelle von EPDs durchschnittliche Daten zum Einsatz, sind diese mit einem „Sicherheitszuschlag“ zu versehen. Dieser gewährleistet, dass die Nutzung von Durchschnittsdaten einer konservativen Abschätzung entspricht und Umweltwirkungen von Produkten nicht unterschätzt werden. Die Ökobilanz-Daten aus EPDs geben keine Auskunft über die Qualität des Produkts, sondern gehen direkt in die Ökobilanz-Berechnung des Gebäudes ein. [18, 38, 138]

Neben der Verwendung von Produktinformationen für die Berechnung von Indikatorwerten (Beispiel Ökobilanz) gibt es Nachhaltigkeitsindikatoren, die das Vorliegen der Dokumentation von Sachverhalten oder Produkteigenschaften bereits bewerten. Ein Beispiel ist das Kriterium Mikroklima der DGNB[15], in dem u.a. Albedowerte[16] zu dokumentieren sind. Unter Ziffer 3.3.2 werden solche Indikatoren als *deskriptive Indikatoren* bezeichnet und erläutert.

Während EPDs in erster Linie den Datenbedarf Ökobilanz-basierter Indikatoren bedienen, erfordern andere Nachhaltigkeitskriterien ergänzende Informationen. Mit dem *DGNB Navigator*[17] bietet die DGNB eine zentrale Informationsplattform über Bauprodukte an [48]. Auf dieser internetbasierten Plattform können Produktherstellen Informationen zu ihren Produkten bereitstellen. Diese Daten sind entsprechend dem Informationsbedarf der Gebäudezertifizierung aufbereitet. Sie sind nach 29 Kriterien geordnet, für die Informationen bereitgestellt werden können und liegen im für die Zertifizierung maßgeblichen Format vor. Die zugrundeliegenden Produk-

---

[15] Das Kriterium Mikroklima [37] wurde in der ersten Version des Zertifizierungssystems – NBV08 – veröffentlicht. Aufgrund methodischer Schwierigkeiten wurde es in die später entwickelten Nutzungsprofile nicht mit aufgenommen.

[16] Al|be|do: „Rückstrahlungsvermögen von nicht selbstleuchtenden, diffus reflektierenden Oberflächen (z. B. Schnee, Eis)“ [12]

[17] http://www.dgnb-navigator.de/

tinformationen stammen aus EPDs, der Dokumentation von Umweltzeichen oder anderen Produktdatenblättern und stellen Herstellerinformationen dar. [46] Der DGNB Navigator steht dabei stellvertretend für ähnliche Angebote wie z.B. die *GreenFormat* Datenbank[18] des US-amerikanischen Construction Specifications Institute (CSI), das Informationen für LEED-Zertifizierungen bereitstellt [32].

Bewertung von Bauprodukten

Sowohl die DGNB, als auch der U.S. Green Building Council (USGBC) als Herausgeber des LEED-Zertifizierungssystems nehmen keine Bewertungen von Bauprodukten vor, sondern weisen auf die Bewertung auf Gebäudeebene hin [46, 131]. Im britischen Zertifizierungssystem BREEAM erfolgt eine Bewertung von Bauprodukten im Green Guide to Specification [3]. Für diese Bewertung wird auf Ökobilanz-Untersuchungen von Bauprodukten zurückgegriffen. Mit Hilfe normierter Bewertungen von 13 Ökobilanz-Indikatoren werden die – nicht herstellerspezifischen – Bauprodukte, bzw. Konstruktionsdetails („Specifications“) in eine Bewertungsskala mit Klassen von *A+* bis *E* eingeordnet. Die Bewertung erfolgt mit Hilfe eines Einpunkt-Indikators („single score“), der aus den 13 berücksichtigten Ökobilanz-Indikatoren gebildet wird und Bezug auf die durchschnittlichen jährlichen Umweltwirkungen eines Europäers nimmt[19] [23]. Datengrundlage für die Ökobilanz-Bewertung der Produkte bzw. Konstruktionsdetails sind Umweltproduktdeklarationen gemäß ISO 14025 (vgl. Ziffer 2.2.1) und den Regeln des *BRE Environmental Profiles* EPD-Programms [23, 86]. Bei einer Gebäudezertifizierung werden die Produktbewertungen in eine kardinale Skala konvertiert und fließen projektspezifisch gewichtet in das Bewertungsergebnis ein [25].

Das LEED-System, das Zertifizierungssystem der DGNB oder das Bewertungssystem des Bundes greifen auf Produktbewertungen direkt oder indirekt zurück. Im Rahmen der LEED-Zertifizierung wird ein *Innovation-Credit* vergeben, ein Bewertungspunkt für besonders innovative Mechanismen, wenn Produkte zum Einsatz

---

[18] http://www.greenformat.com/

[19] Laut [23] entsprechen 100 Ecopoints den Umweltwirkungen eines Europäers – basierend auf Westeuropa = EU-15 plus Norwegen und Schweiz – in einem Jahr.

kommen, die nach den *SMaRT*-Regeln des *Institute for Market Transformation to Sustainability (MTS)*[20] zertifiziert sind [107].

Darüber hinaus greifen alle genannten Zertifizierungs- und Bewertungssysteme auf Siegel mit Produktbewertungen zurück, um Produktqualitäten nachzuweisen. So erhalten *Green Seal*[21]-zertifizierte Produkte bestimmte Bewertungspunkte im LEED-System [81].

In allen beschriebenen Fällen wird auf einzelne Anforderungen der Zertifizierungssysteme zurückgegriffen. Weder der *Green Guide to Specification* noch die Produktzertifizierungen *SMaRT, Green Seal, Blauer Engel* bewerten alle Aspekte der Nachhaltigkeits-Zertifizierungssysteme. In der Konsequenz werden keine Auswirkungen auf andere als die jeweils explizit aufgeführten Nachhaltigkeitsindikatoren überprüft. Derartige Produktzertifizierungen weisen aus Sicht der Nachhaltigkeitsbewertung für Gebäude auf vorteilhafte Produkte hin, bleiben allerdings Beweise hierfür schuldig.

Bestehende Zertifizierungsmechanismen und Kennzeichnungen für Bauprodukte adressieren in der Regel nur einzelne Aspekte und werden dem ganzheitlichen Anspruch des Konzepts der Nachhaltigkeit nicht gerecht. [49]

2.2.3 Weitere Ansätze zur Beurteilung des Nachhaltigkeitsprofils von Bauprodukten

Zu den zahlreichen Arbeiten, die sich mit der Beurteilung des Nachhaltigkeitsprofils von Produkten auseinandersetzen, gehören Lösungsansätze, um die Nachhaltigkeitsqualität einzelner Produkte auf technischem Weg zu verbessern. [108] beruft sich mit ihrer technischen Produktanpassung auf den positiven Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung. Gegenstand der Untersuchung ist die Verwendung von Schlacke aus Hausmüllverbrennungsanlagen als Zuschlag in der Betonherstellung. Der durch die Verwendung eines Ersatzstoffes erzielte Schutz der Primärressource Kies wird als positiver Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung ausgewiesen.

---

[20] http://mts.sustainableproducts.com/

[21] http://www.greenseal.org/

Eine weitere Studie gibt einen Überblick über das Potenzial des Einsatzes der Nanotechnologie in der Entwicklung von Bauprodukten [101]. Die Studie weist auf einen möglichen positiven Beitrag zur Nachhaltigkeit durch den Einsatz von Nanotechnologie in der Kontrolle von Zement-Eigenschaften hin.

Beide Studien zeigen beispielhaft die Produktoptimierung als Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung im Bauwesen auf. Einzelne Aspekte des Nachhaltigkeitskonzepts werden hervorgehoben, ohne dass eine kritische Diskussion von Abwägungen und möglichen negativen Auswirkungen auf andere Aspekte erfolgt. Eine Quantifizierung des Beitrags zur nachhaltigen Entwicklung unterbleibt. Durch den fehlenden Bezug zu einem übergeordneten Zielsystem (Zertifizierungssysteme, DGNB, BNB, LEED, etc.) beschränken sich die Studien auf Einzelaspekte.

Andere Lösungsansätze sind bestrebt, umfassendere Produktbewertungen vorzunehmen und hierfür geeignete Modelle und Verfahren zu entwickeln. In [49] wird der Bedarf nach einem multidimensionalen Bewertungssystem für die Nachhaltigkeit von Bauprodukten erläutert.

Das Konzept für ein derartiges, mehrdimensionales Bewertungssystem für Bauprodukte wird z.B. in [79] vorgestellt. Ausgangspunkt ist, dass bestehende Bewertungssysteme für Bauprodukte die verschiedenen Nachhaltigkeitsaspekte und den ganzheitlichen Ansatz des Drei-Säulen-Modells der Nachhaltigkeit (vgl. Kap. 1 und [83]) nicht ausreichend berücksichtigen. Basierend auf der britischen Norm *BS 8905 Framework for the assessment of the sustainable use of materials – Guidance* [27] wird ein dreistufiges Vorgehen für die Bewertung von Bauprodukten vorgestellt. Im Zuge partizipativer Prozesse ist die Festlegung von Indikatoren innerhalb eines Feldes als relevant erachteter Aspekte der erste Schritt. Explizit Bezug genommen wird auf BREEAM. Es stellt jedoch nicht die einzige Grundlage für das Bewertungssystem dar. Auch werden soziale Kriterien mit dem Hinweis der fehlenden Anwendbarkeit auf einige wenige Themen beschränkt. Die Gewichtung der Nachhaltigkeitsaspekte gegeneinander und der Bedarf nach weiterführender Forschung werden explizit erwähnt. Als Basis für die Indikator-Gewichtung wird auf die Gleichgewichtung der Bereiche Ökologie, Ökonomie und Soziales und auf die Beteiligung interessierter Kreise hingewiesen. [79]

2.3 Bewertung des Stand des Wissens

Das Thema der Nachhaltigkeit mit seinen verschiedenen Aspekten erfährt zunehmende Aufmerksamkeit im wissenschaftlichen Bereich. Dominiert wird die wissenschaftliche Diskussion von Nachhaltigkeitsbetrachtungen von Gebäuden und Fragestellungen in Verbindung mit Zertifizierungssystemen für nachhaltige Gebäude[22]. Derzeit gibt es wenige Ansätze, die die methodische Aufarbeitung der den Zertifizierungssystemen zugrundeliegenden Bewertungsmechanismen zum Ziel haben. Hier besteht erheblicher Forschungsbedarf, unter anderem hinsichtlich

- der einheitlichen Definition von Nachhaltigkeitsindikatoren,
- der Abhängigkeit von Planungs- und Gebäudeparametern untereinander,
- der Bedeutung einzelner Planungs- und Gebäudeparameter,
- vorteilhaften Strategien zur Umsetzung der Nachhaltigkeitsziele für Gebäude,
- der Festlegung von Nachhaltigkeitszielen für Bauprodukte.

Die Nachhaltigkeitsleistung von Bauprodukten wird in erster Linie mit Hilfe von Umweltkennzeichnungen diskutiert. Als Marktinstrumente haben bewertende Umweltzeichen, ebenso wie reine Deklarationen (insbesondere Umweltproduktdeklarationen, Typ III) große Relevanz. Üblicherweise sind die Bewertungs- bzw. Deklarationsgrundlagen und -regeln wissenschaftlich geklärt, befinden sich in der aktiven Weiterentwicklung und sind Gegenstand von Normungsprozessen.

Die Deklaration, Bewertung und Optimierung der Nachhaltigkeitsleistung von Bauprodukten konzentriert sich überwiegend auf Einzelaspekte. In der Regel erfolgt keine Quantifizierung des angestrebten oder erzielten Beitrags zu einer Nachhaltigkeitsleistung, keine konkrete Definition des Nachhaltigkeitsziels und des übergeordneten Gesamtkonzepts, in dem ein Produkt einen positiven Beitrag leisten kann. Daraus ergeben sich unspezifische Behauptungen eines positiven Beitrags zur Nachhaltigkeit durch ein Produkt. Da das übergeordnete Gesamtkonzept der Nachhaltigkeit nicht beschrieben wird, kann auch keine Diskussion möglicher Zielkonflikte durch eine Produktoptimierung erfolgen. Lediglich einige Ansätze [49, 79] streben Bewertungssysteme für Bauprodukte an, die die Mehrdimensionalität des

---

[22] Dieser Eindruck wird z.B. mit der Durchsicht der Konferenzbeiträge der World Sustainable Buildings Conference 2011 (SB11) in Helsinki, Okt. 2011 [73] bestätigt.

Nachhaltigkeitskonzepts berücksichtigen und Bezug zu Gebäudezertifizierungssystemen als Definition des übergeordneten Gesamtkonzepts nehmen.

Die Bearbeitung komplexer Themen wie die Nachhaltigkeitsbewertung mit zahlreichen Indikatoren und die Errichtung von Gebäuden mit Methoden, die Einzelaspekte adressieren, wird diesen Themen nicht gerecht. Es ist erforderlich, die Komplexität der Systeme in Modellen vereinfacht abzubilden und dabei das System mit seinen Relationen abzubilden und nicht einzelne Aspekte herauszulösen. Die bestehenden Ansätze erfüllen diesen Anspruch nicht in ausreichendem Maß.

Es besteht folglich ein Bedarf an Lösungen, die

- in der Lage sind, Bauprodukte unter dem Blickwinkel der Nachhaltigkeit ganzheitlich zu analysieren,
- einen Bezug zu einem übergeordneten Rahmen bilden – für Bauprodukte ist die Nachhaltigkeit des Gebäudes als übergeordneter Rahmen naheliegend,
- Zielkonflikte in der Produktentwicklung aufzeigen und
- zur Objektivierung der Relevanz-Diskussion von Bauprodukten im nachhaltigen Bauen beitragen.

Aus diesem Bedarf erschließt sich die Aufgabenstellung der Methodenentwicklung in der vorliegenden Arbeit.

3 Methode zur Analyse und Beurteilung des Einflusses von Bauprodukteigenschaften auf die Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden

Ziel der zu entwickelnden Methode ist die Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Eigenschaften von Bauprodukten und Bewertungssystemen für die Nachhaltigkeit von Gebäuden. Die Methode soll die Einflüsse einzelner Bauprodukteigenschaften auf das Ergebnis einer Gebäudebewertung analysieren und vor dem Hintergrund verschiedener Anwendungsfälle beurteilen. Diese Anwendungsfälle sind als Fragestellungen zu verstehen, denen mit Anwendung der Methode nachgegangen werden kann. Dazu zählen die Optimierung von Produkten für das nachhaltige Bauen, die Diskussion der Empfindlichkeit der Gebäudebewertung gegenüber der Veränderung von Produkteigenschaften sowie die Betrachtung des Einflusses der Veränderungen von Produkteigenschaften auf die Ergebnisse.

Dieses Kapitel definiert Anforderungen an die zu entwickelnde Methode (Ziffer 3.1) und gibt einen Überblick über den methodischen Ansatz (Ziffer 3.2). Die einzelnen Elemente der Methode werden anschließend entwickelt und zueinander in Bezug gesetzt (Ziffern 3.3 bis 3.5). Für die Anwendung der Methode werden schließlich die einzelnen Anwendungsfälle unterschieden und Anleitungen zur entsprechenden Methodenverwendung gegeben (Ziffer 3.6).

3.1 Anforderungen an die zu entwickelnde Methode

Die Bewertung existierender Arbeiten zur Beurteilung der Nachhaltigkeitsleistung von Bauprodukten (Ziffer 2.3) zeigt den Bedarf für eine Methode auf, mit der Bauprodukte mittels ihrer Eigenschaften in Relation zu Systemen zur Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden gesetzt werden. Insbesondere aus den Schlussfolgerungen unter Ziffer 2.3 lassen sich Anforderungen an die zu entwickelnde Methode ableiten.

3.1.1 Methodische Anforderungen

Die methodischen Anforderungen geben den Rahmen für die grundsätzliche Übertragbarkeit und Allgemeingültigkeit der Methode vor.

– Anwendbarkeit für Systeme der Gebäudebewertung

  Die Methode muss für unterschiedliche Systeme anwendbar sein, die eine Bewertung von Gebäuden mit Hilfe einzelner Anforderungen vornehmen. Die Anforderungen an ein derartiges System sind unter Ziffer 3.3.1 aufgeführt. Die Art oder Formulierung der Anforderungen darf die Anwendbarkeit nicht mindern.

– Anwendbarkeit für Bauprodukte

  Die Methode muss für beliebige Produkte anwendbar sein, die bei der Errichtung von Gebäuden zum Einsatz kommen. Art oder Komplexität des betrachteten Produkts darf die Anwendbarkeit der Methode nicht beeinflussen. Für die Produkte müssen die erforderlichen Informationen vorliegen.

– Ganzheitliche Aussagekraft

  Aus diesem Verfahren, das die Einflüsse von Bauprodukteigenschaften auf die Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden analysiert, müssen Ergebnisse erhältlich sein, die Aussagen über mehr als nur einzelne Aspekte der Nachhaltigkeit treffen. Dies hat zur Folge, dass Ergebnisse für mehrere Indikatoren parallel zu erzeugen sind. Der maximale Umfang der Ergebnisse und die Anzahl der betrachteten Nachhaltigkeitsaspekte müssen sich nicht aus der Methode ergeben. Das System zur Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden gibt den Rahmen für den Ergebnisumfang vor. Innerhalb dieses Umfangs darf die Methode keine relevanten Aspekte ausklammern.

– Differenzierung von Anwendungsfällen

  Die Methode soll Aussagen über den Einfluss von Produkteigenschaften auf die Nachhaltigkeitsbewertung liefern. Diese können vor unterschiedlichen Fragestellungen interpretiert werden. Die für anwendungsfallbezogene Betrachtung der Analyse erforderlichen Vorgehensweisen müssen sich aus der Methode ergeben. Verschiedene Anwendungsfälle können sein:

– Beurteilung der Sensitivität von Indikatoren hinsichtlich sich verändernden Produkteigenschaften
– Ermittlung der Produkteigenschaften mit den größten Auswirkungen auf ein konkretes Gebäudebewertungsergebnis
– Ansatzpunkte für eine Produktverbesserung durch den Produkthersteller

- Identifizierung und Analyse von Zielkonflikten hinsichtlich des Gebäudebewertungsergebnisses durch Produktveränderungen

3.1.2 Praktische Anforderungen

Für die Methode ergeben sich praktische Anforderungen. Diese betreffen die tatsächliche Verwendung der Methode und stellen ihre Anwendbarkeit sicher.

- Relevante Ergebnisse bereitstellen

  Die Ergebnisse müssen eine Relevanz für die jeweilige Fragestellung aufweisen. Das bedeutet, dass Hilfestellungen für die spezifische Interpretation der Ergebnisse bereitzustellen sind, wenn die Interpretation nicht Gegenstand der Methode ist.

- Verwendung bestehender Informationsstrukturen

  Im Bauwesen kommen Ordnungs- und Informationsstrukturen zum Einsatz wie z.B. Systematiken zur Ermittlung von Investitionskosten oder informationstechnische Strukturen von Bauelementen. Um bestehende Strukturen nutzen zu können, muss die Methode die Verwendung unterschiedlicher Systematiken zulassen. Dies trifft insbesondere auf die Strukturierung von Produktgruppen und Bauelementen zu.

- Transparenz und Nachvollziehbarkeit

  Die Methode darf keine nicht-eindeutigen Prozessschritte enthalten, wie sie im Fall zu großer Differenzierung von Produktgruppen oder Bauelementen in den jeweiligen Systematiken auftreten. Die Methode muss sich darauf beschränken, die notwendige und hinreichende Differenzierung in den genutzten Strukturen bereit zu stellen und eindeutige Anleitungen an die erforderlichen Schritte ihrer Anwendung zu geben. Während diese Forderung ebenfalls methodisch begründet werden kann, ist sie in der praktischen Umsetzung von Bedeutung, da sie die Akzeptanz und die sachgerechte Anwendung der Methode unterstützt.

3.2 Methodischer Ansatz – Ziel und Übersicht

Die Methode basiert auf einem bestehenden Zertifizierungs- bzw. Bewertungssystem für nachhaltige Gebäude. Die durch die Methode zu ermittelnden Einflüsse von Bauprodukteigenschaften werden in Hinblick auf dieses analysiert und beurteilt.

Der Aufbau der Methode orientiert sich an drei Fragen:

1. Welche Indikatoren des Bewertungssystems für Gebäude haben eine Relevanz für welche Bauprodukte? Die Frage kann umgekehrt formuliert werden: Welche Bauprodukte beeinflussen welche Indikatoren?
2. Wie wird der Einfluss einer Produkteigenschaft auf das Bewertungsergebnis für ein Gebäude berechnet?
3. Welche Anwendungsmöglichkeiten existieren für die Methode und was ist für die einzelnen Anwendungsfälle zu beachten?

Mit Hilfe mehrstufiger Klassifizierungen und Relevanz-Analysen werden Bauprodukte und Indikatoren einander zugeordnet, so dass sowohl für einzelne Produkte die maßgeblichen Indikatoren ermittelt, als auch für einen Indikator die beeinflussenden Bauprodukte bzw. Produktgruppen beschrieben werden können.

Mit Hilfe von Indikatormodellen wird der rechnerische Bezug zwischen einzelnen Produkteigenschaften und der Gebäudebewertung hergestellt. Die Analyse des Einflusses einzelner Produkteigenschaften auf die Gebäudebewertung wird mittels Variation der Produkteigenschaften – als Parameter des Indikatormodells – vorgenommen. Diese Analyse berücksichtigt die Vorgaben des gewählten Anwendungsfalls und der zu beantwortenden Fragestellung. Das prinzipielle Vorgehen der Methode ist in Abbildung 3-1 dargestellt.

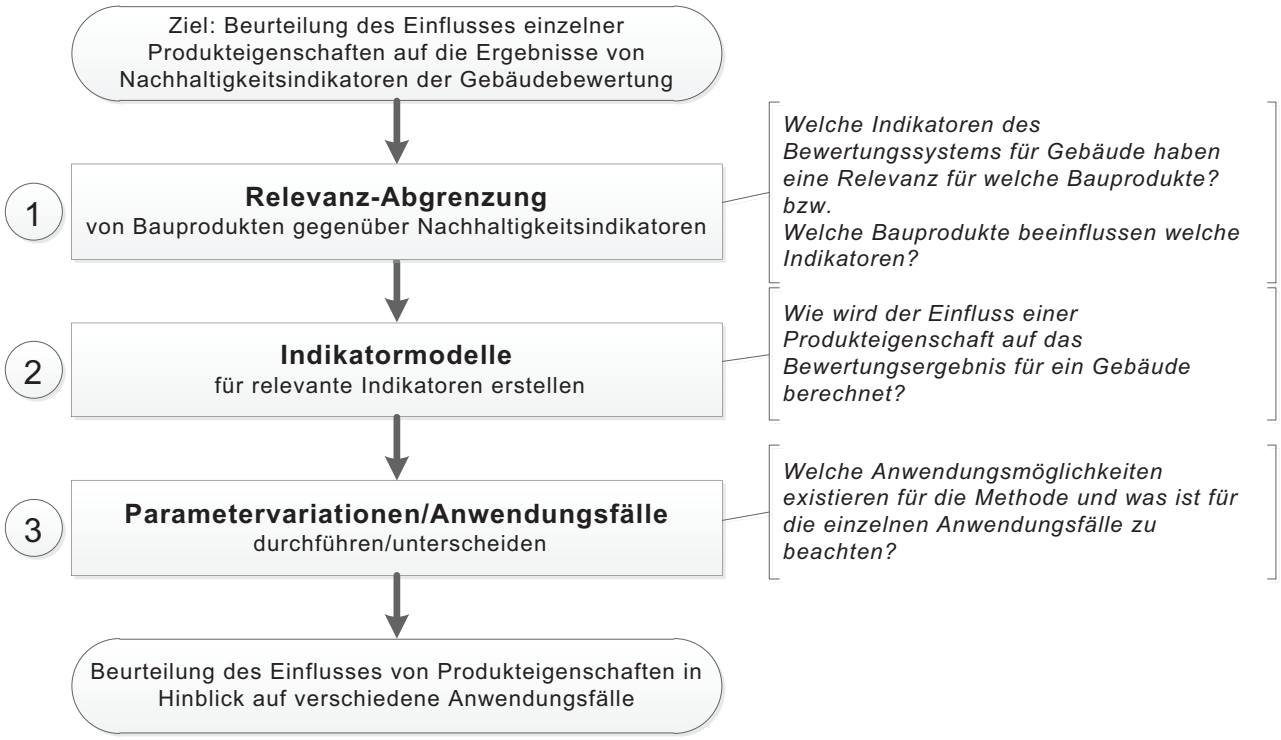


Abbildung 3-1 Struktur-Rahmen der Methode zur Analyse und Beurteilung des Einflusses von Produkteigenschaften auf die Gebäudebewertung.

3.2.1 Anwendungsfälle der Methode

Konkret lassen sich vier Fälle für die Anwendung der Methode beschreiben:

1. Anwendungsfall: Ermittlung Ergebnis-signifikanter Produkteigenschaften und Optimierung voneinander unabhängiger Produkteigenschaften – erste Näherung der Produktoptimierung

Diese erste Näherung der Produktoptimierung schätzt Produkteigenschaften als voneinander unabhängig ab. Diese Näherung ermöglicht die Beurteilung der direkten Einflussgrößen auf die Gebäudebewertung an der Schnittstelle zwischen Produkthersteller und Endverbraucher, um Ansatzpunkte für eine Produktoptimierung zu erkennen und die für eine Produktoptimierung signifikanten Parameter zu erkennen. Ein Beispiel ist die Analyse der Auswirkungen einer veränderten Lösemittelkonzentration einer Wandfarbe und der Veränderung der Dauerhaftigkeit der Farbe. In diesem Anwendungsfall würde die Dauerhaftigkeit als unabhängig von der Veränderung der Rezeptur der Farbe angesehen werden.

Die betrachteten Produkteigenschaften sind typischerweise in Sicherheitsdatenblättern, technischen Datenblättern oder Umweltproduktdeklarationen verfügbar und stehen Planern und Nachhaltigkeits-Auditoren zur Verfügung, um eine Gebäudebewertung vorzunehmen. Diese erste Näherung ist nicht geeignet, konkrete Handlungen für Produkthersteller für die Optimierung ihrer Produkte abzuleiten. Die Festlegung der Indikatormodelle unter Ziffer 3.4 basiert auf den für die erste Näherung eingesetzten Produkteigenschaften.

2. Anwendungsfall: Optimierung von Produkteigenschaften unter Berücksichtigung von Abhängigkeiten der Eigenschaften untereinander – zweite Näherung der Produktoptimierung

Die zweite Näherung der Produktoptimierung hat zum Ziel, für Produkthersteller Handlungsempfehlungen hinsichtlich der Veränderung einzelner Produkteigenschaften abzuleiten. Hierfür sind die Indikatormodelle so zu erweitern, dass Abhängigkeiten von Produkteigenschaften untereinander abgebildet werden können. Diese Abhängigkeiten ergeben sich in der Regel aus technisch-physikalischen Zwängen und aus den Produktionsverfahren mit ihren spezifischen Randbedingungen. Die für die zweite Näherung erforderlichen Modelle und Kenntnisse sind in der Regel beim Produkthersteller verfügbar bzw. bekannt, z.B. der Zusammenhang zwischen der Produkteigenschaft *spezifische Wärmeleitfähigkeit* und der Produkteigenschaft *Rohdichte*. Diese Abhängigkeiten haben physikalische Ursachen und müssen für die zweite Näherung der Produktoptimierung berücksichtigt werden.

3. Anwendungsfall: Beurteilung des Einflusses einer Bauprodukteigenschaft auf die Empfindlichkeit der Gebäudebewertung

Dieser Anwendungsfall bezieht sich auf eine konkrete Bewertungssituation und erlaubt Aussagen über den Einfluss einzelner Produkteigenschaften ausschließlich hinsichtlich dieser Bewertungssituation. In Einzelfällen sind Verallgemeinerungen möglich – die Randbedingungen werden unter Ziffer 3.6 erläutert. Als Beispiel kann der Vergleich zweier alternativer technischer Lösungen (z.B. haustechnisches System mit Wärmepumpe gegenüber System mit Biogas-Blockheizkraftwerk) in einem Zertifizierungsprojekt genannt werden.

4. Anwendungsfall: Ermittlung konkurrierender Auswirkungen aufgrund gegenläufiger Beeinflussung durch Produkteigenschaften

Die Variation einer Produkteigenschaft kann mehrere Indikatoren verändern. Die Auswirkungen auf Indikatoren können verstärkend oder konkurrierend sein und es gilt, den Einfluss einer Produkteigenschaft auf das Bewertungsergebnis speziell hinsichtlich derartiger konkurrierender Verhalten von Indikatoren zu analysieren und zu beurteilen. Beispielsweise kann der Einsatz einer Holzpelletfeuerung anstelle einer (konventionellen) Erdgasfeuerung den Beitrag zum Treibhauspotenzial (ein Indikator) reduzieren und gleichzeitig den Beitrag zum Versauerungspotenzial (weiterer Indikator) erhöhen.

Diese vier Anwendungsfälle erfordern unterschiedliche Festlegungen von Randbedingungen und Annahmen. Unter Ziffer 3.6 werden Leitfäden für die Verwendung der verschiedenen Anwendungsfälle gegeben.

Bezugsraum der Methode sind alle Gebäude innerhalb des Definitionsbereichs des zugrunde liegenden Gebäudebewertungssystems. Um ein Produkt zu analysieren, kann für die Anwendung des Bewertungssystems die Erweiterung der unten beschriebenen Systematiken zur Einordnung von Bauprodukten erforderlich werden. Die Methode gibt die entsprechenden Hinweise auf die Erweiterbarkeit der beschriebenen Strukturen.

Neben einfachen Bauprodukten kann die Methode auf Bauteile[23] beliebiger Komplexität angewendet werden. In solchen Fällen kann es erforderlich werden, die Ordnungsstrukturen der Methode anzupassen. Gleichzeitig können mit steigendem Funktionsumfang durch Bauteile höherer Ordnung zunehmende Optimierungspotenziale erwartet werden[24].

---

[23] Unter Bauteil kann auch der in der europäischen Bauprodukteverordnung [69] definierte Begriff des *Bausatzes* verstanden werden.

[24] So kann erwartet werden, dass z.B. die Höhe des Einflusses für eine Schicht einer Außenwand geringer ausfällt als für die gesamte Außenwand.

3.2.2 Indikatorkonzepte

Indikatoren in Bewertungs- und Zertifizierungssystemen für nachhaltige Gebäude spielen für die Methode eine zentrale Rolle. Sie folgen zwei unterschiedlichen Konzepten, die hier erläutert werden.

Ein Indikatorkonzept basiert auf der Ermittlung von Indikatorwerten R, die aus unterschiedlichsten Gebäudeparametern x_i im weiteren Sinne berechnet werden. Diese Indikatorwerte $R(x_i)$ werden im nächsten Schritt aufgrund einer definierten Punkteskala bewertet und in einer Bewertungsfunktion $W_k(R)$ dargestellt (k bezeichnet den Indikator). Das Bewertungsergebnis wird mit dem Indikatorgewicht α multipliziert. Dieses bewertete und gewichtete Indikatorergebnis E_k geht dann als Summand in das Gesamtergebnis der Gebäudebewertung E ein. Das Konzept, in dem ein Indikatorwert R berechnet und bewertet wird, findet man z.B. in den unter Ziffer 3.3.2 als *Leistungsindikatoren* beschriebenen Indikatoren.

Das zweite Indikatorkonzept bewertet Planungs-, Bau- oder Produktparameter direkt und weist einzelnen Qualitätsstufen eine Bewertung zu. Es wird kein Indikatorwert $R(x_i)$ berechnet, sondern direkt die Bewertung $W_k(x_i)$ vorgenommen. Dieses Konzept ist z.B. in den unter Ziffer 3.3.2 als *präskriptiv* bezeichneten Indikatoren zu finden. Beide Konzepte sind in Abbildung 3-2 dargestellt.

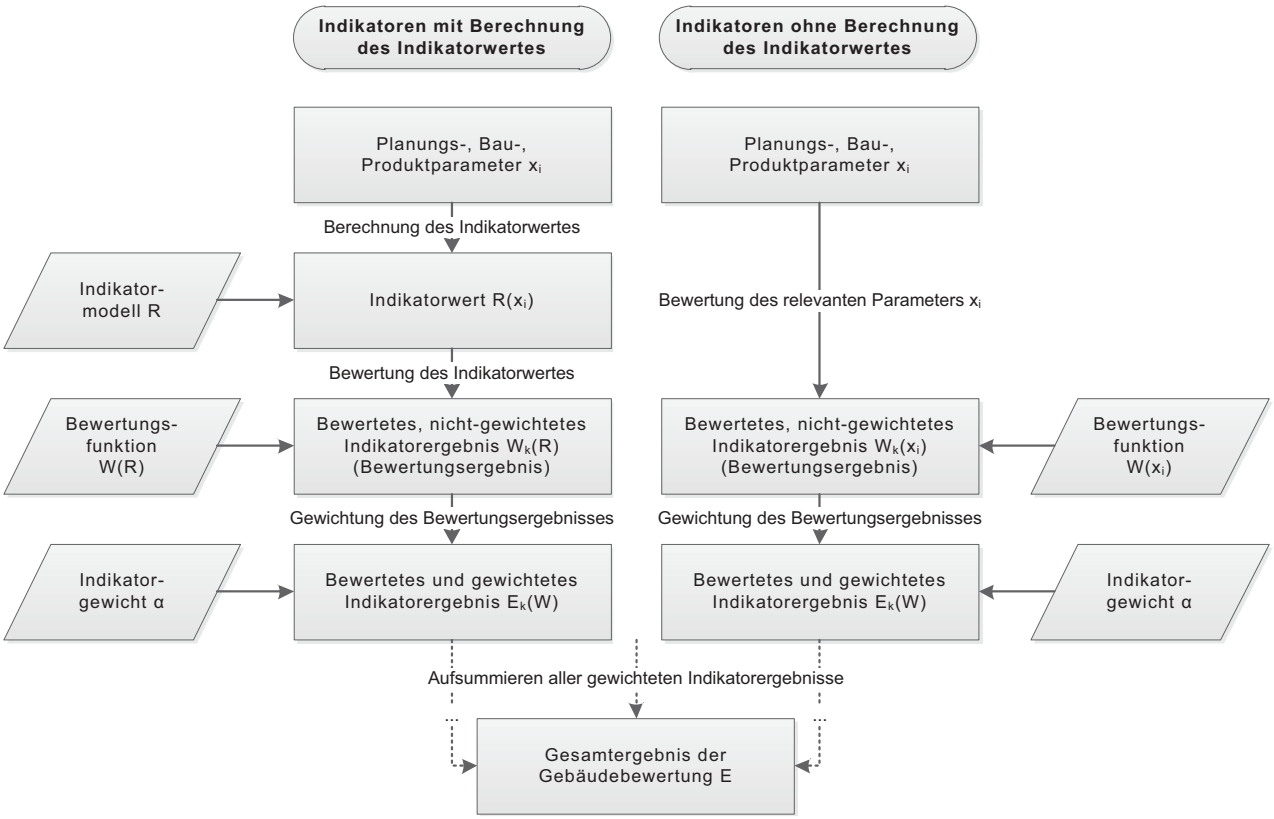


Abbildung 3-2 Allgemeine Rechenschritte zur Ermittlung einzelner Indikatorergebnisse und einer Gebäudebewertung.

3.2.3 Vorgehensweise zur Analyse und Beurteilung des Einflusses von Produkteigenschaften auf die Gebäudebewertung

Der Aufbau der Methode folgt den in Abbildung 3-1 dargestellten Blöcken *Relevanz-Abgrenzung*, *Indikatormodelle* und *Parametervariation / Anwendungsfälle*.

Für die Relevanz-Abgrenzung sind mehrere Zuordnungen sowie Relevanz-Betrachtungen in Stufen erforderlich (vgl. Ziffer 2.1.2). Ein betrachtetes Produkt wird in eine Produktgruppen-Struktur eingeordnet, und diese Produktgruppen-Struktur wird mit einer Bauelement-Systematik abgeglichen. Die resultierende Zuordnungs-Matrix I (siehe Ziffer 3.3.3) beschreibt, welche Produktgruppen in welchen Bauelementen zum Einsatz kommen. Dann werden die Bauelemente den Bauwerksfunktionen zugeordnet, zu deren Erfüllung die Elemente jeweils beitragen. Im Ergebnis werden Produktgruppen im Kontext ihrer Verwendung im Gebäude Bauwerksfunktionen zugeordnet.

Parallel werden die Indikatoren in fünf, eigens für diese Methode beschriebene Indikator-Typen gegliedert. Drei der Indikator-Typen können eindeutig einem der beiden unter Ziffer 3.2.2 beschriebenen Indikatorkonzepte zugewiesen werden. Zwei der Indikator-Typen lassen sich nicht eindeutig einem Indikatorkonzept zuordnen.

Zwei dieser fünf Typen sind für die vorliegende Arbeit relevant. Diese Indikatoren werden ebenfalls den Bauwerksfunktionen zugeordnet, so dass über die gleichen Bauwerksfunktionen die Produktgruppen und Bauelemente mit den Indikatoren abgeglichen werden können. Die Berücksichtigung indikatorspezifischer Einschränkungen und Systemgrenzen reduzieren den Relevanz-Abgleich zwischen Bauprodukten und Indikatoren weiter. In der Zuordnungs-Matrix II (Ziffer 3.3.6) werden die Indikatoren den Produktgruppen und Bauelementen gegenübergestellt. In den Feldern der Matrix wird die Relevanz der Produktgruppen gegenüber den Indikatoren gekennzeichnet. Unter Ziffer 3.3 werden diese einzelnen Schritte zur Festlegung der Relevanz-Abgrenzung erläutert.

Die Indikatormodelle (Block 2 in Abbildung 3-1) beschreiben den Bezug zwischen Produkteigenschaft und Gebäudebewertung analytisch oder numerisch. Mit ihrer Hilfe wird die Variation der Eingangsparameter bzw. der Produkteigenschaften durchgeführt. Die Indikatormodelle folgen mehreren Rechenschritten (vgl. Ziffer 2.1.1).

Die Parametervariation (Ziffer 3.5 und 3.6, Parametervariation je Indikator und die Zusammenführung zu einem Gesamtergebnis) im dritten Block basiert auf den Vorgaben, die für die einzelnen Anwendungsfälle der Methode formuliert werden (Ziffer 3.6). Die Anwendungsfälle erlauben die Beurteilung des Einflusses von Bauprodukteigenschaften auf das Ergebnis der Nachhaltigkeitsbewertung.

Die einzelnen Schritte der Methode sind in Abbildung 3-3 dargestellt. Die grau hinterlegten Elemente des Schaubildes stellen bestehende Elemente wie Ordnungssysteme dar, die im Rahmen der Methode genutzt werden. Zur Verdeutlichung der einzelnen Schritte der Methode sind diese mit Fragen versehen. Jeder Schritt dient der Beantwortung der jeweiligen Frage.

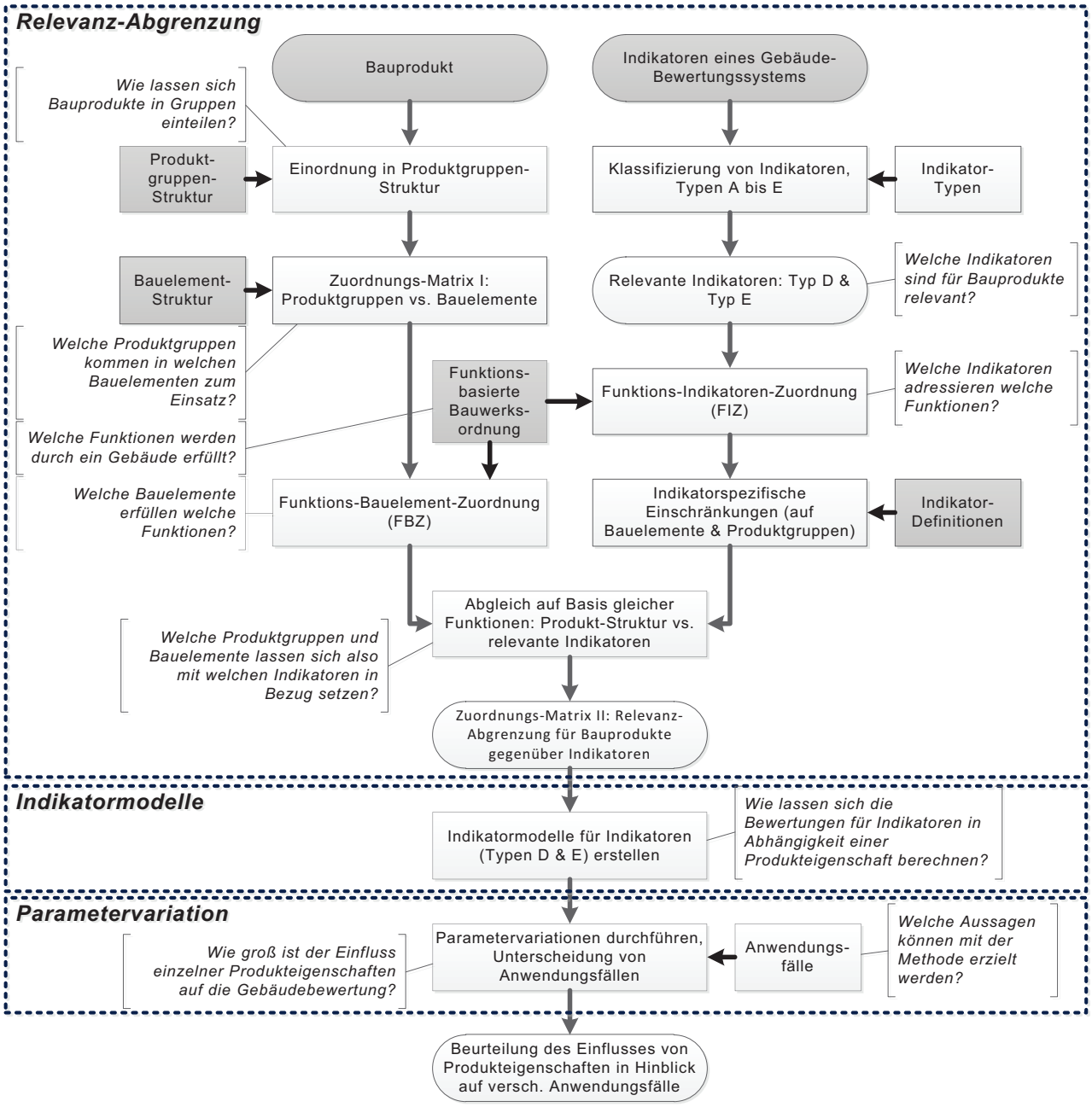


Abbildung 3-3 Ablaufdiagramm der Parametervariation zur Analyse des Einflusses von Produkteigenschaften auf die Gebäudebewertung.

3.3 Relevanz-Abgrenzung von Bauprodukten gegenüber Nachhaltigkeits-Indikatoren

In diesem Abschnitt wird der erste der drei Blöcke der Methode dargestellt. Dieser stellt die Relevanz-Abgrenzung von Bauprodukten gegenüber Indikatoren der Ge-

bäudebewertung dar. Die folgenden Abschnitte stellen die einzelnen Elemente und die aufeinander folgenden Schritte dieses Blocks dar.

3.3.1 Zielsetzung und Vorgehensweise

Die Relevanz-Abgrenzung dient der Identifizierung der Abhängigkeiten zwischen Bauprodukten und Indikatoren. Je nach Anwendung der Methode werden die Fragen „Welche Indikatoren werden von einem Bauprodukt beeinflusst?“ oder „Welche Bauprodukte sind für einen Indikator von Bedeutung?“ beantwortet.

Das Ergebnis wird für einzelne Bauprodukte gebildet und führt die Indikatoren auf, die durch das Bauprodukt grundsätzlich adressiert werden. Dem Produkthersteller ermöglicht dies bereits die Fokussierung weiterer Aktivitäten.

Die Vorgehensweise bei der Relevanz-Abgrenzung folgt dem Schema in Abbildung 3-4, das eine Detaillierung von Abbildung 3-3 darstellt.

Die Relevanz-Abgrenzung basiert auf den zwei Grundlagen:

1. Ordnungsstruktur für Bauprodukte und
2. Katalog der Bewertungskriterien für die Gebäudebewertung.

Dieser Kriterienkatalog wird in der Regel einem der Gebäude-Zertifizierungssysteme (vgl. Ziffer 2.1.1) entnommen. Anforderungen an einen Kriterienkatalog für die Verwendung als Grundlage für die Methode sind:

- die Kriterien und Indikatoren[25] des Katalogs müssen eindeutig definiert sein;
- Rechenregeln zur Quantifizierung oder Vorgehensweisen zur Ermittlung eines zu bewertenden Ergebnisses sind für jedes Kriterium bzw. jeden Indikator eindeutig definiert und transparent beschrieben;
- ein übergeordneter Bewertungsschlüssel enthält die Regeln zur Berechnung eines Gesamtergebnisses unter Berücksichtigung aller Kriterien des Katalogs;
- Systemgrenzen, Grenzen der Anwendung der Kriterien und Indikatoren und weitere Festlegungen des Untersuchungsrahmens sind definiert.

---

[25] Erläuterungen zur begrifflichen Unterscheidung von ‚Kriterium‘ und ‚Indikator’ sind im Glossar zu finden.

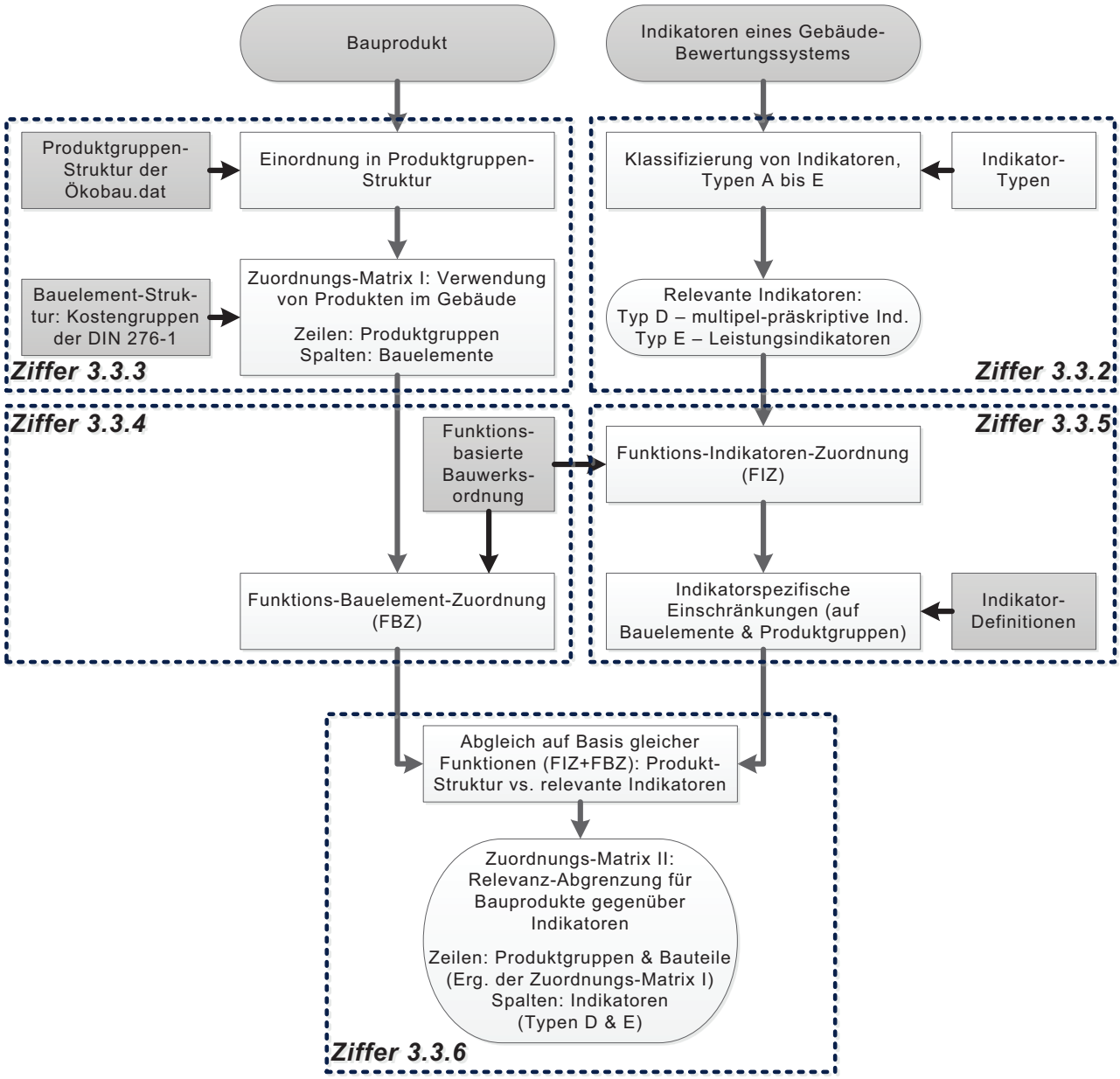


Abbildung 3-4 Einzelschritte zur Festlegung der Relevanz-Abgrenzung von Bauprodukten gegenüber Indikatoren.

Die Relevanz-Abgrenzung für Bauprodukte gegenüber Indikatoren erfolgt in mehreren Schritten. In den Schritten, die in der rechten Spalte in Abbildung 3-4 dargestellt sind, werden die Indikatoren des Kriterienkatalogs unterschiedlichen Indikator-Typen zugeordnet und einer Relevanz-Betrachtung unterzogen (vgl. Ziffer 3.3.2).

Parallel zur Indikator-Klassifizierung wird die unter Ziffer 3.3.3 beschriebene Zuordnungs-Matrix I aufgebaut. Die resultierende Kombination von Produktgruppen und Bauelementen findet als Zeilen in Zuordnungs-Matrix II (vgl. Ziffer 3.3.6) Verwendung. Die Indikatoren werden einer zweistufigen Relevanz-Betrachtung unterzogen und finden als Spalten Eingang in die Zuordnungs-Matrix II.

Die Verwendung der funktionalen Bauwerksordnung für die Festlegung von Relevanz-Abgrenzungen für Bauprodukte gegenüber Indikatoren wird unter Ziffer 3.3.4 erläutert. Die Bauelemente werden Bauwerksfunktionen zugeordnet. Durch die Kombination der Funktions-Bauelement-Zuordnung (FBZ) mit der Funktions-Indikator-Zuordnung (FIZ) werden die eigentlichen Relevanz-Abgrenzungen vorgenommen. Dies geschieht durch das Gleichsetzen der Funktionen, so dass Produktgruppen (einschließlich der Festlegung ihrer Verwendung im Gebäude = Zuordnung der Produktgruppen zu Bauelementen) unmittelbar den Indikatoren gegenübergestellt werden können. Das Ergebnis dieser Relevanz-Abgrenzung wird in Zuordnungs-Matrix II abgebildet.

Die Relevanz-Abgrenzung liefert mehrere Teilergebnisse, die für die spätere Anwendung der Methode erforderlich sind:

- eine Produktgruppen-Struktur, in die Bauprodukte eingeordnet werden können,
- eine Festlegung, welche Produktgruppen in welchen Bauelementen im Gebäude typisch eingesetzt werden,
- zu betrachtende Indikatoren (Indikatoren der Typen D und E) des Kriterienkatalogs zur Gebäudebewertung, und zusammengefasst
- die Festlegung, welche Indikatoren für welche Bauprodukte zu betrachten sind.

3.3.2 Klassifizierung von Indikator-Typen

Indikatoren der Nachhaltigkeitsbewertung von Bauwerken werden bedarfsweise nach unterschiedlichen Gesichtspunkten klassifiziert. Im Fall der vorliegenden Arbeit erfolgt eine Klassifizierung von Indikatoren in mehrere Indikator-Typen, um

- Indikatoren hinsichtlich der Methodik der Beschreibung von Anforderungen an Bauprodukte zu unterscheiden und die Relevanz gegenüber der Bauprodukt-Auswahl zu identifizieren, sowie

– für die jeweiligen Indikator-Typen einheitliche, generische Indikatormodelle zu beschreiben.

Keine der unter Ziffer 2.1.3 beschriebenen Systematiken zur Klassifizierung von Indikatoren nimmt explizit Bezug auf den Einsatz von Bauprodukten in der Gebäudezertifizierung. Da dieser Bezug von besonderer Bedeutung ist, kann keine der beschriebenen Systematiken aus Ziffer 2.1.3 direkt übernommen werden. Dies erfordert die Durchführung einer eigenen Indikator-Klassifizierung.

Im Hinblick auf die Beschreibung von Anforderungen an Bauprodukte können fünf verschiedene Indikator-Typen differenziert werden. Diese fünf Indikator-Typen werden im Folgenden erläutert und mit den Buchstaben A bis E bezeichnet.

Indikator-Typ A: Bauprodukt-unabhängige Indikatoren

Der Indikator-Typ A beschreibt Indikatoren, die funktionale, prozessorientierte, gestalterisch-architektonische oder andere planerische Aspekte des Gebäudelebenszyklus adressieren und bewerten. Sie fordern keine Entscheidung für oder gegen ein spezifisches Bauprodukt, die Produktauswahl hat keinen Einfluss auf das Indikatorergebnis. Dies ist beispielsweise bei einem Indikator der Fall, der besondere Qualifizierungsmaßnahmen, wie Lehrgänge für ein Planungsteam fordert.

Typ A-Indikatoren haben dementsprechend keine Bauprodukt-Relevanz.

Indikatoren-Typ B: Deskriptive Indikatoren

Deskriptive Indikatoren berücksichtigen in der Bewertung, ob bestimmte Merkmale oder Bauwerkseigenschaften dokumentiert werden. Ergebnisse der Dokumentation werden nicht ausgewertet oder hinsichtlich ihrer Güte interpretiert, z.B. im Fall der Dokumentation von Produkteigenschaften wie dem Albedowert der Außenwandbekleidung. Der Indikator trifft keine Aussage darüber, welche Albedowerte *gut* oder *schlecht* sind[26].

---

[26] Die Begriffe *gut* und *schlecht* vertreten hier die Werthaltung, die durch die – für diese Indikatoren nicht festgelegten – Bewertung ausgedrückt wird.

Typ B-Indikatoren können einen Bezug zu Bauprodukten aufweisen, wenn sie die Dokumentation von Produkteigenschaften fordern. Allerdings wird die Dokumentation von Produkteigenschaften als Aufgabe des Produktherstellers angesehen, die unabhängig vom tatsächlichen Produkt oder der Güte des Produkts ist. Dementsprechend darf das Vorliegen einer Dokumentation für eine Produkteigenschaft kein Entscheidungskriterium für oder gegen ein spezifisches Bauprodukt darstellen. Es wird als erforderliche Grundlage für die Ermittlung des Einflusses dieser Eigenschaft auf die Gebäudebewertung und die resultierende mögliche Produktoptimierung vorausgesetzt. Somit haben Typ B-Indikatoren keinen für die vorliegende Arbeit relevanten Bauprodukt-Bezug.

Indikatoren-Typ C: Singulär-präskriptive[27] Indikatoren

Typ C-Indikatoren machen unmittelbare Vorgaben an umzusetzende bauliche oder organisatorische Maßnahmen, z.B. für den Einsatz eines bestimmten Produkts. Eine Bewertung prüft lediglich die unmittelbare Umsetzung der geforderten Maßnahme. In der Regel wird durch einen Typ C-Indikator eine einzelne Anforderung formuliert, deren Überprüfung die Ergebnisse „erfüllt“ oder „nicht erfüllt“ ergibt. Eine teilweise Erfüllung der Anforderung ist in der Regel nicht vorgesehen. Indikatoren dieses Typs fordern grundsätzlich Eigenschaften, die ein Produkt innehat (Anforderungen an eine Maßnahme, die keine Produktwahl zur Folge haben, würden in den Indikator-Typ A fallen). Generell ist die Erfüllung der gestellten Anforderung die hauptsächliche Funktion des Produkts.

Als Beispiel für diesen Indikator-Typ kann der geforderte Einsatz von Brandgasmeldern im Gebäude gelten. Wenn Brandgasmelder eingebaut werden, gilt die Indikator-Anforderung als erfüllt. Dabei ist die einzige Funktion des Brandgasmelders, dieser Forderung zu entsprechen. Dementsprechend kann bei Indikatoren dieses Typs von einer grundsätzlichen Bauproduktrelevanz ausgegangen werden. Meist beschränkt sie sich auf eine oder einige wenige Produktgruppen. Eine Varia-

---

[27] „prä|skrip|tiv (Adj.): bestimmte Normen (=allgemein anerkannte, als verbindlich geltende Regel für das Zusammenleben der Menschen) festlegend“. [12]

tion der relevanten Produkteigenschaft ist nicht möglich, da sie zum Wegfall der Funktion des Produkts und damit zum Nicht-Einsatz des Produktes führen würde.

Beispielsweise würde der Wegfall der Eigenschaft „Brandgasmelder vorhanden“ beim Produkt „Brandgasmelder“ zum Wegfall des Produkts und damit zu keiner aussagekräftigen Erkenntnis bezüglich einer Produktoptimierung führen.

Indikatoren-Typ D: Multipel-präskriptive Indikatoren

Typ D-Indikatoren stellen Anforderungen an bestimmte Bauwerkseigenschaften. Diese Anforderungen sind häufig für einzelne oder mehrere Produktgruppen relevant bzw. definiert. Sie sind für alle Produkte, die einen Indikator beeinflussen, zu berücksichtigen. Ein Beispiel ist die Forderung eines Indikators nach einer maximalen Lösemittelkonzentration in flüssigen Oberflächenbeschichtungen. Sämtliche in einem Projekt eingesetzten Beschichtungen (Farben, Lacke, Grundierungen, flächig aufzubringende Kleber, etc.) müssen die geforderte Lösemittelkonzentration einhalten, wenn der Indikator erfüllt werden soll.

Indikatoren dieses Typs weisen eine generelle Relevanz gegenüber Bauprodukten auf, die sich auf einzelne Produktgruppen beschränken kann (eingeschränkte Relevanz-Abgrenzung für Bauprodukte gegenüber einem Indikator). Somit stehen sie für eine Produktoptimierung durch die Variation der Ausprägung einzelner Produkteigenschaften (z.B. Lösemittelkonzentration) zur Verfügung.

Indikatoren-Typ E: Leistungsindikatoren

Leistungsindikatoren beschreiben ein Qualitätsniveau auf Ebene einer Wirkung, also einer Beeinflussung eines spezifischen Qualitätsmerkmals oder einer Funktion des Bauwerks. Die Anforderungen werden durch einen vorgegebenen Anforderungswert oder ein zu erreichendes Qualitätsniveau beschrieben und zeichnen sich durch eine quantitative Bemessung aus. Ein Beispiel sind die Indikatoren der Ökobilanz, für die Anforderungswerte für den jeweiligen Indikator für den gesamten Gebäude-Lebenszyklus definiert sind. Diese Typ E-Indikatoren weisen eine grundsätzliche Bauprodukt-Relevanz auf und stehen für die Variation einzelner oder mehrerer Produkteigenschaften zur Verfügung. Die Indikatormodelle dieser Indikatoren müssen als Funktion aller zu diskutierenden Parameter beschrieben sein.

Manche Indikatoren können mehreren Typen zugeordnet werden. So sind Leistungsindikatoren denkbar, die keinen unmittelbaren Bezug zu Bauprodukten aufweisen, sondern Wirkungen auf organisatorischer Ebene adressieren und denen organisatorische Maßnahmen zugrunde liegen. Für die Entscheidung der Zuordnung zu einem Indikator-Typ (Typ A oder Typ E in diesem Beispiel) ist daher die Bauprodukt-Relevanz als Entscheidungskriterium zu verwenden. Im beschriebenen Fall erfolgt die Zuordnung zum Indikator-Typ A, da kein Bezug zu Bauprodukten vorliegt.

Ursache-Wirkungs-Beziehungen für Indikator-Typen

Als Motivation für die Klassifizierung von Indikatoren wird die Beschreibung von typspezifischen Indikatormodellen genannt. Unter *Indikatormodell* wird der Bezug zwischen planerischen Entscheidungen bzw. den entsprechenden Maßnahmen (*Ursache* entsprechend Ziffer 2.1.3) und einem in einer Indikator-Bewertung resultierenden Effekt bzw. einer Wirkung (z.B. Treibhauspotenzial der Gebäudekonstruktion) verstanden. Unter Ziffer 3.4 sind für die aufgeführten Indikator-Typen generische Indikatormodelle definiert. Spezifische Indikatormodelle werden entsprechend den allgemeinen Vorgaben der generischen Modelle aufgestellt und liefern Aufschluss insbesondere auch über den Umfang der maximal möglichen Beeinflussung des Indikatorergebnisses durch einzelne Bauprodukte.

Die Funktionsweise einzelner Indikator-Typen innerhalb einer Ursache-Wirkungs-Beziehung ist in Abbildung 3-5 aufgezeigt (vgl. Ziffer 2.1.3). Die Ursache-Wirkungs-Beziehung enthält für den Zweck der Beschreibung der Funktionsweise von Indikatoren maximal vier Stufen:

1. *Ursache*
   Hierunter werden planerische Entscheidungen mit den resultierenden baulichen oder organisatorischen Maßnahmen verstanden, z.B. die Entscheidung für den Einsatz eines spezifischen Produkts.

2. *Effekt*
   Als Effekt wird das unmittelbare Ergebnis einer Ursache verstanden wie die direkten Auswirkungen einer planerischen Entscheidung auf einzelne oder mehrere Merkmale des Bauwerks. Ein Beispiel ist das Auftreten bestimmter

Werte für eine Bauwerkseigenschaft (z.B. Emission bestimmter Substanzen), das auf den Einsatz eines spezifischen Produkts zurückzuführen ist.

3. *Wirkung*
   Unter Wirkungen versteht man die Veränderungen von Funktionen oder anderen Qualitätsmerkmalen, z.B. Umweltwirkungskategorien (z.B. Treibhauspotenzial), die auf bauwerksbezogene Effekte (Veränderungen von Bauwerkseigenschaften) zurückgeführt werden.

4. *Schaden / Nutzen*
   Als Schaden oder Nutzen wird die Veränderung der Bauwerksleistung gegenüber einem Schutzziel verstanden. Diese schutzzielbezogene Leistung kann sich verbessern (Nutzen) oder verschlechtern (Schaden). Wenn die Emission bestimmter Substanzen durch das Gebäude ein Effekt ist, dann ist die Veränderung des humantoxischen und des ökotoxischen Potenzials eine Wirkung. Die Veränderung der menschlichen Gesundheit und umliegender Ökosysteme gelten als Schaden / Nutzen (Schaden z.B. in verlorenen Lebensjahren[28]). Versteht man die Ursache-Wirkungs-Beziehung als Systemreaktion (Ziffer 2.1.3), kann der Schaden als Rückkopplung außerhalb des Systems (durch das System verursachte Beeinflussung der Umwelt) beschrieben werden.

Mit der Ursache-Wirkungs-Beziehung werden die oben beschriebenen Indikator-Typen eingeordnet. Deskriptive Indikatoren (Indikator-Typ B) nehmen keine Funktion in dieser Ursache-Wirkungs-Beziehung wahr, da sie die reine Dokumentation von Eigenschaften bewerten. Somit kann der Indikator-Typ B nicht in dieses System eingeordnet werden. Baustoff-unabhängige Indikatoren dagegen können auf allen Ebenen der Ursache-Wirkungs-Beziehung definiert sein, werden im Folgenden jedoch nicht weiter betrachtet.

---

[28] Verlorene Lebensjahre, engl. Disability Adjusted Life Years, DALY [110, 85] ist eine in verschiedenen Umweltwirkungsmodellen (z.B. [127, 109]) eingesetzte Einheit für die Beschreibung von Schäden auf die menschliche Gesundheit, die z.B. auf Umwelteffekte (wie Lärmemissionen oder Feinstaubemissionen) zurückgeführt werden können. Die menschliche Gesundheit stellt einen Endpunkt der Wirkungsmodellierung dar, für die keine z.B. ökologischen Wirkungen beschrieben werden.

Hinsichtlich der Einordnung sei darauf hingewiesen, dass sich die Begriffe Effekt, Wirkung, Schaden oder Nutzen auf ein Schutzziel beziehen und nicht auf die Gebäudebewertung[29]. Die Gebäudebewertung nutzt das für einen Indikator erzielte Ergebnis innerhalb dieser Beziehung und bewertet es.

Entsprechend ihrer Definition werden Typ C-Indikatoren auf Ebene der *Ursache* eingeordnet. Die Festlegung von Anforderungen und die planerische Umsetzung der Anforderung liegen auf gleicher Ebene.

Die Definition von Typ D-Indikatoren wird auf der Ebene des *Effekts* vorgenommen. Es ist eine planerische Aufgabe, entwurfsbeeinflussende Entscheidungen und bauliche Maßnahmen aus der Definition des Indikators abzuleiten.

Typs E-Indikatoren sind auf Ebene der *Wirkung*, unter Umständen auch auf Ebene des *Schadens / Nutzens* definiert. Die Ableitung von planerischen Entscheidungen zur Erfüllung der gesetzten Anforderungen bedeutet eine deutlich größere Transferleistung, da die spezifischen Ursache-Wirkungs-Mechanismen der einzelnen Indikatoren komplexer sind als in den Fällen der anderen Indikator-Typen.

---

[29] Z.B. ist ein *Nutzen* nicht gleich einer bessere Bewertung für das Gebäude.

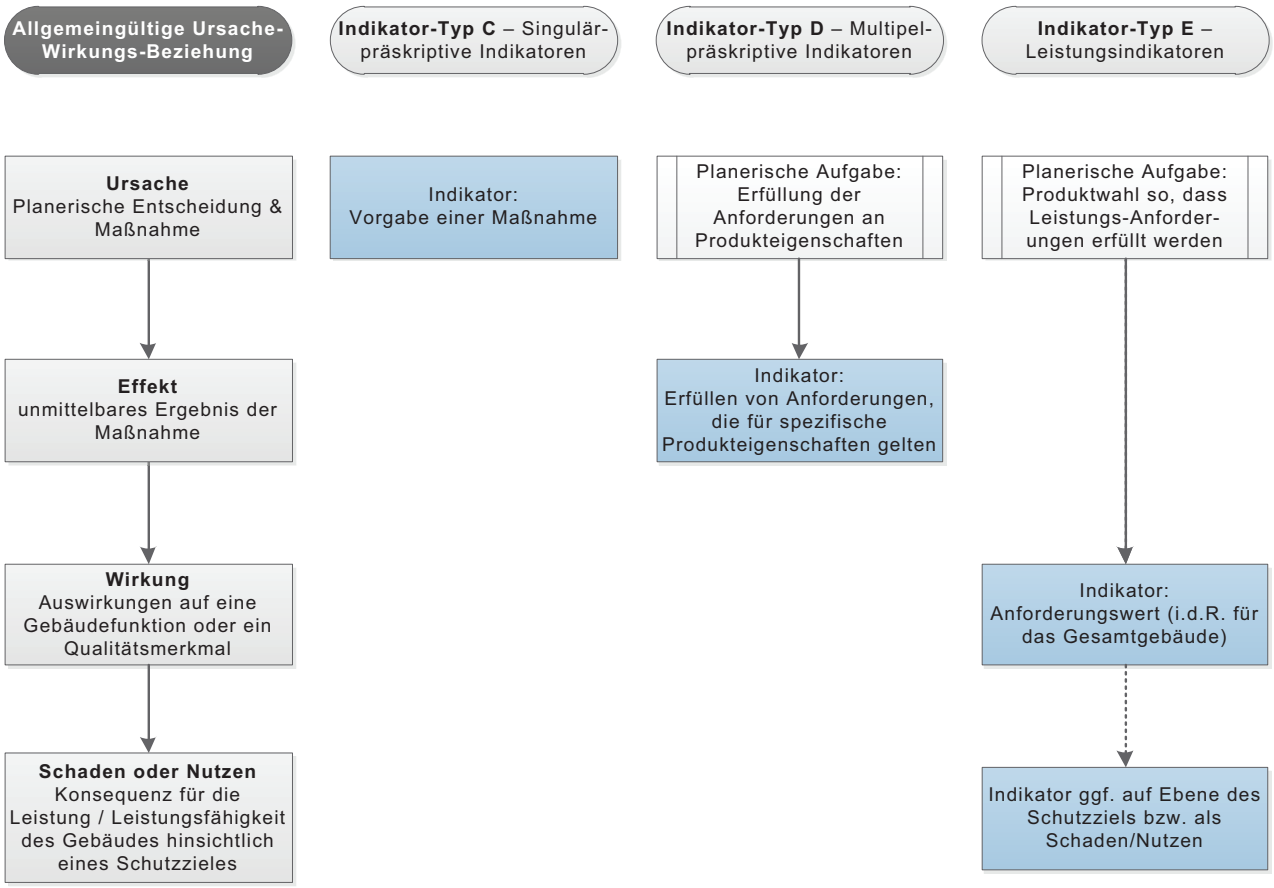


Abbildung 3-5 Funktionsweise der Indikator-Typen C, D, E innerhalb der allgemeinen Ursache-Wirkungs-Beziehung.

Aus der Einordnung der Indikator-Typen in die Darstellung der Ursache-Wirkungs-Beziehungen ergibt sich, dass Nachhaltigkeitsaspekte auf verschiedene Weisen als Indikatoren formuliert werden können, z.B. kann Humantoxizität mit Hilfe eines geeigneten Indikators – analog dem Treibhauspotenzial – auf Ebene der Wirkung oder des Schadens beschrieben werden. Ein derartiger Indikator ist den Leistungsindikatoren zuzuordnen. Alternativ könnten ein oder mehrere multipel-präskriptive Indikatoren den Einsatz humantoxischer Substanzen im Gebäude regulieren. Da die Beziehungen zwischen den toxischen Effekten einzelner Substanzen und einem allgemeingültigen Indikator auf Wirkungs- oder Schadens-Ebene schwierig herzustellen ist, kommt in der Gebäudezertifizierung ein derartiger Indikator häufig nicht zum Einsatz. Gleichzeitig wäre dies wünschenswert, da er alle toxischen Effekte berücksichtigen könnte, ohne dass für jeden Effekt ein separater Indikator beschrieben werden müsste.

3.3.3 Zuordnung von Produktgruppen zu Bauelementen (Zuordnungs-Matrix I)

Unterschiedliche Indikatoren – unabhängig vom Typ des Indikators – sind teilweise für bestimmte Materialien oder manche Bauelemente von Bedeutung. Sie haben eigene Relevanz-Abgrenzungen gegenüber Bauprodukten. Das heißt, jeder Indikator hat eigene Systemgrenzen in Bezug auf betrachtete Produktgruppen und die Verwendungen der Bauprodukte im Gebäude.

Die zu analysierenden Bauprodukte müssen systematisch eingeordnet werden. Insbesondere die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse fordert ein für alle Bauprodukte einheitliches Vorgehen. Zu diesem Zweck wird eine konsistente Produktgruppen-Systematik eingeführt, in die sämtliche Bauprodukte einzuordnen sind. Die Produktgruppen-Systematik ist unabhängig vom einzelnen Produkt und erlaubt später eine für alle Bauprodukte gültige Relevanz-Abgrenzung.

Für die Relevanz-Abgrenzung im Rahmen der Methode wird eine Produktgruppen-Systematik benötigt, die mehreren Anforderungen genügt:

- die Produktgruppen-Systematik muss hinreichend umfangreich sein, um die Mehrzahl der typischerweise zum Einsatz kommenden Bauprodukte abzubilden[30];
- die Produktgruppen-Systematik muss erweiterbar sein;
- die Produktgruppen-Systematik muss eindeutig hierarchisch strukturiert sein, um Bauprodukte eindeutig einer Produktgruppe zuordnen zu können;
- die Produktgruppen-Systematik muss die Einordnung von Produktgruppen gestatten, die komplexe Bauteile bzw. Bausätze abbilden.

Die Produktgruppen-Systematik in der Methode umfasst zwei Hierarchieebenen. Die erste Ebene beschreibt z.B. einen Werkstoff, die zweite Ebene nimmt für den jeweiligen Werkstoff eine Differenzierung nach z.B. Verarbeitungstechnik oder Anwendungsbereich vor. Eine weitere Differenzierung in eine dritte Produktgruppen-Ebene wäre möglich, ist aber nicht zwingend erforderlich. Die Aggregation auf der

---

[30] Vgl. Ziffer 3.3.1, ein Kriterienkatalog für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden ist in der Regel für einen bestimmten Typ von Bauwerken (z.B. Bürogebäude, Industriebauten, Handelsbauten, etc.) festgelegt.

obersten Hierarchieebene kann so groß sein, dass die folgende Zuordnungen zur Bauelement-Struktur auf dieser Ebene zu nicht aussagekräftigen Ergebnissen führt. Sie wird unter diesen Umständen nicht vorgenommen.

Auf der zweiten Hierarchieebene ist eine Differenzierung in Produktgruppen in ausreichender Detaillierung erforderlich, so dass die Zuordnung zu Ordnungselementen der Bauelement-Struktur eindeutig ist. Die Elemente der obersten Ebene werden als *Hauptgruppen* bezeichnet, die Elemente der zweiten Ebene als *Produktgruppen*.

Für die Beschreibung der Vorgehensweise der Methode wird die Systematik der Datenbank „Ökobau.dat“ zugrunde gelegt[31]. Diese Produktgruppen-Systematik umfasst eine große Bandbreite an im Bauwesen eingesetzten Werkstoffen und Produkten. Darüber hinaus genügt sie in ihrer Struktur den oben beschriebenen Anforderungen. Alternativ zur Struktur der Ökobau.dat können andere, unter Ziffer 2.1.2 aufgeführte Systematiken genutzt werden.

Für die Anwendung im Rahmen der Methode stellen die bestehenden Produktgruppen der Hauptgruppe *9. Sonstige*[32] keine relevanten Produktgruppen dar und können vernachlässigt werden, mit Ausnahme der Produktgruppe *PG 9.6 Grünpflanzen* (s.u.). Weitere Produktgruppen, die den energetischen Gebäudebetrieb beschreiben (insb. Produktgruppe *8.6 Nutzung – Gebäudetechnik*[33]*)*, können vernachlässigt werden. Effekte, die aus der Nutzung von Bauprodukten entstehen, sind grundsätzlich den Produkten zuzuordnen und nicht separat innerhalb der Produktgruppenstruktur zu führen.

---

[31] Die Systematik ist der Aufstellung in [116] entnommen.

[32] Die Hauptgruppe 9. Sonstige beinhaltet die Untergruppen *Baustellenprozesse*, *Energieträger*, *Güter-Transporte*, *Personen-Transporte* und *Abfallaufbereitung und -entsorgung.*

[33] Gegenüber der Systematik, wie in [116] beschrieben, enthält die Ökobau.dat-Datenbank [17] weitere Produktgruppen, von denen insbesondere die Produktgruppe *PG 8.5 Beförderung* als relevant für die Beschreibung von Bauprodukten im Hochbau angesehen wird. Produktgruppen, die das End-of-Life verschiedener Werkstoffe und Produkte beschreiben, werden demgegenüber vernachlässigt, da dieses End-of-Life bei Bedarf als Produkteigenschaft zu beschreiben und entsprechend zu behandeln ist.

Bauteile und Bausätze sind – außer im Bereich des Gebäudebetriebs – nicht über Produktgruppen der Ökobau.dat abgebildet. Um die Anwendbarkeit der Methode auf komplexe Bauteile zu verdeutlichen wird die Hauptgruppe *10. Bauteile* mit den Produktgruppen *PG 10.1 WDVS*, *PG 10.2 Trockenbauwände Innenausbau*, *PG 10.3 Systemtrennwände* und *PG 10.4 Fenster komplett* ergänzt. Diese Erweiterung ist exemplarisch und kann entsprechend dem Bedarf ergänzt werden.

Zur Abbildung von Aspekten, die über den Bauwerkskörper hinausgehen, wird eine Produktgruppe *PG 9.6 Grünpflanzen* eingeführt. Ihre Elemente gelten nicht als Bauprodukte im engeren Sinne, sie können jedoch Gegenstand planerischer Aufgaben sein. Die eingesetzte Produktgruppen-Systematik ist in Anhang A vollständig aufgeführt.

Zur weiteren Konkretisierung der Bauproduktverwendung im Gebäude werden die Produktgruppen einer Bauelement-Struktur zugeordnet, die Gebäude unabhängig von ihrer individuellen Form oder Konstruktion beschreiben. Eine geeignete Bauelement-Struktur muss durch hinreichend detaillierte Differenzierung einzelner (physischer) Komponenten eines Bauwerks die Art der Werkstoff-Verwendung bzw. die spezifischen Ausprägungen von Produkten des gleichen Werkstoffs zu unterscheiden. Gleichzeitig muss die eingesetzte Systematik alle Bauteile eines Gebäudes eindeutig abbilden.

Im Folgenden wird die Verwendung der Kostengruppen-Struktur der DIN 276-1 [55] (vgl. Ziffer 2.1.2) für die Bauelemente des Gebäudes beschrieben. Die Elemente der Kostengruppen 300 (Bauwerk – Baukonstruktionen) und 400 (Bauwerk – Technische Anlagen) werden mit der ersten und der zweiten Ebene der Kostengruppen als Systematik eingesetzt (vgl. Ziffer 2.1.2).

Die Kostengruppen *KG 310 Baugrube*, *KG 390 Sonstige Maßnahmen für Baukonstruktionen* sowie *KG 490 Sonstige Maßnahmen für technische Anlagen* werden vernachlässigt, da sie keinen unmittelbaren Bezug zu Bauelementen des Gebäudes darstellen.

Die Produktgruppen-Systematik wird mit der Bauelement-Struktur in der Zuordnungs-Matrix I zusammengeführt. Die Relevanz-Analyse für Produktgruppen erfolgt mittels Kennzeichnung der Matrix-Elemente. Die Produktgruppen werden jenen Bauelementen zugeordnet, in denen die jeweilige Produktgruppe zum Einsatz

kommen kann. Diese Festlegung erfolgt in Ermangelung eindeutiger Regelungen auf Basis der Sachkenntnis des Erstellers der Zuordnungs-Matrix I. Aus dieser Zuordnung ergeben sich Relevanz-Betrachtungen für verschiedene Produkte. Darüber hinaus greift ein Berechnungsschritt in der Erstellung der Indikatormodelle (Ziffer 3.4) auf die Anzahl der nicht-leeren Matrix-Elemente zurück. Aus diesem Grund ist die Verwendung einer einheitlichen, unveränderten Zuordnungs-Matrix I für alle zu betrachtenden Bauprodukte wichtig.

Mathematisch beschrieben wird die Zuordnungs-Matrix I ($M1$) aus dem Spaltenvektor der Produktgruppen $\vec{p} = p_{i1}$ und dem Zeilenvektor der Bauelemente $\vec{g} = g_{1j}$ gebildet:

$$M1 = m1_{ij} = \vec{p} \times \vec{g} = p_{i1} \times g_{1j} \tag{3-1}$$

mit: $\vec{p} = p_{i1} = (p_{11}, \dots, p_{u1})$ mit $1 \leq i \leq s$ Produktgruppen und
$\vec{g} = g_{1j} = (g_{11}, \dots, g_{1v})$ mit $1 \leq j \leq t$ Bauelemente.

In dieser Matrix stellen die Elemente $m1_{ij} = 1$ (bzw. mit X gekennzeichnet) die relevanten Einträge dar. Sie weisen darauf hin, dass die Produktgruppe p_{i1} im Bauelement g_{1j} Verwendung findet. Alle anderen Matrix-Elemente sind 0.

Für den im Rahmen dieser Methode weiter eingesetzten Fall der Zuordnungs-Matrix I als Kombination aus Produktgruppen der Ökobau.dat mit Kostengruppen der DIN 276 ist die resultierende Matrix in Abbildung 3-6 dargestellt. Die mit X gekennzeichneten Feldern stellen die Matrix-Elemente $m1_{ij} = 1$ dar.

Zu den Elementen der Zuordnungs-Matrix I ist anzumerken, dass die Produktgruppe *PG 9.6 Grünpflanzen* keiner Kostengruppe der Bauelement-Struktur zugeordnet werden kann und dass der Kostengruppe *KG 370 Baukonstruktive Einbauten* keine einzelnen Produktgruppen zugeordnet werden, bzw. mangels weiterführend definierten Bauelementen alle Produktgruppen für diese Kostengruppe als relevant anzusehen sind.

Zuordnungs-Matrix I

Spalten: Bauelement-Struktur - Kostengruppen der DIN 276

Zeilen: Produktgruppen-Systematik - Produktgruppen der Ökobau.dat

Kostengruppe:	300	320	330	340	350	360	370	400	410	420	430	440	450	460	470	480
	Bauwerk - Baukonstruktionen	Gründung	Außenwände	Innenwände	Decken	Dächer	Baukonstruktive Einbauten	Bauwerk - Technische Anlagen	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen	Wärmeversorgungs-anlagen	Lufttechnische Anlagen	Starkstromanlagen	Fernmelde- u. informationstechn. Anl.	Förderanlagen	Nutzungsspezifische Anlagen	Gebäudeautomation
1 Mineralische Baustoffe																
1.1 Bindemittel		X	X	X	X	X										
1.2 Zuschläge		X	X	X	X	X										
1.3 Steine und Bauelemente			X	X	X	X										
1.4 Mörtel und Beton		X	X	X	X	X										
1.5 Asphalt		X				X										
2 Dämmstoffe			X		X	X										
2.1 Mineralwolle			X	X	X	X			X	X	X					
2.2 Expandiertes Polystyrol (EPS)			X	X	X	X										
2.3 Extrudiertes Polystyrol (XPS)		X	X		X	X										
2.4 Polyurethan-Hartschaum (PUR)			X	X	X	X			X	X	X					
2.5 Phenolharz-Hartschaum (PF)			X	X	X	X										
2.6 Schaumglas (CG)		X	X	X		X			X	X	X					
2.7 Holzwolle (WW) und Holzwolle-Mehrschichtplatten (WW-C)			X	X	X	X										
2.8 Blähperlit (EPB)			X	X	X	X										
2.9 Expandierter Kork (ICB)			X	X	X	X										
2.10 Holzfasern (WF)			X	X	X	X										
2.11 Zellulosefaser			X	X	X	X										
2.12 Flachsfaser			X	X	X	X										
2.13 Hanffaser			X	X	X	X										
2.14 Baumwolle			X	X	X	X										
2.15 Schafwolle			X	X	X	X										
2.16 Harnstoff-Formaldehydharz Ortschaum			X	X	X	X			X	X	X					
2.17 Melaminharz-Schaum			X	X	X	X			X	X	X					
2.18 Polyethylen-Schaum			X	X	X	X			X	X	X					
2.19 Kautschuk-Schaum			X	X	X	X			X	X	X					
2.20 Calciumsilikat / Calcium-Silikathydrat			X	X	X	X										
3 Holz																
3.1 Vollholz			X	X	X	X										
3.2 Holzwerkstoffe			X	X	X	X										
3.3 Holzböden					X											
4 Metalle																
4.1 Stahl und Eisen		X	X	X	X	X			X	X	X					
4.2 Edelstahl		X	X			X			X	X	X					
4.3 Aluminium			X			X			X	X	X					
4.4 Kupfer			X			X			X	X						
4.5 Zink			X			X										
4.6 Blei						X										
(4.7 Oberflächenbehandlung und Beschichtung von Metallen)																
5 Beschichtungen																
5.1 Grundierungen		X	X	X	X	X										
5.2 Bodenbeschichtungen		X			X											
5.3 Bituminöse Anstriche		X	X			X										
5.4 Fassadenfarben			X			X										
5.5 Innenfarben			X	X	X	X										
5.6 Lacke und Lasuren		X	X	X	X	X										
6 Kunststoffe																
6.1 Rohre									X							
6.2 Bodenbeläge		X			X											
6.3 Dachbahnen						X										
6.4 Profile		X	X	X	X	X										
6.5 Platten			X	X	X	X										
6.6 Folien / Vliese		X	X			X					X					
6.7 Dichtmassen		X	X	X	X	X			X	X	X					
7 Komponenten von Fenstern und Vorhangfassaden																
7.1 Rahmen / Profile			X	X		X										
7.2 Füllungen			X	X		X										
7.3 Dichtungskomponenten / Materialien			X	X		X										
7.4 Beschläge / Befestigungstechnik			X	X		X										

Kostengruppe:	300	320	330	340	350	360	370	400	410	420	430	440	450	460	470	480
Zuordnungs-Matrix I (Forts.) **Spalten:** Bauelement-Struktur - Kostengruppen der DIN 276 **Zeilen:** Produktgruppen-Systematik - Produktgruppen der Ökobau.dat	Bauwerk - Baukonstruktionen	Gründung	Außenwände	Innenwände	Decken	Dächer	Baukonstruktive Einbauten	Bauwerk - Technische Anlagen	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen	Wärmeversorgungs-anlagen	Lufttechnische Anlagen	Starkstromanlagen	Fernmelde- u. informationstechn. Anl.	Förderanlagen	Nutzungsspezifische Anlagen	Gebäudeautomation
8 Gebäudetechnik															X	
8.1 Heizung										X						
8.2 Klimatisierung / Lüftung											X					
8.3 Sanitär									X							
8.4 Elektro									X	X	X	X	X	X	X	X
8.5 Beförderung														X		
(8.6 Nutzung Gebäudetechnik)																
(8.7 EoL Gebäudetechnik)																
9 Sonstige																
(9.1 Baustellenprozesse)																
(9.2 Energieträger - Bereitstellung frei Verbraucher)																
(9.3 Güter-Transporte)																
(9.4 Personen-Transporte)																
(9.5 Abfallaufbereitung und -entsorgung)																
9.6 Grünpflanzen																
10 Bauteile																
10.1 WDVS			X													
10.2 Trockenbauwände Innenausbau				X												
10.3 Systemtrennwände				X												
10.4 Fenster komplett			X	X												

Abbildung 3-6 Zuordnungs-Matrix I unter Verwendung der Produktgruppen-Systematik der Ökobau.dat und der Bauelement-Struktur der DIN 276-1[34].

3.3.4 Funktions-Bauelement-Zuordnung (FBZ)

Typ D- oder E-Indikatoren werden einer zweistufigen Relevanz-Betrachtung unterzogen, indem sie mit einem aus der Architektur bekannten Ordnungssystem für Bauwerksfunktionen in Bezug gebracht werden. Als Ergebnis ergibt sich die Zuordnung von Bauelementen zu Bauwerksfunktionen. Es werden die Bauelemente ermittelt, die für die jeweilige Funktionserfüllung von Bedeutung sind. Durch Abgleich der funktionserfüllenden Bauelemente mit dem Funktionsbezug der Indikatoren werden die Indikatoren mit den Bauelementen und mit den Produktgruppen zusammengeführt. Dieser Schritt ist unter Ziffer 3.3.6 beschrieben.

---

[34] Die Produktgruppen in Klammer werden als für die Methode nicht relevant nicht weiter betrachtet. Die unterstrichenen Produktgruppen sind eigene Ergänzungen zur Struktur aus [116]. Kursiv gedruckte Produktgruppen sind Ergänzungen aus [17] gegenüber [116] (stellen also die Weiterentwicklung der Struktur dar).

Die für diese Abgleiche erforderliche Bauwerksordnung basiert auf der unter Ziffer 2.1.2 beschriebenen Bauwerksordnung nach [105] unter ausschließlicher Nutzung der Ordnungselemente der Dimension *Funktion*. Um eine über die bestehende Ordnungsstruktur hinausgehende Differenzierung einzelner Funktionen zu erzielen, wird die bestehende Struktur um einzelne Funktionen erweitert. Aspekte mit Bezug zu einzelnen Räumen innerhalb eines Gebäudes werden berücksichtigt, indem unter der Hauptfunktion *Einhüllen* die Teilfunktion *Einhüllen / Abgrenzen von Innenräumen* eingeführt wird. Die Hauptfunktion *Ver- und Entsorgen* wird um die Teilfunktion *Gebäudebetrieb* erweitert, um eine über die reine Medienversorgung hinausgehende aktive Funktionserfüllung durch das Gebäude abzubilden. Wichtig ist, dass die vorliegende Struktur bedarfsgerecht in Abhängigkeit der zuzuordnenden Indikatoren erweitert werden kann. Maßgeblich dafür ist, ob Indikatoren zu bewerten sind, die einzelne bauwerksspezifische und nicht aufgeführte Funktionen adressieren.

Die Zuordnung von Kostengruppen der DIN 276 zu Teilfunktionen der Bauwerksordnung wird in den Abbildungen 3-6 bis 3-8 dargestellt. Gemäß ihrer Eigenschaft, unterschiedliche Bauelemente zusammenzufassen, wird die Kostengruppe *KG 370 Baukonstruktive Einbauten* keiner Teilfunktion zugeordnet und im Weiteren nicht betrachtet.

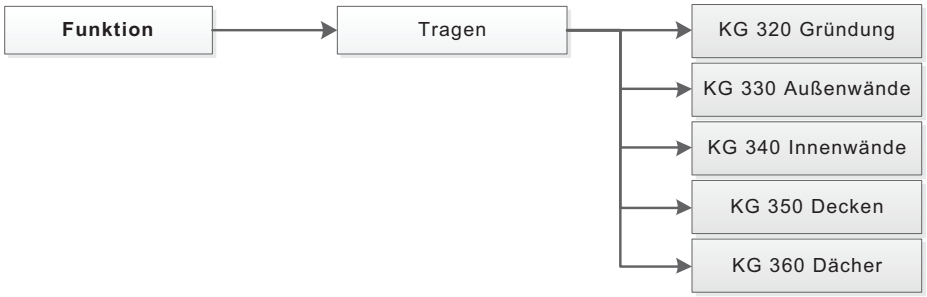


Abbildung 3-7 Bauwerksordnung – Abschnitt der Hauptfunktion *Tragen* mit zugeordneten Kostengruppen der Bauelement-Struktur.

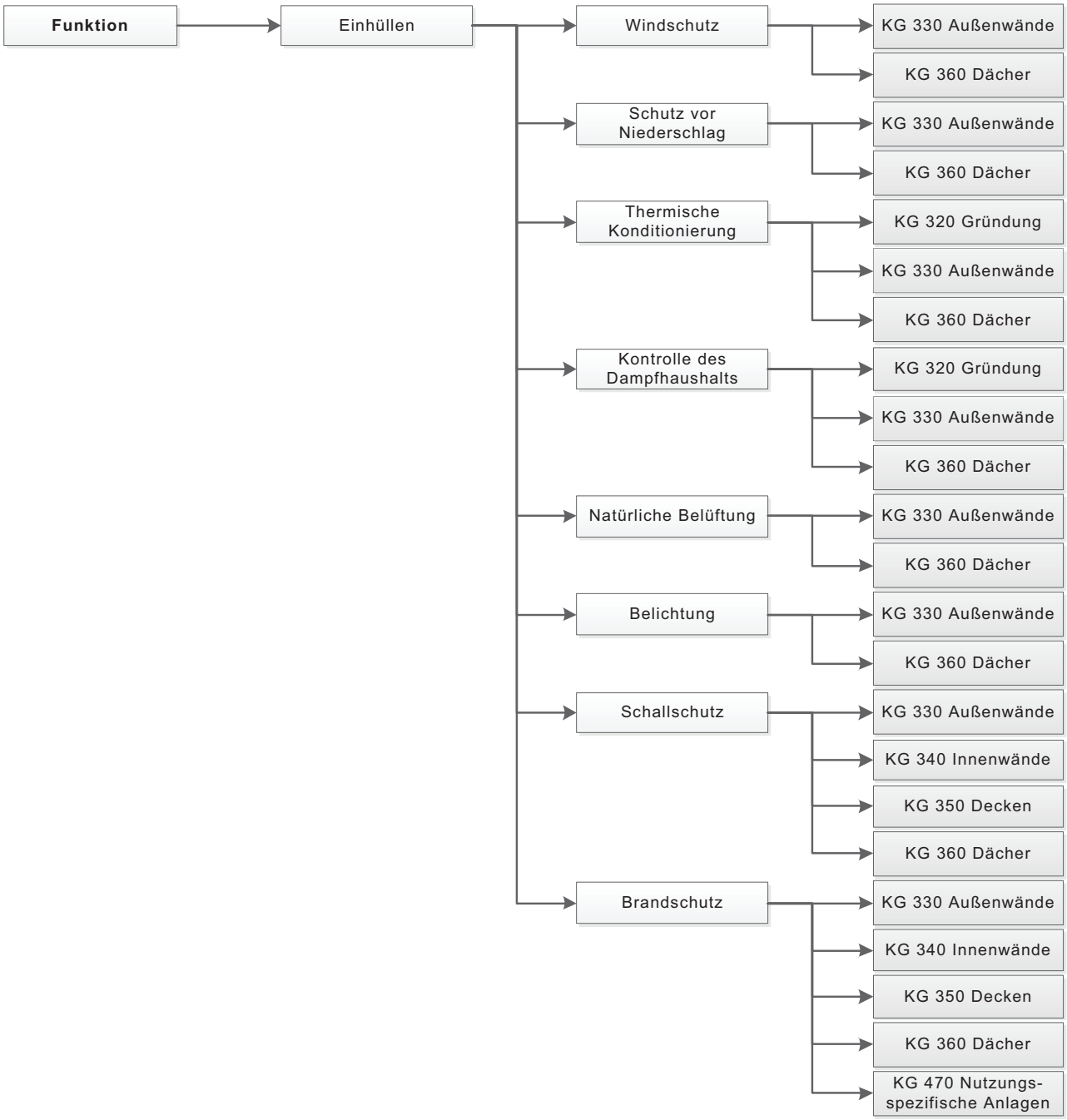


Abbildung 3-8a Bauwerksordnung – Abschnitt der Hauptfunktion *Einhüllen* (Teil 1/2) mit zugeordneten Kostengruppen der Bauelement-Struktur.

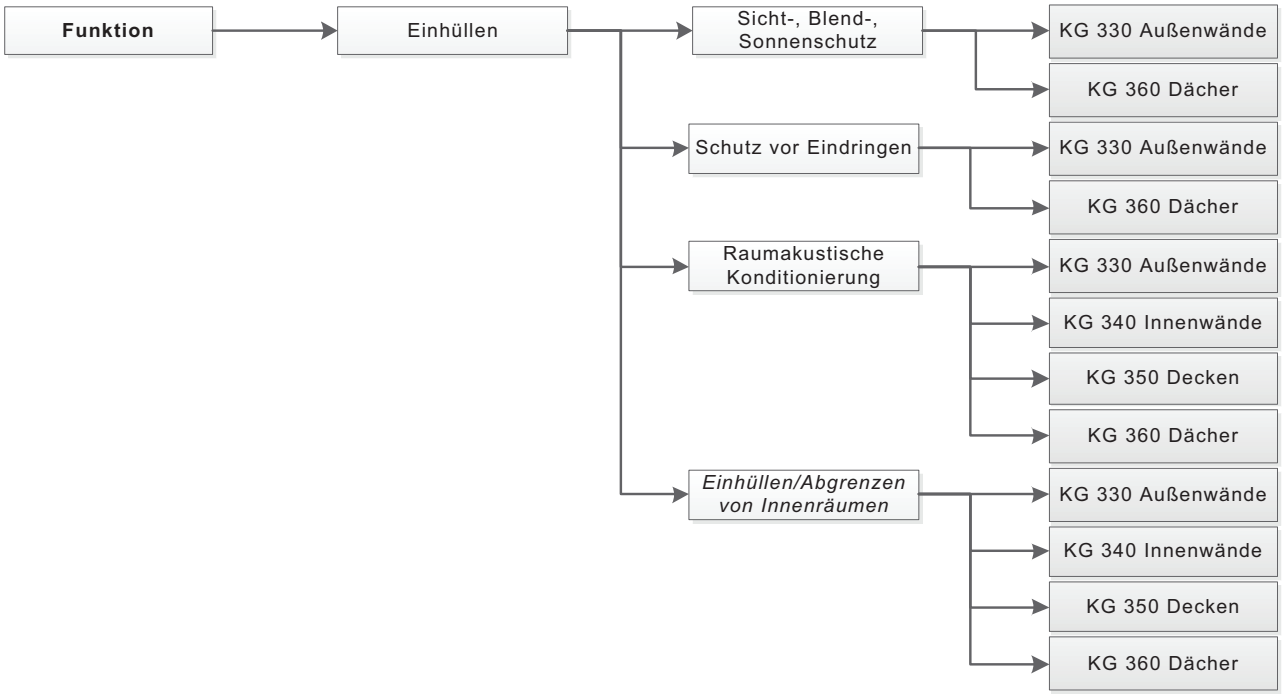


Abbildung 3-8b Bauwerksordnung – Abschnitt der Hauptfunktion *Einhüllen* (Teil 2/2) mit zugeordneten Kostengruppen der Bauelement-Struktur.

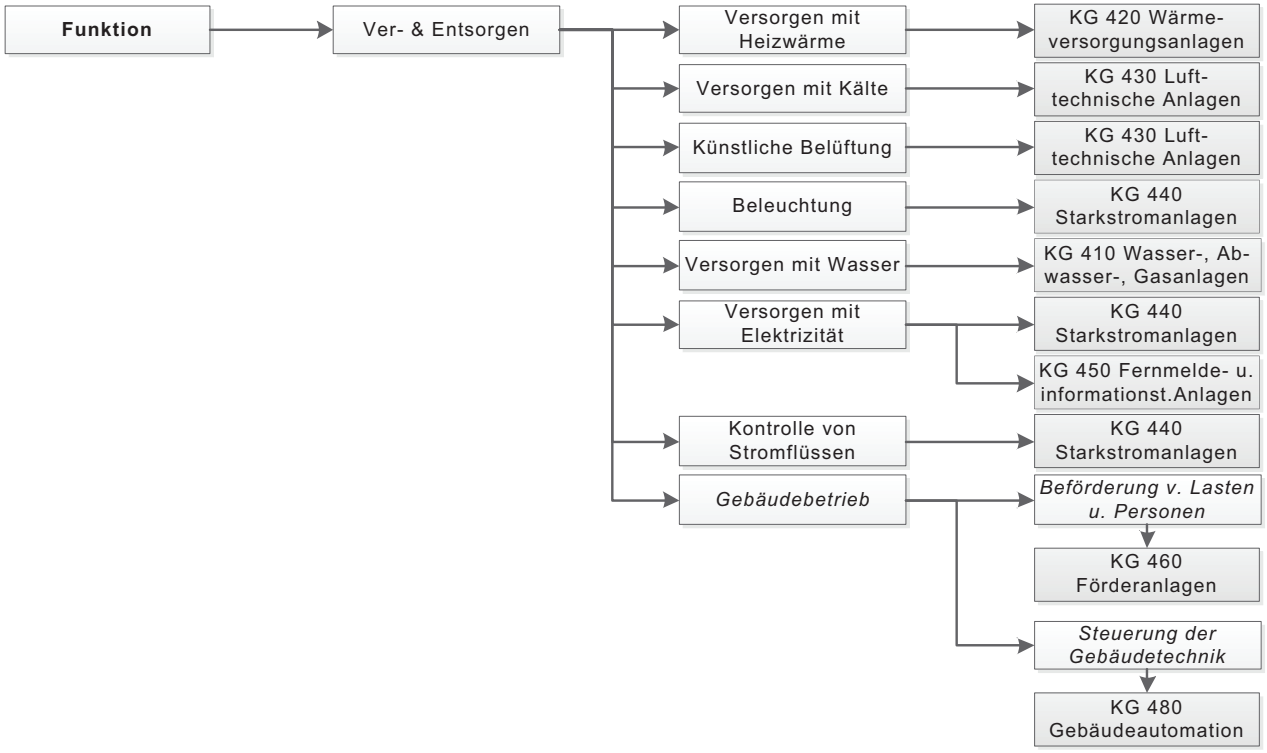


Abbildung 3-9 Bauwerksordnung – Abschnitt der Hauptfunktion *Ver- & Entsorgen* mit zugeordneten Kostengruppen der Bauelement-Struktur.

Diese Aufstellung erlaubt es, Bauwerksfunktionen mit einzelnen funktionserfüllenden Bauelementen abzugleichen. Dieser Abgleich wird im folgenden Schritt der Methode (vgl. Ziffer 3.3.6) genutzt.

3.3.5 Funktions-Indikator-Zuordnung (FIZ)

Im nächsten Schritt erfolgt die Zuordnung von Indikatoren zu den Bauwerksfunktionen, die die Indikatoren adressieren. Dies stellt die Basis für den Abgleich der Bauelemente mit den Indikatoren unter Nutzung der Bauwerksordnung mit ihren Funktionen dar. Manche Indikatoren können einzelnen Bauwerksfunktionen aufgrund ihres Bewertungsgegenstandes oder ihrer detaillierten Definition zugeordnet werden. Beispielsweise wird ein Indikator, der Anforderungen an raumakustische Qualitätsparameter stellt, der Bauwerksfunktion *Raumakustische Konditionierung* als Teil der Hauptfunktion *Einhüllen* zugeordnet.

Ferner gibt es Indikatoren, die keine bauwerksspezifische Funktionserfüllung bewerten sondern übergeordnet Auswirkungen des Bauwerks auf einzelne Schutzziele abbilden, wie das Treibhauspotenzial, das Wirkungen des Gebäudes auf ein ökologisches Schutzziel beschreibt, jedoch keine Funktionserfüllung im Sinne der Bauwerksordnung darstellt.

Zur Eingrenzung der Relevanz der Indikatoren werden Systemgrenzen und spezifische Anwendungsbegrenzungen den Definitionen der einzelnen Indikatoren entnommen[35]. Für die Methode werden dabei Einschränkungen auf Basis der Indikatoren-Definition als Begrenzung auf einzelne Produktgruppen (entsprechend der Produktgruppen-Klassifizierung aus Ziffer 3.3.3) oder als Begrenzung auf einzelne Bauelemente (entsprechend der Bauelement-Systematik aus Ziffer 3.3.3) beschrieben. Dies liefert die Liste der relevanten Indikatoren mit

- den ihnen zugeordneten Bauwerksfunktionen und
- Einschränkungen der Indikatoren, ausgedrückt durch Produktgruppen oder Bauelemente, für die die Indikatoren definiert sind.

---

[35] Entsprechend den unter Ziffer 3.3.1 beschriebenen Anforderungen an zugrunde gelegte Kriterienkataloge bedürfen die eingesetzten Indikatoren einer eindeutigen Definition, die an dieser Stelle genutzt wird.

3.3.6 Relevanz-Abgrenzung in Zuordnungs-Matrix II

Die Festlegung der Relevanz-Abgrenzung zwischen Bauprodukten und Indikatoren erfolgt durch Gleichsetzen der Funktions-Bauwerks-Zuordnung (FBZ) mit der Funktions-Indikatoren-Zuordnung (FIZ). Die resultierende Auflistung stellt in Zuordnungs-Matrix II ($M2$) die Produktgruppen mit den ihnen zugeordneten Bauelementen den Indikatoren gegenüber.

Wird die Zuordnungs-Matrix I mit den Indikatoren als Spalten kombiniert, entsteht prinzipiell eine dreidimensionale Zuordnungs-Matrix II (Abbildung 3-10).

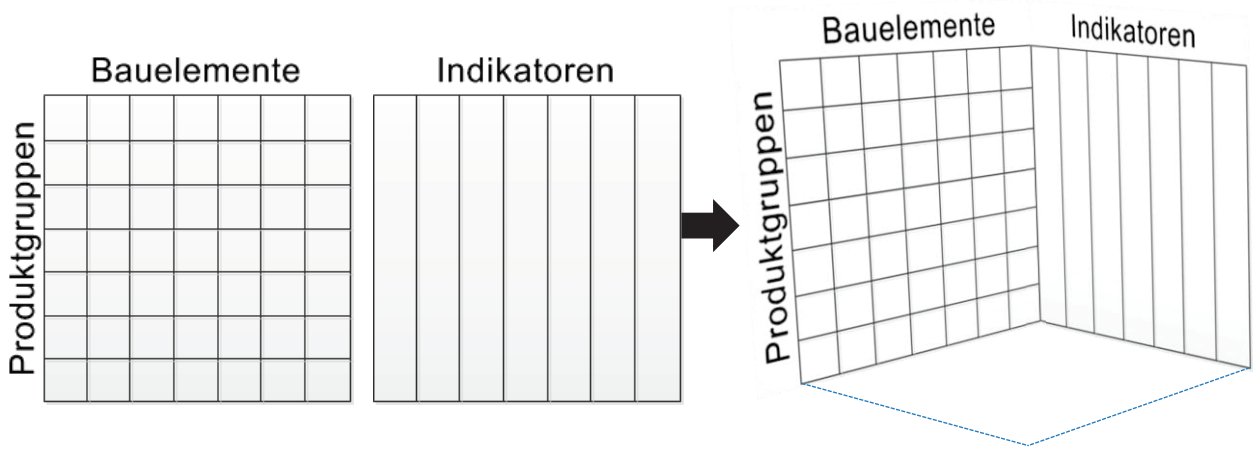


Abbildung 3-10 Schematischer Aufbau der dreidimensionalen Zuordnungs-Matrix II aus der zweidimensionalen Zuordnungs-Matrix I und den Indikatoren.

Zur vereinfachten Lesbarkeit dieser dreidimensionalen Matrix wird die Zuordnungs-Matrix I durch Zeilen-Vektoren dargestellt. Jede Zeile entspricht also einem gekennzeichneten Matrix I-Element (Abbildung 3-11).

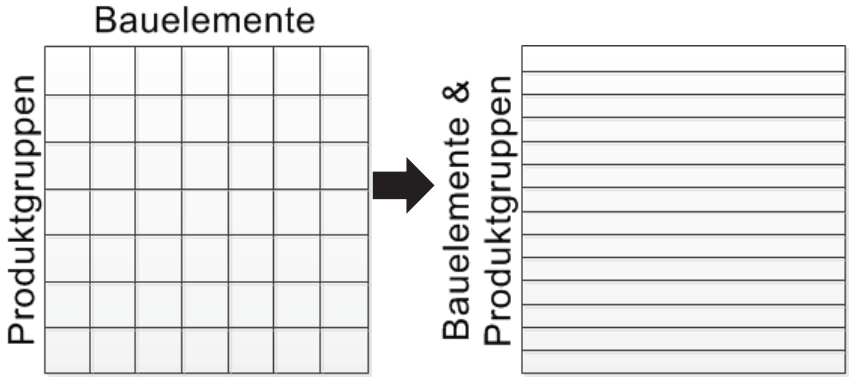


Abbildung 3-11 Schematische Darstellung der Abbildung der Zuordnungs-Matrix I als einzelne Zeilen.

Diese Vereinfachung erlaubt es, die Zuordnungs-Matrix II ($M2$) als zweidimensionale Matrix abzubilden. Dazu werden die Produktgruppen-Bauelement-Kombinationen als Zeilen und die Indikatoren I_k (bzw. als Spaltenvektor I_{1k} mit $1 \leq k \leq u$ Indikatoren) als Spalten dargestellt (Abbildung 3-12). Die mathematische Beschreibung der Matrix II bildet Gleichung (3-2).

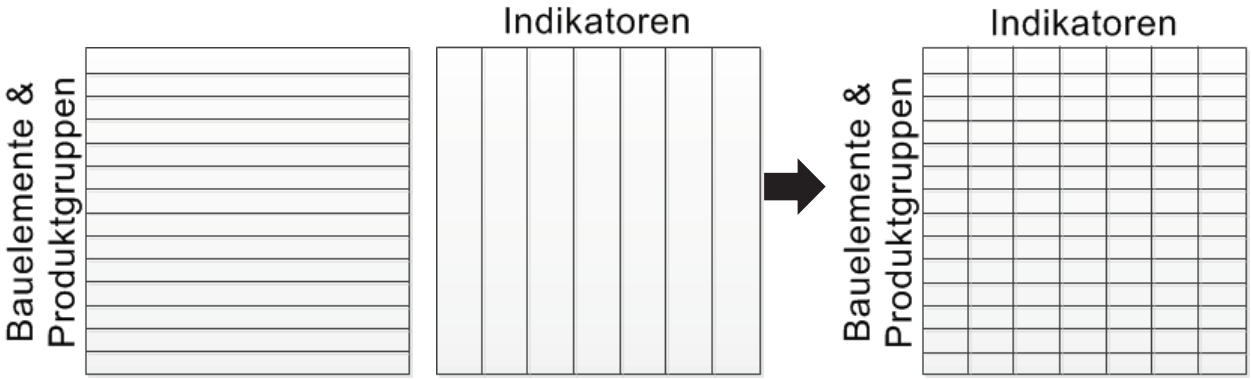


Abbildung 3-12 Schematische Darstellung des Aufbaus der zweidimensionalen Zuordnungs-Matrix II, in der die Zeilen aus den Zuordnungs-Matrix I-Elementen $m1_{ij} = 1$ gebildet werden.

$$M2 = m2_{ijk} = \overrightarrow{m1} \times \vec{I} = m1_{ij} \times I_{1k} \tag{3-2}$$

mit: $1 \leq i \leq s$ Produktgruppen, $1 \leq j \leq t$ Bauelementen und $1 \leq k \leq u$ Indikatoren.

Die Relevanz-Abgrenzung in Form von Zuordnungs-Matrix II stellt die Matrix-Einträge $m2_{ijk} = 1$ dar. Da die Matrix die Indikatoren des Gebäudebewertungssys-

tems enthält, kann sie nur für das Anwendungsbeispiel dargestellt werden. In Anhang D wird die Zuordnungs-Matrix II des Anwendungsbeispiels dargestellt (Ziffer 4.3). Die Zuordnungs-Matrix II dient nicht nur der Ermittlung der notwendigen Indikatoren für ein Bauprodukt, sondern auch die im folgenden Abschnitt beschriebene Herleitung von Indikatormodellen – die für alle Indikatoren der Typen D und E, also für alle Spalten der Zuordnungs-Matrix II erforderlich sind – nutzt die Relevanz-Abgrenzungen implizit. Für die Beschreibung von Indikatormodellen kann es maßgeblich sein, für welche Bauproduktgruppen oder Bauelemente das Modell zu erstellen ist.

3.4 Indikatormodelle

Um für die als relevant identifizierten Indikatoren Parametervariationen vornehmen zu können, sind Indikatormodelle erforderlich. Dieser Abschnitt beschreibt das Prinzip der Indikatormodelle, die Vorgehensweise zur Erstellung indikatorspezifischer Mechanismen und die erforderlichen generischen Indikatormodelle für die Indikator-Typen D und E.

3.4.1 Übersicht und Zielsetzung

Das Indikatormodell ist ein Regelsatz, der für einen Indikator den Zusammenhang zwischen Eigenschaften einzelner Bauprodukte und dem Indikatorergebnis auf Bauwerksebene beschreibt. Es stellt die Grundlage für die Parametervariation innerhalb eines Indikators dar.

Mit der Anwendung des Indikatormodells lässt sich die Beeinflussung des Indikatorergebnisses durch ein Bauprodukt auf Gebäudeebene ermitteln. Im Aufbau folgen die Indikatormodelle den Bewertungsschritten des Bewertungssystems (Ziffer 2.1.1). Daraus ergibt sich die generelle Vorgehensweise für die Aufstellung von Indikatormodellen (Abbildung 3-13).

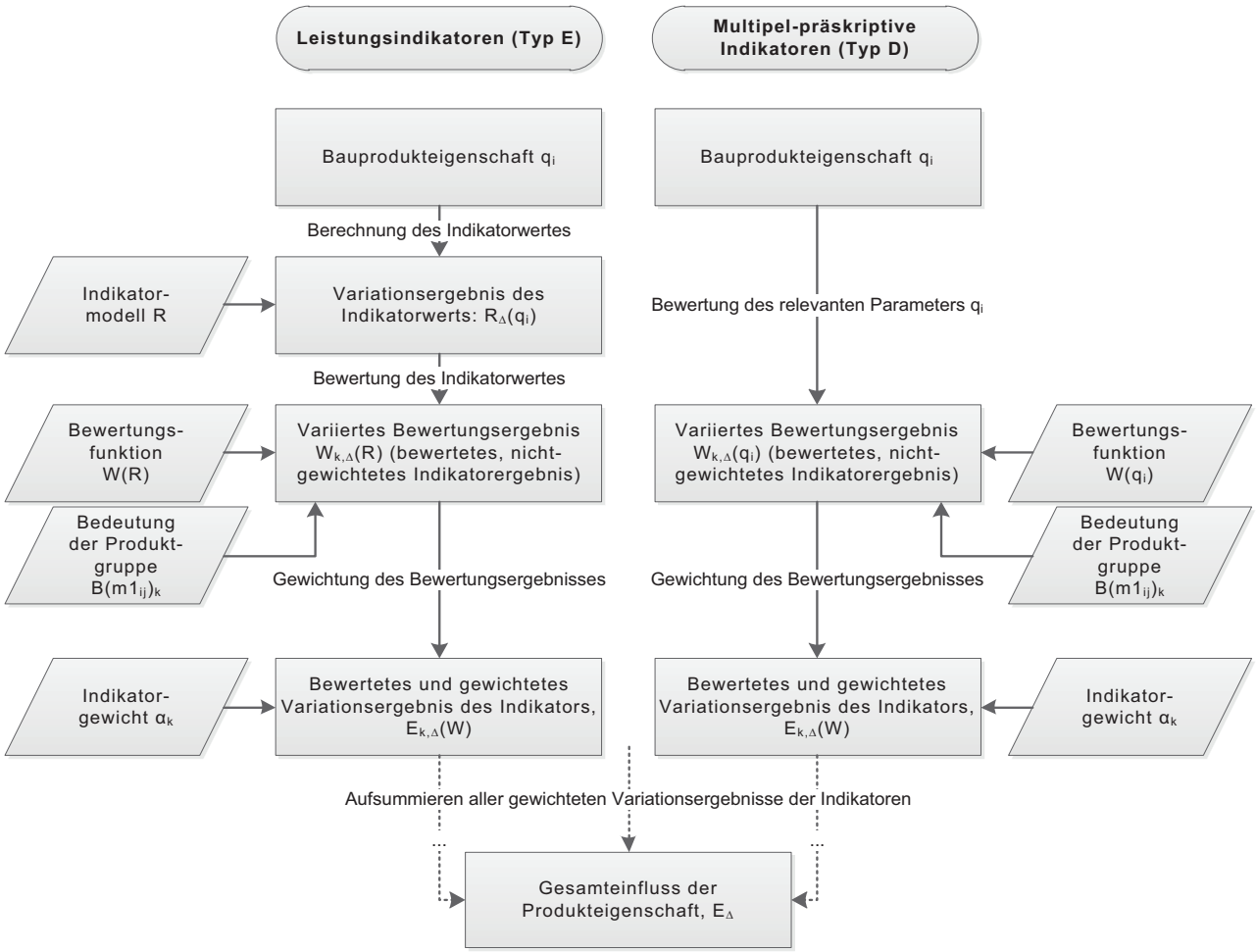


Abbildung 3-13 Grundsätzlicher Aufbau der Indikatormodelle für die Indikator-Typen D und E. Der Index Δ weist auf Ergebnisse der Variation hin, im Gegensatz zu absoluten Ergebnissen der Rechenschritte. Der Index 0 kennzeichnet den Startwert des zu variierenden Parameters bzw. die für diesen Parameterwert ermittelten Ergebnisse.

Die Indikatormodelle werden danach unterschieden, ob eine Produkteigenschaft direkt bewertet wird oder ob ein Indikatorwert mit eigener Einheit berechnet und anschließend bewertet wird. Ferner unterscheiden sich die Indikatormodelle für die Indikator-Typen D und E. Das einheitliche indikatorbezogene Vorgehen wird als generisches Indikatormodell bezeichnet und unten erläutert. Eine Gemeinsamkeit aller Indikatormodelle ist, dass das Bewertungsergebnis W, das gewichtete Indikatorergebnis E_k und der Gesamt-Einfluss auf Gebäudeebene E auf die jeweilige Maximalbewertung normiert werden. Die Angabe erfolgt in Prozent. Das Bewertungs-

ergebnis W wird auf das maximal mögliche Bewertungsergebnis des Indikators normiert, das gewichtete Indikatorergebnis E_k und der Gesamt-Einfluss auf Gebäudeebene E werden auf die Gesamtbewertung des Gebäudes normiert.

Für manche Indikatoren muss das Indikatormodell individuell für einzelne Produktgruppen angepasst werden[36]. Ein Indikatormodell kann einheitliche Anforderungen für mehrere Produktgruppen innerhalb der Relevanz-Abgrenzung des Indikators enthalten. Wenn diese Anforderungen für alle Produktgruppen zu erfüllen sind, damit eine Gesamtbewertung auf Gebäudeebene erreicht wird, reduziert sich der mögliche Einfluss eines Produkts. In solchen Fällen wird das *Bewertungsergebnis* $W_{k,\Delta}$ mit der *Bedeutung* $B(m1_{ij})_k$ der jeweiligen Produktgruppe $m1_{ij}$ multipliziert. Die Berechnung der Bedeutung B wird unter Ziffer 3.4.3 dargestellt.

Das Gesamtergebnis E_Δ der Parametervariation (*„Gesamt-Einfluss“*) ist grundsätzlich unter Berücksichtigung der Auswahl der untersuchten Produkteigenschaften, der Variationsbreite jedes Parameters und getroffenen Annahmen zur Festlegung der Startwerte der Parametervariationen zu betrachten. Eine Übertragung des Variationsergebnisses auf einzelne Zertifizierungsprojekte ist nicht unmittelbar möglich. Bewertete Ergebnisse hängen von nicht-linearen und nicht-stetigen Bewertungsfunktionen sowie von den getroffenen Annahmen ab. Dieser Sachverhalt wird im „Leitfaden für die Anwendung der Methode“ (Ziffer 3.6) ausführlich erklärt.

Die Indikatormodelle werden im Folgenden in Abhängigkeit vom Indikator-Typ allgemeingültig beschrieben. Diese generischen Indikatormodelle bilden die Vorlage zur Erstellung indikatorspezifischer Modelle im Rahmen einer für ein Gebäudebewertungssystem spezifischen Anwendung der Methode (Ziffer 3.4.2). Die Anwendung von Indikatormodellen zur Parametervariation wird unter Ziffer 3.5 erläutert.

3.4.2 Vorgehensweise zur Beschreibung eines Indikatormodells

Nach Klassifizierung eines Indikators wird der Zusammenhang zwischen Produkt und Indikatorergebnis auf Gebäudeebene qualitativ und quantitativ beschrieben.

---

[36] Beispielsweise hängen feste Summanden in Ökobilanz-Indikatormodellen vom betrachteten Bauelement / der betrachteten Produktgruppe ab (vgl. Ziffer 4.5.1).

Für Typ D-Indikatoren sind Modelle zu beschreiben, die die Veränderung des Indikatorergebnisses durch die stetige oder stufenweise Veränderung einer Produkteigenschaft darstellen und die Bedeutung einzelner Produktgruppen ermitteln. Für Indikatormodelle des Typs E hängen die mathematischen Funktionen meist von einer oder mehreren Produkteigenschaften ab.

Je nach Anwendungsfall werden alle Produkteigenschaften identifiziert, die das Bewertungsergebnis auf Gebäudeebene beeinflussen können und für die Parametervariation von Interesse sind. Die Ermittlung der relevanten Produkteigenschaften und die Aufstellung der von ihnen abhängigen Indikatormodelle erfordert besondere Sorgfalt, da auf dieser Basis die Parametervariationen durchgeführt werden.

3.4.3 Generisches Indikatormodell für Typ D-Indikatoren (Multipel-präskriptive Indikatoren)

Multipel-präskriptive Indikatoren stellen Anforderungen an Bauprodukteigenschaften und ordnen diesen Bewertungsergebnisse in Form von Bewertungsstufen zu. Das *Indikatormodell D* beschreibt diese Beziehungen. Dabei werden binäre Parameter (*Eigenschaft vorhanden* vs. *Eigenschaft nicht vorhanden*) von Parametern unterschieden, die mehrstufige Anforderungsniveaus darstellen (z.B. Lösemittelkonzentration in den Niveaus 30%, 15%, 0%). Die Variation binärer Parameter erfolgt zwischen *erfüllt* (bzw. WAHR) und *nicht erfüllt* (bzw. FALSCH). Das variierte Bewertungsergebnis $W_{k,\Delta}$ entspricht somit der maximalen Bewertung des Indikators.

Mehrstufige Parameter werden zwischen dem kleinsten und dem größten Anforderungsniveau oder zwischen einzelnen Anforderungsniveaus variiert. Das konkrete Vorgehen hängt dabei vom betrachteten Anwendungsfall ab.

Stellt ein Indikator Anforderungen an mehrere Produktgruppen[37] und resultiert die Bewertung aus dem niedrigsten erzielten Anforderungsniveau, so wird der pro-

---

[37] Für die bessere Lesbarkeit dieser Arbeit werden unter Ziffer 3.4 die Zeilen der Zuordnungs-Matrix II, also die als Kombination aus Produktgruppe und zugeordnetem Bauelement entwi-

duktspezifische Einfluss über den Faktor *Bedeutung* B gedämpft. Diese Dämpfung spiegelt den Sachverhalt wider, dass einzelne Produktgruppen bzw. einzelne Produkte nicht unmittelbar zu einer positiven Bewertung führen, allerdings für eine Abwertung verantwortlich sein können.

Als Beispiel kann die zuvor erwähnte Lösemittel-Konzentration genannt werden. Wenn eine Anforderung einer Lösemittelkonzentration von 0% durch das betrachtete Produkt nicht erzielt wird, kann sich für den gesamten Indikator eine Abwertung ergeben. Wird die 0%-Anforderung durch das betrachtete Produkt dagegen erfüllt, führt dies nur dann zu einer positiven Bewertung, wenn alle übrigen Produkte ebenfalls die Anforderung erfüllen. Der Dämpfungsfaktor *Bedeutung* B spiegelt diese Einschränkung wider. Er berechnet sich als Kehrwert der Anzahl der Produktgruppen, die für den Indikator relevant sind. Das Ergebnis wird mit dem Kehrwert der Anzahl von Nebenbedingungen γ multipliziert. Solche Nebenbedingungen γ können sich z.B. aus der Austauschbarkeit von Produkten verschiedener Produktgruppen ergeben. Diese Austauschbarkeit dämpft die Bedeutung einer Produktgruppe, wenn eine planerische Entscheidung für die Verwendung einer alternativen Produktgruppe ohne nachteilige Folgen für das Gesamtergebnis der Planung ist. Die mathematische Beschreibung der Bedeutung B einer Produktgruppe $m1_{ij}$ innerhalb der Relevanz-Abgrenzung des Indikators $I_k$ist in Gleichung (3-3) wiedergegeben.

$$B(m1_{ij})_k = \frac{1}{n(m1_{ij}) \cdot \gamma} \;\; \forall \; m2_{ijk} = 1 \tag{3-3}$$

mit: $B(m1_{ij})_k$: Bedeutung [-] des Matrix-Elements $m1_{ij}$ in Bezug auf Indikator k,
n: Anzahl der Matrix-Elemente $m1_{ij}$,
γ: Anzahl der Nebenbedingungen $+1$ („1“ entspricht der bedingungslosen Anwendung des Indikators).

Zur Ermittlung der Anzahl der Matrix-Elemente $m1_{ij} \; \forall \, m2_{ijk} = 1$ ist auf die eindeutige und einheitliche Aufstellung der Zuordnungs-Matrix II mit gleichbleibender Detailtiefe der Produktgruppenstruktur zu achten.

---

ckelten Ergebnisse der Zuordnungs-Matrix I ($m1_{ij} = 1$) vereinfachend als *Produktgruppen* bezeichnet.

Die Parametervariation (vgl. Ziffer 3.5) variiert die Produkteigenschaft q zwischen einem Minimalwert q_{min} und einem Maximalwert q_{max}. Die mit Index Δ gekennzeichneten Ergebnisse stellen die jeweilige Differenz zwischen den Ergebnissen des Minimal- und des Maximalwerts dar. Bewertungsergebnisse einzelner Parameterwerte werden auf die maximal mögliche Bewertung des Indikators normiert:

$$W_k(q) = \frac{Bewertung(q)}{max.Bewertung} \cdot 100\% \tag{3-4}$$

Das variierte Bewertungsergebnis $W_{k,\Delta}$ berechnet sich dann als Betrag der Differenz der Ergebnisse des Maximal- und des Minimalwertes, multipliziert mit der Bedeutung:

$$W_{k,\Delta} = \left|\left(W_k(q_{max}) - W_k(q_{min})\right)\right| \cdot B(m1_{ij})_k \tag{3-5}$$

mit: k: betrachteter Indikator,

q_{max}: maximaler Wert der Produkteigenschaft innerhalb der Parametervariation,

q_{min}: minimaler Wert der Produkteigenschaft innerhalb der Parametervariation,

$W_k(q)$: nicht gewichtete Bewertung eines Parameterwertes (Wert einer Produkteigenschaft) q.

Für den Sonderfall der Produktoptimierung wird das Optimierungspotenzial als Abstand zur bestmöglichen Bewertung $W_k(q_{best}) = 100\%$ (gemäß Gleichung (3-4)) berechnet:

$$W_{k,\Delta^+} = W_k(q_{best}) - W_k(q_0) = 100\% - W_k(q_0) \tag{3-6}$$

mit: q_{best}: Bester Wert, den q annehmen kann.

3.4.4 Generisches Indikatormodell für Typ E-Indikatoren (Leistungsindikatoren)

Durch Typ E-Indikatoren definierte Anforderungen sind nicht durch bloßen Abgleich mit dokumentierten Produkteigenschaften bewertbar. Die Bewertung erfolgt auf übergeordneter Ebene und häufig mit Hilfe abstrakter Indikatoren. Kern des Indikatormodells ist daher die Modellbildung, die die funktionalen Zusammenhänge

zwischen einer oder mehreren Eigenschaften von Bauprodukten und dem Indikatorergebnis herstellen.

Mit Hilfe der aufzustellenden Funktion wird das Indikatorergebnis R ausgehend von n betrachteten Produkteigenschaften q_i berechnet:

$$R = R(q_1, \cdots, q_n) \tag{3-7}$$

Die Lösung von R kann sowohl analytisch als auch, abhängig vom Indikator, numerisch erfolgen. Jede Produkteigenschaft q_i kann das Ergebnis des Indikators beeinflussen. Dieser Einfluss auf das Indikatorergebnis soll im Rahmen der Untersuchung betrachtet werden. Die Parametervariation erfolgt für numerische Modelle unter unbedingter Berücksichtigung der ceteris-paribus-Bedingung[38] [74]. Als Beispiel kann die hygrothermische Gebäudesimulation genannt werden, deren Lösung für die Variation der spezifischen Wärmeleitfähigkeit eines Dämmstoffs numerisch erfolgt.

Die Anwendung des Indikatormodells ergibt das Variationsergebnis des Indikatorwertes R_Δ als Betrag der Differenz zwischen dem oberen und dem unteren Variationsergebnis (Gleichung (3-8)):

$$R_\Delta = |R(q_{max}) - R(q_{min})| \tag{3-8}$$

mit: q_{max}: größter Wert der Produkteigenschaft q, die im Rahmen der Parametervariation Berücksichtigung findet,

q_{min}: kleinster Wert der Produkteigenschaft q, die im Rahmen der Parametervariation Berücksichtigung findet.

In der Nachhaltigkeitsbewertung von Bauwerken ist für die Funktion $R(q_i)$, eine Werthaltung hinterlegt. Es besteht folglich ein allgemeines Verständnis für eine „bessere“ oder „schlechtere“ Veränderung von R in der zugrunde liegenden Indikator-Definition. Daraus ergibt sich, dass im relevanten Wertebereich von R nicht mehrere Extremstellen der Funktion von R existieren können. Mit dem größten Wert von q wird der größte oder der kleinste Wert von R berechnet. Gleiches gilt

---

[38] Ceteris-paribus-Klausel: Modellvereinfachung, bei der außer dem variierten Parameter alle Bedingungen unverändert bleiben.

für den kleinsten Wert von q, der den kleinsten oder größten Wert von R ergibt. Da es von der Indikator-Definition abhängt, ob der größte Wert von q zum größten oder zum kleinsten Wert von R führt, muss R_Δ als Betrag der Differenz berechnet werden (Gleichung (3-8)).

Im nächsten Schritt wird das nicht-gewichtete Bewertungsergebnis $W_{k,\Delta}$ berechnet. Da die Bewertungsfunktion $W = W(R)$ nicht notwendigerweise linear und stetig ist (vgl. Ziffer 2.1.3), kann $W_{k,\Delta}$ nicht aus R_Δ berechnet werden, sondern wird aus den Bewertungsergebnissen der Extremwerte von R gebildet. Die einzelnen Bewertungsergebnisse werden auf das maximale Bewertungsergebnis normiert und berechnen sich nach Gleichung (3-9):

$$W_k(R) = \frac{Bewertung(R_q)}{max.Bewertung} \cdot 100\% \tag{3-9}$$

Das nicht-gewichtete Bewertungsergebnis ist:

$$W_{k,\Delta} = \left|W_k\left(R_{q_{max}}\right) - W_k(R_{q_{min}})\right| \tag{3-10}$$

mit: $R_{q_{max}} = R(q_{max})$: extremer Indikatorwert, der sich aus dem größtem Wert für q ergibt,

$R_{q_{min}} = R(q_{min})$: extremer Indikatorwert, der sich aus dem kleinsten Wert für q ergibt.

3.5 Parametervariationen, Indikatormodelle und Zusammenführung der Ergebnisse

Ziel der Parametervariation ist die Ermittlung des Einflusses eines Parameters auf die Ergebnisse eines Indikators. Die Parametervariation basiert zum einen auf den als relevant identifizierten Produkteigenschaften und zum anderen auf den erstellten Indikatormodellen der für die analysierte Produktgruppe relevanten Indikatoren der Typen D und E. Die Variation der Parameter erfolgt für jeden Indikator separat. Die gewichteten Ergebnisse der einzelnen Indikatoren können anschließend aufsummiert werden (siehe Ziffer 3.6).

Das konkrete Vorgehen in der Parametervariation erfordert zunächst die Festlegung des Anwendungsfalls. Für Produktoptimierungen ist beispielsweise nur die Variation eines Parameters in einer Richtung erforderlich, um eine Ergebnisver-

besserung zu erzielen. Soll dagegen z.B. die Empfindlichkeit eines Bewertungsergebnisses auf die Veränderung einer Produkteigenschaft ermittelt werden, liefern – insbesondere bei nicht-linearen Bewertungsfunktionen – bereits kleine Variationen aussagekräftige Ergebnisse. Variationen über größere Bereiche der Bewertungsfunktion könnten das Ergebnis verzerren.

Um den Einfluss von Produkteigenschaften auf die Gebäudebewertung zu ermitteln, werden Parametervariationen für alle relevanten Parameter einzeln, unter Anwendung der ceteris-paribus-Bedingung durchgeführt.

Sind direkte Abhängigkeiten zweier Parameter q_i bekannt, werden beide Parameter entsprechend dieser Abhängigkeiten variiert. In Fällen, in denen ein Indikatorwert R von mehreren Parametern abhängt, ist zwischen zwei Fragestellungen zu unterscheiden:

- der Suche nach signifikanten Parametern für eine Produktoptimierung,
- der Beurteilung des Gesamt-Einflusses eines Produkts auf die Gebäudebewertung.

Die zweite Fragestellung entspricht dem Anwendungsfall der zweiten Näherung der Produktoptimierung, da bei der Variation mehrerer Produkteigenschaften deren Abhängigkeiten untereinander zu beachten sind.

Unter Berücksichtigung der genannten Randbedingungen werden die Indikatormodelle der Parametervariation unterzogen. Für Typ D-Indikatormodelle ist kein Indikatorwert R definiert. Es wird direkt das Bewertungsergebnis W als Funktion der Produkteigenschaft q berechnet. Für Typ E-Indikatoren müssen immer die Indikatorwerte R und anschließend die Bewertungsergebnisse W berechnet werden. Die Ergebnisdarstellung für die Parametervariation erfolgt immer als Betrag der Differenz der Variationsbreiten, R_Δ und $W_{k,\Delta}$ (siehe Ziffern 3.4.3 und 3.4.4).

Abschließend werden die variierten Bewertungsergebnisse $W_{k,\Delta}$ durch Multiplikation mit dem jeweiligen Indikatorgewicht α_k[39] in die (bewerteten und gewichteten) Variationsergebnisse der Indikatoren $E_{k,\Delta}$ überführt:

---

[39] Das Indikatorgewicht α_k ist Teil des vorgegebenen Bewertungssystems für nachhaltige Gebäude und in der Indikator-Definition hinterlegt.

$$E_{k,\Delta} = W_{k,\Delta} \cdot \alpha_k \tag{3-11}$$

Die Variationsergebnisse der einzelnen Indikatoren können zu einem Gesamt-Einfluss E_Δ auf die Gebäudebewertung aufaddiert werden (Gleichung (3-12)). Dies ist rechnerisch mit den Variationsergebnissen aller betrachteten Indikatoren möglich. Allerdings ist die resultierende Aussagekraft eines derartigen Wertes kritisch zu prüfen, da die Variation mehrerer als unabhängig angenommener Produkteigenschaften zu praktisch nicht realisierbaren Aussagen führen kann.

Eine sinnvolle Anwendung der Aufsummierung der Variationsergebnisse einzelner Indikatoren ist die Ermittlung des zusammengefassten Einflusses einer Produkteigenschaft. Wenn eine Produkteigenschaft für mehrere Indikatoren relevant ist, können die Ergebnisse der einheitlichen Variation $q_o \pm \Delta q$ (also gleicher Startwert q_o und gleiche Variationsbreite Δq) zu einem Gesamt-Einfluss für diese Produkteigenschaft aufsummiert werden.

$$E_\Delta = \sum_{k=1}^{u} E_{k,\Delta} \tag{3-12}$$

mit: u: Anzahl der analysierten/betroffenen Indikatoren.

3.6 Leitfaden für die Anwendung der Methode

Wie unter Ziffer 3.2.1 beschrieben, werden mehrere Fälle unterschieden, in denen die Methode Anwendung finden kann. Die Anwendungsfälle der Methode gehen verschiedenen, in Ziffer 3.2.1 beschriebenen Fragen nach und haben jeweils eigene Anforderungen an die Parametervariation zur Folge. Diese unterschiedlichen Anwendungsfälle haben keinen Einfluss auf die Relevanz-Abgrenzung von Bauprodukten gegenüber Indikatoren oder auf die Aufstellung der Indikatormodelle. Die Vorgaben der Anwendungsfälle beziehen sich auf die Parametervariation und umfassen:

- die der Analyse zugrunde liegende Gebäudebewertung:
  Für die betrachteten Indikatoren muss eine Referenzbewertung als Startwert der Parametervariation festgelegt werden.
- Umfang und Richtung der Parametervariation;
- Umgang mit verschiedenen Bewertungsfunktionen;

– Schlussfolgerungen für den jeweiligen Anwendungsfall.

Bei einer Referenzbewertung, die einer Parameteranalyse zugrunde liegt, hängt das Ergebnis einer Parametervariation immer vom Startwert der Variation ab. Wenn für einen Indikator bereits eine bestmögliche Gebäudebewertung vorliegt, kann durch eine Verbesserung der Produkteigenschaft keine weitere Ergebnisverbesserung erzielt werden. Schlussfolgerungen zu Optimierungspotenzialen einer Produkteigenschaft sind auf dieser Basis nicht möglich.

Neben dem Startwert der Parametervariation ist die Art der Bewertungsfunktion von maßgeblicher Bedeutung. Überspringt beispielsweise das Bewertungsergebnis eines Indikators eine Stufe in einer Treppenfunktion, ändern sich die Schlussfolgerungen für den Einfluss der Produkteigenschaft. Im Allgemeinen sind die Einflüsse einzelner Produkteigenschaften auf das Gesamtergebnis einer Gebäudebewertung vergleichsweise klein, da die Bewertung auf einer Vielzahl der Indikatoren der Gebäudebewertung und einer Vielzahl von eingesetzten Produkten basiert. Daraus ergibt sich, dass die Veränderung der Gebäudebewertung durch die Parametervariation häufig klein ist gegenüber der Breite einer Bewertungsstufe.

Die Vorgaben für die unter Ziffer 3.2.1 aufgeführten vier Anwendungsfälle werden im Folgenden dargestellt:

1. Anwendungsfall: Ermittlung Ergebnis-signifikanter Produkteigenschaften und Optimierung voneinander unabhängiger Produkteigenschaften – erste Näherung der Produktoptimierung

Für die Optimierung von Bauprodukten ist eine Parametervariation ausschließlich in Richtung der Ergebnis-Verbesserung erforderlich. Für ein Indikatormodell ist zu ermitteln, welche Variation Δq um q_o zu einer Verbesserung des Bewertungsergebnisses führt.

Die Aussagen und Schlussfolgerungen des ersten Anwendungsfalls dienen der Ermittlung der Signifikanz einzelner Produkteigenschaften, z.B. der Ermittlung von Prioritäten für die Produktoptimierung. Für diese Signifikanz sind einige Festlegungen erforderlich. Die zugrunde liegende Referenzbewertung muss so gewählt sein, dass die Parametervariation die Grenze der Bewertungsfunktion höchstens berührt.

Für die Ermittlung der Signifikanz von Produkteigenschaften ist eine Vergleichsgröße erforderlich, nach der die Priorität der Eigenschaften geordnet werden kann. Ist die Referenzbewertung für jeden Indikator an einer differenzierbaren Stelle festgelegt, kann für die Ermittlung der Signifikanz die Wachstumsrate $r_W(q)$ (Gleichung (2-2)) oder die Elastizität des Bewertungsergebnisses $\varepsilon_W(q)$ (Gleichung (2-3)) genutzt werden. Kommen ausschließlich lineare Bewertungsfunktionen zum Einsatz, kann die erste Ableitung der Bewertungsfunktion als Funktion der Produkteigenschaft genutzt werden.

Kommen Bewertungsfunktionen mit nicht differenzierbaren Stellen in Indikatoren vor, ist der unmittelbare Einsatz der Wachstumsrate oder der Elastizität nicht möglich. In solchen Fällen können Ersatz-Bewertungsfunktionen gebildet werden, indem eine statistisch hinreichend große Stichprobe der Referenzbewertung genutzt wird. Diese Stichprobe muss gleichverteilt über die gesamte Bewertungsbreite sein. Dann kann eine mittlere, lineare Ersatz-Bewertungsfunktion in Form einer Ausgleichsgeraden gebildet werden, für die sich die Steigung, Wachstumsrate oder Elastizität als Maß für die Signifikanz der Produkteigenschaft bestimmen lässt. Die Ausgleichsgerade beschreibt das Verhältnis von Individuen der Stichprobe, deren Ergebnis durch die Parametervariation verändert wird zu solchen, die unverändert bleiben. Die Zuhilfenahme der Ausgleichsgeraden reduziert den Einfluss der Produkteigenschaft im Maß dieses Verhältnisses. Bei abschnittsweise linearen Funktionen mit Knickstellen gibt die Ausgleichsgerade die mit der Abschnittsbreite gewichtete mittlere Steigung der Bewertungsfunktion wieder.

Die auf diesem Weg ermittelten Werte können in tatsächlichen Bewertungsfällen nicht realisiert werden, sondern dienen lediglich als Maß für den Zweck der Produktoptimierung.

Ferner können Variationstests an unterschiedlichen Stellen der Bewertungsfunktion Aufschluss über den möglichen Einfluss der Produkteigenschaft auf das Ergebnis der Gebäudebewertung geben. In Verbindung mit der Veränderung der Variationsbreite können sie als Sensitivitätstests das Verständnis des erzielten Ergebnisses verbessern.

Als eine Möglichkeit für die Breite der Parametervariation bei linearen Bewertungsfunktionen oder unter Nutzung von Ausgleichsgeraden als Ersatz-Bewertungsfunktionen kann die Variation des Parameters über den Bereich $\pm 50\%$

um den Startwert der Variation q_0 erfolgen. Stellt der Parameter den Mittelwert einer Normalverteilung dar, so kann die Parametervariation alternativ im Bereich $\mu_q \pm 4\sigma_q$ erfolgen. μ_q ist der Mittelwert der Normalverteilung der Produkteigenschaft q, es gilt also $\mu_q = q_0$ und σ_q ist die dazugehörige Standardabweichung. Bei Normalverteilungen deckt das Intervall $\mu_q - 4\sigma \leq q \leq \mu_q + 4\sigma$ einen Anteil von 99,99% der Verteilungsdichte ab [129], es werden nahezu alle möglichen Werte für q mit der Parametervariation berücksichtigt[40].

2. Anwendungsfall: Optimierung von Produkteigenschaften unter Berücksichtigung von Abhängigkeiten der Eigenschaften untereinander – zweite Näherung der Produktoptimierung

Gegenüber der ersten Näherung der Produktoptimierung zeichnet sich der zweite Anwendungsfall durch die Erweiterung der Indikatormodelle aus. Die Erweiterung der Indikatormodelle muss die Abhängigkeiten von Produkteigenschaften untereinander abbilden. Diese Abhängigkeiten führen dazu, dass mehrere Indikatoren zusammengefasst betrachtet werden müssen. Es ist eine Aufgabe der Ergebnisdarstellung, die – potenziell konkurrierenden - Indikatorveränderungen aufzuzeigen (vgl. Ziffer 3.5).

Mit der zweiten Näherung der Produktoptimierung sollen konkrete Handlungsempfehlungen für Produkthersteller abgeleitet werden können. Dies bedeutet, dass die Variation von Produkteigenschaften und die Abhängigkeiten der Eigenschaften untereinander sich streng an technische und betriebsbedingte Möglichkeiten und Grenzen halten müssen. Nur auf diesem Weg erhalten Produkthersteller relevante Aussagen. Im Übrigen gelten die Festlegungen der ersten Näherung der Produktoptimierung.

3. Anwendungsfall: Beurteilung des Einflusses einer Bauprodukteigenschaft auf die Empfindlichkeit der Gebäudebewertung

Der dritte Anwendungsfall ermittelt die Sensitivität des Bewertungsergebnisses auf einzelne Produkteigenschaften. Dazu erfolgt die Parametervariation in beide Rich-

---

[40] Hinweis: Ist q normalverteilt mit einer Standardabweichung in Höhe von 12,5% des Mittelwertes ($\sigma = 0{,}125 \cdot \mu$), entspricht die Variationsbreite von $\pm 50\%$ um q_0 in etwa der Verteilungsbreite von $\mu \pm 4\sigma$ ($\mu = q_0$).

tungen. Hierfür muss der Startwert der Parametervariation so gewählt sein, dass die Parametervariation in beiden Richtungen die Extremwerte der Bewertungsfunktion nicht erreicht.

Ist eine Referenzbewertung, z.B. aus einem konkreten Bewertungsvorhaben bekannt, genügen kleine Variationen zur Ermittlung der Sensitivität des Bewertungsergebnisses, wobei für differenzierbare Stellen die Wachstumsrate oder die Elastizität als Maß der Sensitivität genutzt werden kann.

Ist keine Referenzbewertung vorgegeben, kann für diesen Anwendungsfall analog zur Produktoptimierung die Bildung von Ausgleichsgeraden für eine gleichverteilte Stichprobe von Referenzbewertungen genutzt werden. Darüber hinaus ermöglicht die Variation an verschiedenen Stellen der Bewertungsfunktion eine Abschätzung der Sensitivität des Ergebnisses auf die Produkteigenschaft.

4. Anwendungsfall: Ermittlung konkurrierender Auswirkungen aufgrund gegenläufiger Beeinflussung durch Produkteigenschaften

Der vierte Anwendungsfall basiert auf einer Produkteigenschaft, die gegenläufige Effekte in einem oder mehreren Indikatoren erzielt. Dementsprechend müssen die Abhängigkeiten der betrachteten Indikatoren von dieser Produkteigenschaft mit berücksichtigt werden. Die Referenzbewertung muss so festgelegt werden, dass das Bewertungsergebnis durch die Parametervariation die Extremwerte der Bewertung nicht erreicht, was nicht immer möglich ist (s.u.).

In der Regel wird mit Hilfe dieses Anwendungsfalls der Frage nach einem optimalen Parameterwert nachgegangen. Dazu wird der Gesamt-Einfluss aus allen betroffenen Indikatorergebnissen gebildet. Um innerhalb des relevanten Bereiches das globale Minimum bzw. Maximum des Gesamt-Einflusses zu erhalten, erfolgt die Parametervariation über den gesamten technisch oder betriebsbedingt möglichen Bereich der Produkteigenschaft und bis das Minimum / Maximum eindeutig überschritten ist.

Für lineare Bewertungsfunktionen oder für Parametervariationen, die den größten Teil der Bewertungsfunktion überspannen, kann der optimale Wert für die Produkteigenschaft direkt aus der Parametervariation entnommen werden. Wenn die Parametervariation lediglich einen kleinen Teil der Bewertungsfunktion überspannt, ist der ermittelte optimale Wert der Produkteigenschaft zu überprüfen. Dies

geschieht durch Variation der Produkteigenschaft an weiteren Startwerten. So kann der optimale Wert der Produkteigenschaft ggf. iterativ ermittelt werden.

3.7 Zusammenfassung und wesentliche Erkenntnisse

Ziel der Methode ist die Erstellung eines Verfahrens zur Ermittlung des Einflusses von Bauprodukteigenschaften auf die Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden. Das Ergebnis der Methode beinhaltet die Relevanz-Abgrenzung für Bauprodukte gegenüber Nachhaltigkeitsindikatoren der Gebäudebewertung und die für die tatsächliche Parametervariation zur Verfügung stehenden Indikatormodelle in Verbindung mit den Vorgaben für die Anwendungsfälle.

Mit Hilfe der vier Anwendungsfälle kann die Methode genutzt werden, um verschiedene Fragestellungen wie die mögliche Optimierung von Produkteigenschaften, die Sensitivität der Gebäudebewertung auf einzelne Produkteigenschaften und die Suche nach optimalen Werten für Produkteigenschaften unter mehreren Nebenbedingungen zu beantworten.

Die Grundlage der Methode bilden Bewertungssysteme für die Nachhaltigkeit von Gebäuden mit Kriterienkatalog und Bewertungsschlüssel, um die Ergebnisse einzelner Indikatoren zu einem Gesamtergebnis zusammenzufügen.

Die Methode nutzt eine Relevanz-Abgrenzung, die Indikatoren des Gebäudebewertungssystems mit Bauproduktgruppen in Bezug setzt und den Handlungsrahmen für die Parametervariationen festlegt. Innerhalb diesem werden für verschiedene Indikator-Typen nach separaten Mustern (generischen Indikatormodellen) Modelle erstellt, die eine oder mehrere Bauprodukteigenschaften mit dem Bewertungsergebnis für Gebäude in Bezug setzen. Mittels Parametervariationen, die für die vier Anwendungsfälle jeweils festgelegten Regeln folgen, werden die Einflüsse einzelner Produkteigenschaften auf die Gebäudebewertung ermittelt und Schlussfolgerungen daraus abgeleitet.

Zwei Teile sind für die erfolgreiche Anwendung der Methode von besonderer Bedeutung: zum einen die Relevanz-Abgrenzung von Bauprodukten gegenüber Indikatoren und zum anderen die Erstellung von Indikatormodellen. Die Relevanz-Abgrenzung, die typischerweise jeweils für ein Bewertungssystem erstellt wird, legt den Handlungsrahmen für alle weiteren Schritte fest. Insbesondere die Zuordnung

von Produktgruppen zu Indikatoren regelt, für welche Indikatoren Parametervariationen bei der Produktanalyse durchgeführt werden und erfordert daher besondere Sorgfalt. Die Festlegung der Relevanz-Abgrenzung ist so beschrieben, dass beliebige Klassifizierungen von Bauprodukten und beliebige Bauelement-Strukturen genutzt werden können (vgl. Ziffer 2.1.2). Dadurch wird eine Übertragung in die systematischen Randbedingungen anderer Regionen oder Länder vereinfacht. Gleichzeitig wird – insbesondere für die Anwendung in Deutschland – die Verwendung der Produktgruppen-Struktur der Ökobau.dat und die Bauelement-Struktur der DIN 276 beschrieben.

Die anschließende Parametervariation basiert auf Indikatormodellen, die den Bezug zwischen Produkteigenschaft und Gebäudebewertung beschreiben. Fehlerhafte oder unvollständige Indikatormodelle haben einen unmittelbaren Einfluss auf die resultierenden Schlussfolgerungen. Sie sind daher mit besonderer Sorgfalt zu erstellen. In Kapitel 4 wird die Anwendung der Methode an zwei Beispielen demonstriert.

4 Anwendung der Methode

Die entwickelte Methode wird anhand von zwei Beispielen veranschaulicht. Das erste Beispiel behandelt einen Akustik-Wandabsorber im Kontext einer DGNB-Zertifizierung. Das zweite Beispiel behandelt die Dämmstoffdicke als Produkteigenschaft im Kontext zweier – eigens für das Beispiel beschriebenen – Indikatoren mit gegenläufigem Verhalten.

Das erste Beispiel umfasst die Relevanz-Abgrenzung von Bauprodukten gegenüber den Indikatoren der DGNB. Es basiert auf dem ersten Anwendungsfall „1. Näherung der Produktoptimierung“. Ziel ist die Identifizierung der maßgeblichen Produkteigenschaften. Die einzelnen Schritte des Beispiels sind in den Ziffern 4.1 bis 4.6 zu finden.

Unter Ziffer 4.2 wird das betrachtete Bauprodukt *Akustik-Wandabsorber* erläutert. Ziffer 4.3 widmet sich der Festlegung der Relevanz-Abgrenzung für Indikatoren des DGNB-Zertifizierungssystems. Die Ziffern 4.4 und 4.5 stellen die relevanten Indikatoren, die Indikatormodelle und die Ergebnisse für das Beispiel dar. Unter Ziffer 4.6 werden schließlich die Erkenntnisse des Anwendungsbeispiels zusammengefasst.

Das Vorgehen folgt dem Schema in Abbildung 3-3 (S.66). Bei der Diskussion von Indikatoren und Indikatormodellen werden Indikatoren ausgeklammert, die zwar eine grundsätzliche Relevanz für die Produktgruppe des Bauelements haben, aufgrund der spezifischen Produkteigenschaften des Wandabsorbers jedoch keiner Betrachtung bedürfen. Die Nichtberücksichtigung eines Indikators wird jeweils erläutert.

Das zweite Beispiel behandelt den vierten Anwendungsfall „Ermittlung konkurrierender Auswirkungen aufgrund gegenläufiger Beeinflussung durch Produkteigenschaften“ unter Ziffer 4.7. Hierfür wird ein vereinfachtes Modell eines Wandaufbaus mit Dämmschicht variabler Dicke genutzt. Als Indikatoren dienen zwei das zuvor zitierte Treibhauspotenzial nutzende Größen. Der eine Indikator bewertet das Treibhauspotenzial der Konstruktion, dessen Wert sich durch die zunehmende Dämmstoffdicke erhöht. Der zweite Indikator bewertet das Treibhauspotenzial aus dem Gebäudebetrieb, das bei zunehmender Dämmstoffdicke sinkt.

4.1 Beispiel 1: Anwendung des DGNB-Kriterienkatalogs auf das Beispiel Wandabsorber

Ausgangspunkt ist das Zertifizierungssystem der DGNB in der Version 2009 für den Neubau von Büro- und Verwaltungsgebäuden (NBV09, vgl. Ziffer 2.1.1). Die Ermittlung des Einflusses von Produkteigenschaften auf die Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden erfolgt für die relevanten Produkteigenschaften eines Akustik-Wandabsorbers, bestehend aus einem perforierten Aluminiumblech mit Mineralwolle-Auflage. Es ist zu klären, wie groß das Potenzial der jeweiligen Produktparameter zur Optimierung des Produkts ist. Dazu wird – entsprechend dem Leitfaden für den ersten Anwendungsfall – von einer gleichverteilten Stichprobe von Referenzbewertungen bzw. von Zertifizierungsobjekten ausgegangen. Dadurch kann für nicht-lineare Bewertungsfunktionen die Ausgleichsgerade der einzelnen Referenzbewertungen genutzt werden, um die Sensitivität der Bewertung auf einzelne Produkteigenschaften zu ermitteln. Als Maß für die Sensitivität gegenüber einer Produkteigenschaft dient die unter Ziffer 2.1.3 beschriebene Elastizität, die die Steigung dieser Ausgleichsgeraden darstellt.

Für stetige Produkteigenschaften erfolgt die Variation um 50% des Startwertes in der Richtung (pos. oder neg.), in der eine Verbesserung des Ergebnisses zu erwarten ist. Abweichend wird für einzelne Indikatoren die Parametervariation so vorgenommen, dass das bestmögliche Indikatorergebnis erzielt werden kann. Voraussetzung hierfür ist, dass mit Hilfe der Variation die Produkteigenschaft unmittelbar für die Erfüllung der Anforderungen des Indikators verantwortlich ist. Dies trifft insbesondere für die Kriterien Akustischer Komfort (Ziffer 4.5.3) und Barrierefreiheit (Ziffer 4.5.4) zu. Die Darstellung der Parametervariation erfolgt jeweils für einen Startwert der Parametervariation, nicht für alle möglichen Startwerte. Über die Gleichverteilung der Stichprobe wird anschließend die Ausgleichsgerade berücksichtigt.

4.2 Beispiel 1: Akustik-Wandabsorber – Produktbeschreibung

Für die Demonstration der Methode wird ein Akustikabsorber genutzt, der zur Verbesserung der raumakustischen Situation an Innenwänden hängend angebracht werden kann. Die einzige Funktion des Wandabsorbers ist die Dämpfung des

Nachhalls im Innenraum zur Reduktion der Nachhallzeit. Für das Anwendungsbeispiel wird auf Daten der Schallabsorptionsgrad-Datenbank der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt [120] zurückgegriffen. Der Datensatz Nr. 1797 beschreibt einen „Faserabsorber auf Lochblech, 0,5 mm dickes Aluminiumblech, gelochte Paneele (Durchmesser 2 mm, Lochanteil 18%), Mineralfaserauflage 20 mm“, die Daten sind [99] entnommen. Die Schallabsorptionsgrade der Oktavbänder sind in der Datenbank verfügbar, die übrigen Produkteigenschaften sind abgeschätzt oder mit Hilfe qualifizierter Annahmen berechnet und nicht herstellerspezifisch.

Annahmen sind:

- die Aufhängung ist geschraubt bzw. geklemmt,
- das Bauteil ist hängend an Innenwänden und ohne Kontakt zum Bodenaufbau angebracht,
- das Aluminiumblech ist rau und nicht beschichtet oder belegt,
- die Mineralwolle-Auflage ist einfach – und lösbar – geklebt angebracht,
- der Kleber ist lösemittelfrei.

Da das Bauteil einer Innenwand vorgehängt zum Einsatz kommt, hat es keinen Beitrag zum Wärmeschutz der thermischen Gebäudehülle, keinen Beitrag zum Feuerwiderstand oder zur Schallschutzfunktion der Innenwand gegenüber anderen Bereichen. Die raumakustische Funktion wird über den spezifischen Schallabsorptionsgrad erfüllt. Dabei gelten für die verschiedenen Oktavbänder separate Schallabsorptionsgrade α_u (Abbildung 4-1).

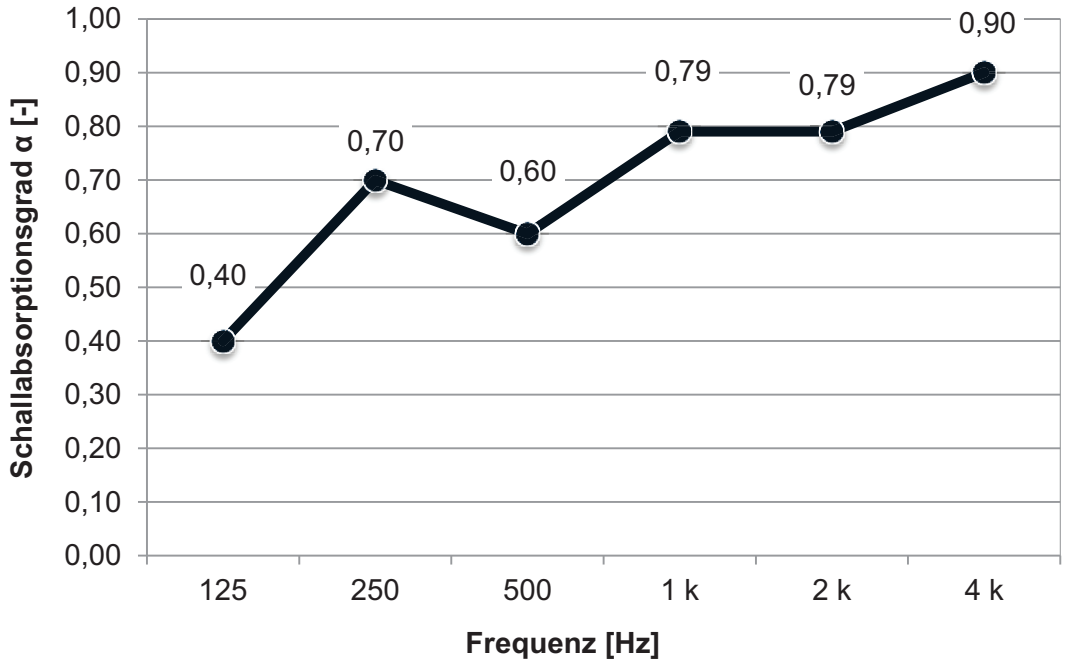


Abbildung 4-1 Schallabsorptionsprofil des Wandabsorbers mit spezifischen Schallabsorptionsgraden je Oktavband [120].

Die ökobilanziellen Kennwerte werden mit Hilfe von Annahmen über die genaue Bauteil-Zusammensetzung berechnet. Bei einem herstellerspezifischen Produkt könnten die Ökobilanz-Daten der Umweltproduktdeklaration des Produkts entnommen werden.

Das Bauteil wird mit Aluminiumblech, 2 cm dicker Mineralwolle (Innenausbau-Dämmung), pauschal 3 kg Stahlprofil (Aufhängung) und 20 g/m² EPDM-Dachbahn als Abschätzung für den lösemittelfreien Kleber berechnet[41]. Die Datensätze sind der Ökobau.dat-Datenbank [17] entnommen. Die Berechnung der Ökobilanz-Ergebnisse erfolgt mit dem „Sustainable Building Specifier“ des Fraunhofer Instituts für Bauphysik in Kooperation mit der PE INTERNATIONAL AG, das sich im Winter 2011 im Teststadium befindet [117, 143]. Das End-of-Life des Bauteils wird entsprechend den Vorgaben der DGNB-Kriterien abgeschätzt. Das Aluminiumblech und das Stahlprofil (Aufhängung) werden stofflich verwertet (Datensatz *4.8 Recyc-*

[41] Die konkreten genutzten Datensätze sind: *4.3 Aluminium Blech*, *2.01 Mineralwolle (Innenausbau-Dämmung)*, *4.1.3 Stahlprofil* und *6.3.3 Dachbahnen EPDM*.

lingpotenzial Aluminium (Blech und Profile) und *4.8 Recyclingpotenzial Stahlprofil*), die Mineralwolle und der Kleber (als nicht von der Mineralwolle trennbar angenommen) deponiert. Die resultierenden flächenbezogenen Ökobilanz-Werte des Wandabsorbers sind in Tabelle 4-1 zusammengefasst.

Tabelle 4-1 Ökobilanz-Kenndaten für das Bauteil Wandabsorber. Die Werte gelten für Herstellung bzw. End-of-Life für 1 m² Bauteil.

	K 01 Treibhaus-potenzial	K 02 Ozonschicht-abbaupotenzial	K 03 Ozonbildungs-potenzial	K 04 Versauerungs-potenzial
Einheit	kg CO_2-Äq./m² Bauteil	kg R11-Äq./m² Bauteil	kg C_2H_4-Äq./m² Bauteil	kg SO_2-Äq./m² Bauteil
Indikatorenergebnisse Herstellung	18,18	1,40E-06	0,0059	0,0725
Indikatorenergebnisse End-of-Life	-9,55	-9,73E-07	-0,0026	-0,0436

	K 05 Überdüngungs-potenzial	K 10 Primärenergie-bedarf nicht-ern.	K 11.1 Primärenergie-bedarf gesamt	K 11.2 Primärenergie-bedarf ern.
Einheit	kg PO43--Äq./m² Bauteil	kWh/m² Bauteil	kWh/m² Bauteil	kWh/m² Bauteil
Indikatorenergebnisse Herstellung	0,0044	68,78	83,50	14,72
Indikatorenergebnisse End-of-Life	-0,0019	-34,85	-46,74	-11,89

Die Investitionskosten werden mit 150 €/m² Bauteil angenommen. Die zu erwartende Nutzungsdauer wird der Tabelle „Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)“ [8] entnommen. Aufgrund mangelnder exakter Übereinstimmung mit einem der Einträge aus [8] wird die Nutzungsdauer l mit $\geq 50\,a$ angesetzt, da für der den Innenwänden (DIN 276 Kostengruppe 340) zugeordnete Tabelleneintrag *344.211 Sondertüren: Glastüren, Rauchschutztüren, Schallschutztüren*, eine Nutzungsdauer $\geq 50\,a$ ausgewiesen wird[42].

[42] Maßgeblich für die Festlegung von Nutzungsdauern von Bauteilen im Rahmen der Zertifizierung ist die technische Dauerhaftigkeit, andere Nutzungsszenarien auf Basis weiterführender Überlegungen werden nicht aufgestellt.

4.3 Beispiel 1: Erstellung der Relevanz-Abgrenzung für DGNB – NBV09

Die Relevanz-Abgrenzung folgt dem Ablaufschema aus Abbildung 3-4. Der zugrundeliegende externe Kriterienkatalog stammt aus dem Nutzungsprofil NBV09 des DGNB-Zertifizierungssystems [47, 98]. Die in Anhang B aufgeführten Kriterien und die Bezeichnungen und Nummerierungen der Indikatoren sind der NBV09-Gewichtungstabelle der DGNB vom 17.02.2010 [43] entnommen.

4.3.1 Klassifizierung von Indikatoren in Indikator-Typen

Für die Klassifizierung werden der grundsätzliche Bezug zu Bauprodukten, die Indikator-Einheit hinsichtlich Übereinstimmung mit der Einheit der maßgeblichen Produkteigenschaft, die Rechenregeln und die Formulierungen der Anforderungen analysiert. Die Zuordnung der 144 Indikatoren des DGNB-Kriterienkatalogs zu den Indikator-Typen ergibt:

- Indikator-Typ A: 97 Indikatoren,
- Indikator- Typ B: 1 Indikator,
- Indikator-Typ C: 7 Indikatoren,
- Indikator-Typ D: 18 Indikatoren,
- Indikator-Typ E: 21 Indikatoren.

Relevant sind die 39 Indikatoren der Typen D und E. Dies entspricht in der Anzahl der Indikatoren einem Anteil von 27% des Zertifizierungssystems. Die Gewichte dieser 39 Indikatoren ergeben in Summe einem Anteil von 49% an der Gesamtbewertung.

4.3.2 Produktgruppen vs. Bauelemente in Zuordnungs-Matrix I und Funktions-Bauelement-Zuordnung

Für das Wandabsorber-Beispiel wird Matrix I direkt aus Abbildung 3-6 übernommen (vgl. Ziffer 3.3.3). Der Wandabsorber wird Produktgruppe *10.3 Systemtrennwände* zugeordnet, aufgrund des gleichen Anwendungsbereichs als bzw. an Innenwänden und zu erwartender Ähnlichkeit in Aufbau und Anwendung der Bauteile.

4.3.3 Relevanz-Abgrenzung durch Abgleich der FBZ mit der FIZ

Der nächste Schritt grenzt die zu betrachtenden Indikatoren bezüglich der relevanten Produktgruppe ein, d.h. die Festlegung der Relevanz-Abgrenzung für die Produktgruppe gegenüber einzelnen Indikatoren. Diese Eingrenzung zu betrachtender Indikatoren erfolgt in mehreren Schritten:

1. Schritt: Bauteil-Indikator-Abgleich
   - Funktions-Bauelement-Zuordnung (FBZ): wird direkt Ziffer 3.3.4 entnommen.
   - Funktions-Indikator-Zuordnung (FIZ, vgl. Ziffer 3.3.5): Die 39 relevanten Indikatoren werden den Funktionen zugeordnet. Diese Zuordnung ist in Anhang C.1 dargestellt.
   - Abgleich FBZ mit FIZ: für jeden Indikator werden die relevanten Kostengruppen aufgeführt (Anhang C.1).
2. Schritt: Berücksichtigung indikatorspezifischer Einschränkungen
   - Den Indikator-Definitionen werden sämtliche Einschränkungen und Systemgrenzen entnommen (Anhang C.2).
3. Schritt: Festlegung der Relevanz-Abgrenzung
   - Zusammenführung der beiden vorhergehenden Schritte: die Schnittmenge der aufgelisteten Bauteile beider Schritte, ergänzt um einzelne relevante oder ausgeklammerte Produktgruppen bildet die Relevanz-Abgrenzung von Indikatoren gegenüber Produktgruppen (Anhang C.3).

4.3.4 Zuordnungs-Matrix II: Relevanz-Abgrenzung für Bauprodukte gegenüber Indikatoren und im Beispiel betrachtete Indikatoren

Die Relevanz-Abgrenzung für Bauprodukte gegenüber Indikatoren, wie sie sich aus dem vorhergehenden Schritt ergeben, wird in der Zuordnungs-Matrix II dargestellt. Sie enthält die markierten Elemente der Zuordnungs-Matrix I als Zeilen der Zuordnungs-Matrix II, um die zweidimensionale Ansicht der Matrix zu vereinfachen (vgl. Ziffer 3.3.6). Die Spalten werden aus den in Anhang C.3 aufgeführten Indikatoren gebildet. Damit ergibt sich Zuordnungs-Matrix II für den DGNB-

Kriterienkatalog mit 39 Spalten und 349 Zeilen (Anhang D). In dieser Matrix sind 13.611 Matrixelemente $m2_{ijk}$ enthalten. Von diesen 13.611 Elementen sind 8.226 markiert. Für sie gilt $m2_{ijk} = 1$. Dies bedeutet, dass ca. 60% der möglichen Schnittpunkte zwischen Indikatoren und Produktgruppen-Bauelement-Kombinationen zu betrachten sind.

Die Produktgruppe *10.3 Systemtrennwände* in der Verwendung in der Kostengruppe KG 340 (Innenwände) beeinflusst entsprechend der Zuordnungs-Matrix II 25 Indikatoren:

- K 1 Treibhauspotenzial (GWP),
- K 2 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP),
- K 3 Ozonbildungspotenzial (POCP),
- K 4 Versauerungspotenzial (AP),
- K 5 Überdüngungspotenzial (EP),
- K 6 Risiken für die lokale Umwelt,
- K 10 Nicht-erneuerbarer Primärenergiebedarf (PEne),
- K 11.1 Gesamteinsatz Energie/Primärenergie PEges,
- K 11.2 Anteil erneuerbarer Primärenergie,
- K 16 gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus,
- K 20.1 Flüchtige organische Stoffe (TVOC sowie Formaldehyd),
- K 21.1 Akustischer Komfort – Einzel- und Mehrpersonenbüros bis zu einer Fläche von 40 m²,
- K 21.2 Akustischer Komfort – Mehrpersonenbüros,
- K 21.3 Akustischer Komfort – Besprechungsräume,
- K 21.4 Akustischer Komfort – Kantinen mit einer Grundfläche > 50 m²,
- K 25.2 Reduktion des Schadensausmaß im Fall von Schadensereignissen,
- K 26 Barrierefreiheit,
- K 28.2.1 Räumliche Struktur: Umsetzbarkeit,
- K 33.2 Stoffe / Produkte,
- K 33.3 Erhöhte Feuerwiderstandsklassen,
- K 34.2 Luftschallschutz gegenüber fremden Arbeitsräumen,
- K 34.4 Schallschutz gegenüber haustechnischen Anlagen,
- K 40.3.3 Fußbodenleisten (nichttragende Konstruktion innen),
- K 42.1 Aufwand zur Demontage,
- K 42.2 Aufwand zur Trennung.

In einem weiteren Schritt werden Indikatoren identifiziert, die für den Wandabsorber keine Relevanz haben wie Indikatoren, die eine Funktion adressieren, die durch den Wandabsorber – im Gegensatz zur Produktgruppe allgemein – nicht bedient wird. Ein Beispiel ist der Indikator *K 33.3 Erhöhte Feuerwiderstandsklassen* mit Bezug zur Funktion Brandschutz. Der *Wandabsorber* ist durch die Zugehörigkeit zur Produktgruppe *PG 10.3 Systemtrennwände* der Kostengruppe *KG 340 Innenwände* zugeordnet, wird jedoch Innenwänden vorgehängt und trägt nicht funktional zum Brandschutz der Innenwand bei (vgl. Ziffer 4.2). Somit hat der Indikator keine weitere Relevanz.

Im Fall anderer Indikatoren ist ein Bezug zu einer Funktion des Bauelements denkbar, jedoch aufgrund der Ausprägung der Bauprodukteigenschaften nicht gegeben. Dies ist insbesondere auf nicht vorhandene, im Indikator dagegen regulierte Inhaltsstoffe zurückzuführen.

4.4 Beispiel 1: Indikatoren ohne Relevanz

Elf Indikatoren haben keine Relevanz für die Betrachtung des Produkts und werden nicht weiterführend betrachtet. Das Fehlen des Einflusses des Wandabsorbers auf die Bewertung des Indikators wird jeweils beschrieben.

K 06 – Risiken für die lokale Umwelt (Typ D-Indikator)

Der Indikator formuliert zahlreiche Anforderungen an Inhaltsstoffe (etc.) von Bauprodukten. Die Anforderungen enthalten z.B. Vorgaben an die maximale Lösemittelkonzentration in flüssigen Produkten (Farben, etc.) oder machen Vorgaben zu Inhaltsstoffen von Beschichtungen mineralischer, metallischer und anderer Bauteile. Weder für Glasprodukte noch für Dämmstoffe aus Mineralwolle sind Anforderungen formuliert, da kein im Wandabsorber eingesetztes Material beschichtet ist.

Der eingesetzte Kleber ist lösemittelfrei. Für die Produkteigenschaft „Lösemittelkonzentration“ entspricht die bestmögliche Bewertungsstufe dem Wert *0% VOC (Lösemittel)*. Die Produkteigenschaft „GisCode“[43] spiegelt die Anforderungen an

[43] GisCodes sind die Bauprodukt-Kennzeichnungen des Gefahrstoff-Informationssystems der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft. Ein GisCode definiert die erforderlichen Schutzmaß-

die Lösemittelkonzentration des Produkts wider und stellt damit keinen qualitativen Unterschied dar. Die mathematische Beschreibung der Situation ergibt:

$$W_6(q_0) = W_6(\text{VOC-Konz.} = 0\%) = \frac{10\ P.}{10\ P.} \cdot 100\% = 100\% \tag{4-1}$$

Das Ergebnis entspricht dem maximalen Bewertungsergebnis und erlaubt keine weitere Optimierung. Das Optimierungspotenzial ist (vgl. Gleichung (3-6)):

$$W_{6,\Delta^+} = W_6(q_{best}) - W_6(q_0) = 100\% - 100\% = 0 \tag{4-2}$$

K 20.1 – Flüchtige organische Stoffe (TVOC sowie Formaldehyd) (Typ E-Indikator)

Der Indikator fordert eine Messung der Raumluftkonzentration an VOC und Formaldehyd unter definierten Bedingungen. Qualitativ kann beschrieben werden, dass ein Bauprodukt, wie der Wandabsorber, der keine Lösemittel enthält, keinen Beitrag zur VOC-Konzentration der Raumluft haben kann. Allerdings existiert laut [40] und [103] keine Übertragungsfunktion, die einen quantitativen Bezug zwischen VOC-Emissionen aus Bauprodukten und der VOC-Konzentration der Raumluft korrekt widergeben kann.

Während durch die Lösemittelfreiheit des Wandabsorbers kein Optimierungspotenzial erkennbar ist, stellt eine fehlende Übertragungsfunktion für andere Bauprodukte oft einen Forschungsbedarf dar.

K 21.2 Akustischer Komfort – Mehrpersonenbüros, K 21.3 Besprechungsräume und K 21.4 Kantinen mit einer Grundfläche > 50 m² (Typ E-Indikator)

Die Indikatoren des Kriteriums *K 21 Akustischer Komfort* bewerten die Nachhallzeit in unterschiedlichen Raumtypen. Der Wandabsorber hat als eigentliche Funktion die Reduktion des Nachhalls und somit einen Beitrag zum Akustischen Komfort im Innenraum. Die Funktionserfüllung, der Einfluss der maßgeblichen Produkteigen-

---

nahmen des Arbeitsschutzes für die Verarbeitung des Bauprodukts, dem der GisCode zugewiesen ist [11]. GisCodes finden im DGNB-Kriterium 6 Anwendung, indem Produktausschlüsse teilweise durch den Verbot von GisCodes definiert sind [40].

schaft und schließlich das Optimierungspotenzial wird unter Ziffer 4.5 dargestellt. Das Indikatormodell dort nutzt ein Einzelbüro als Referenzraum für die Berechnung der Nachhallzeit. Da die akustische Situation in Mehrpersonenbüros, Besprechungsräumen und großen Kantinen jedoch im Wesentlichen durch Schallreflexionen an der Decke und nicht durch Schallreflexionen an den Wänden dominiert wird [41], ist ein Einsatz des Wandabsorbers in diesen Raumtypen nicht zielführend. Dementsprechend wird der potenzielle Einfluss des Produkts auf diese Indikatoren vernachlässigt, eine Möglichkeit zur Produktoptimierung besteht nicht.

K 25.2 – Reduktion des Schadensausmaß im Fall von Schadensereignissen und K 33.2 – Stoffe / Produkte (Typ D-Indikator)

Beide Indikatoren fordern den Verzicht auf halogenierte oder teilhalogenierte Produkte oder andere Substanzen, die brandbeschleunigend wirken oder im Brandfall abtropfen können. Da im Wandabsorber keine dieser Substanzen zum Einsatz kommen, hat die Produkteigenschaft „halogenierte (…) Inhaltsstoffe“ keinen Einfluss auf die Gebäudebewertung und bietet kein Optimierungspotenzial.

K 33.3 – Erhöhte Feuerwiderstandsklassen (Typ D-Indikator)

Der Indikator bewertet eine gegenüber den Auflagen der Baugenehmigung (dem Brandschutzgutachten) vorliegende Übererfüllung des Feuerwiderstandes von brandschutztechnisch relevanten Bauteilen. Da der Wandabsorber als vorgehängtes Bauteil keine brandschutztechnische Funktion erfüllt (vgl. Ziffer 4.2), hat die Bauprodukteigenschaft „Feuerwiderstand“ keinen Einfluss auf die Gebäudebewertung und bietet kein Optimierungspotenzial.

K 34.2, 34.4 – Schallschutz gegenüber fremden Arbeitsräumen & haustechnischen Anlagen (Typ D-Indikator)

Die Indikatoren des Kriteriums *K 34 Schallschutz* bewerten das jeweilige Niveau des Schallschutzes gegenüber verschiedenen anderen Nutzungsbereichen. Der Wandabsorber hat als der Innenwand vorgehängtes Bauteil ebenso wie beim Brandschutz keine schallschutztechnische Funktion (vgl. Ziffer 4.2). Die Produkteigenschaft „Schallschutz“ hat also ebenfalls keinen Einfluss auf die Gebäudebewertung und bietet kein Optimierungspotenzial.

K 40.3.3 – Fußbodenleisten (Reinigungsfreundlichkeit) (Typ D-Indikator)

Im Kriterium K 40 Reinigungsfreundlichkeit bewertet der Indikator Fußbodenleisten die Art der Befestigung dieser Fußbodenleisten. Da der Wandabsorber an der Wand hängend und ohne Kontakt zum Fußbodenaufbau befestigt ist, hat die Frage nach der Art der Befestigung der Fußbodenleisten keine Relevanz. Somit hat die Produkteigenschaft „Art der Befestigung der Fußbodenleisten“ keinen Bezug zum Wandabsorber.

4.5 Beispiel 1: Indikatormodelle für Indikatoren mit Möglichkeit zur Optimierung

Die 25 Indikatoren, die in der Zuordnungs-Matrix II als relevant für die Produktgruppe identifiziert wurden, enthalten neben den elf Indikatoren ohne Einfluss auf die Gebäudebewertung 14 Indikatoren mit tatsächlichem Einfluss auf die Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden. Für diese 14 Indikatoren sind im Folgenden die Indikatormodelle beschrieben. Ergebnisse für die einzelnen Bewertungsschritte werden berechnet und die Schlussfolgerungen zusammengefasst.

4.5.1 Ökobilanz-Indikatoren (Typ E-Indikatoren)

Eine der erforderlichen Analysen der Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden ist deren Ökobilanz. Ergebnisse der Ökobilanz sind die Indikatoren:

- K 01 Treibhauspotenzial (GWP),
- K 02 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP),
- K 03 Ozonbildungspotenzial (POCP),
- K 04 Versauerungspotenzial (AP),
- K 05 Überdüngungspotenzial (EP).
- K 10 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PE ne)
- K 11.1 Gesamtprimärenergiebedarf (PE ges)
- K 11.2 Anteil erneuerbare Primärenergie

Abgesehen vom Indikator *K 11.2 Anteil erneuerbare Primärenergie* sind die übrigen Ökobilanz-Indikatoren einheitlich definiert. Aus diesem Grund wird das Indikatormodell einheitlich für diese Ökobilanz-Indikatoren beschrieben und nur auf die Unterschiede in den Indikatoren-Definitionen und auf Indikator K 11.2 separat ein-

gegangen. Die Unterschiede liegen in den Bewertungsmaßstäben und den Einheiten der Indikatoren.

Das Ergebnis der Ökobilanz-Berechnung, der Indikatorwert R wird aus den Summanden für Herstellung H_g, Instandhaltung I_g, End-of-Life E_g und Nutzung (Energiebedarf für den Gebäudebetrieb) N ermittelt. Die konstruktionsbezogenen[44] Summanden ergeben:

$$K = H_g + I_g + E_g \tag{4-3}$$

Alle Ökobilanz-Werte werden auf 1 m² Nettogrundfläche (NGF) und einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren bezogen. Weiterführende Erläuterungen zur Erstellung einer Gebäude-Ökobilanz sind z.B. in [96, 138, 139] zu finden.

Die Summanden mit Bezug zum Wandabsorber lassen sich unterteilen, in solche, die einen Bezug zum Produkt haben (H, I, E) und solche, die vom Wandabsorber unabhängig sind (H', I', E'). Somit ergibt sich für den Indikatorwert:

$$\begin{aligned} R &= \mathrm{K} + \mathrm{N} \\ &= H_g + I_g + E_g + N \\ R &= H + H' + I + I' + E + E' + N \end{aligned} \tag{4-4}$$

Dabei ist $I' = n \cdot H' + n \cdot E'$ der produktbezogene Teil der Instandhaltung gleich der produktbezogenen Herstellung und dem produktbezogenen End-of-Life. y ist die ganzzahlig aufgerundete Austauschrate, mit der das Bauteil während dem Betrachtungszeitraum von 50 Jahren jeweils nach Ende der spezifischen Nutzungdauer ausgetauscht werden muss (Gleichung (4-5)) [98]. Da die spezifische Nutzungsdauer des Wandabsorbers 50 Jahre beträgt (vgl. Ziffer 4.2), gilt:

$$y = \frac{t_d}{l} - 1 = \frac{50a}{50a} - 1 = 0 \tag{4-5}$$

mit: t_d: Betrachtungszeitraum des Gebäudes, 50 Jahre,
l: spezifische Nutzungsdauer des Produkts.

---

[44] Entsprechend den Regeln der DGNB werden die Lebenszyklusphasen Herstellung, Instandhaltung und End-of-Life der *Konstruktion* des Gebäudes zugeordnet.

Darüber hinaus können die vom Wandabsorber unabhängigen Summanden, also die bei einer Variation von Produkteigenschaften unveränderlichen Teile der Gleichung, zu einer Konstanten c_g zusammengefasst werden:

$$H' + I' + E' = c_g \tag{4-6}$$

Für den vorliegenden Fall, in dem keine Instandhaltung erforderlich ist, reduziert sich Gleichung (4-4) für den Wandabsorber zu:

$$R = H + E + c_g \tag{4-7}$$

Zur Ermittlung des konstanten Summanden c_g werden mehrere Annahmen getroffen und ergänzende Informationen hinzugezogen. Entsprechend den Anleitungen zum ersten Anwendungsfall ist der Startwert für R so zu wählen, dass die Parametervariation keinen Extremwert der Bewertungsfunktion berührt. Der Startwert der Parametervariation R_0 wird mit $W_k(R_0) = 50\%$ festgelegt. Damit ist R gleich dem *Referenzwert*[45] für das betrachtete Bauwerk [98]. Da dieser Referenzwert aus dem konstanten Summanden K_{ref} für die Konstruktion und einem dynamisch berechneten Wert N_{ref} für den Gebäudebetrieb berechnet wird, muss N allgemeingültig ermittelt werden. Um N zu erhalten, wird auf die Datenbasis des Forschungsprojekts „IMPRO-Building – Environmental Improvement Potentials of Residential Buildings“ [112] zurückgegriffen, in dem konsistente Ökobilanz-Untersuchungen für ca. 70 verschiedene Wohngebäudetypen durchgeführt wurden. Diese charakterisieren den europäischen Wohngebäudebestand. Aus den Daten für Neubau-Mehrfamilienhäuser und Neubau-Hochhäuser wurden durchschnittliche Anteile der Konstruktion am Gebäudelebenszyklus ermittelt (Tabelle 4-2).

---

[45] Entsprechend den Regeln der DGNB wird für ein Gebäude ein Referenzwert entsprechend 5 Bewertungspunkten berechnet, der sich aus einem durchschnittlichen Wert für die Konstruktion und einem projektspezifischen Wert für den Betrieb zusammensetzt. Ausgehend von diesem Referenzwert werden die Bewertungsfunktionen für Ökobilanz-Indikatoren aufgestellt.

Tabelle 4-2 Mittelwerte der Anteile der Gebäudekonstruktion am Gebäudelebenszyklus aus [112][46].

Indikator	K 1 GWP	K 2 ODP	K 3 POCP	K 4 AP	K 5 EP	K 10 PE ne	K 11.1 PE ges
Anteil der Konstruktion am Gebäudelebenszyklus ($^{K}/_{R}$)	0,26	0,16	0,09	0,26	0,37	0,19[47]	0,19

Mit diesen Werten können N und R_0 berechnet werden:

$$R_0 = K_0 + N$$

$$K_0 = GWP_{K\,ref} = 9{,}4\ \mathrm{kg\ CO_2\text{-}Äq/m^2{}_{NGF}a}$$

Aus Tabelle 4-2:

$$N = 0{,}74 \cdot R_0 \quad \text{bzw.} \quad K_0 = 0{,}26 \cdot R_0$$

$$R_0 = \frac{K_0}{0{,}26} = \frac{1}{0{,}26} \cdot 9{,}4\ \mathrm{kg\ CO_2\text{-}Äq/m^2{}_{NGF}a} = 36{,}15\ \mathrm{kg\ CO_2\text{-}Äq/m^2{}_{NGF}a} \tag{4-8}$$

Die Berechnung der konstanten Summanden c_g erfolgt als Differenz von R_0 und den von q abhängigen Termen. Hierzu wird die Funktion für die von q abhängigen Terme H und E aufgestellt und jeweils für den Startwert q_0 der Parametervariation berechnet. Die Herleitung von H und E umfasst die Umrechnung von Ökobilanz-Indikatorwerten je Referenzeinheit des Produkts in Ökobilanz-Werte je m^2_{NGF} und Jahr und unter Berücksichtigung der Menge eingesetzten Materials.

---

[46] Berücksichtigte Gebäudetypen aus [112]: Z1_MF_004, Z1_MF_006, Z1_MF_008, Z1_HR_001, Z2_MF_005, Z2_MF_006, Z2_MF_007, Z2_HR_002, Z3_HR_002

[47] Die Dokumentation der Ökobilanz-Ergebnisse in [112] umfasst keine Trennung des Gesamtprimärenergiebedarfs in die Teile erneuerbar und nicht-erneuerbar. Aus diesem Grund wird für den Anteil der Konstruktion am Gebäudelebenszyklus für den Indikator *K 11.1 Primärenergiebedarf nicht-ern.* der dokumentierte Wert des Gesamtprimärenergiebedarfs übernommen.

Die Herleitung der Berechnung von $R(q) = H + I + E + c_g$ erfolgt allgemeingültig auch für Bauprodukte mit einer Nutzungsdauer kleiner 50 Jahren ($n > 0$) und folglich unter Berücksichtigung der Instandhaltung. Für die Berechnung der Herstellung wird der dokumentierte Ökobilanz-Wert für den Wandabsorber in der Einheit [Indikatoreinheit/kg Produkt] mit der Masse des Wandabsorbers je m² und mit Faktoren multipliziert, die den Produkteinsatz mit der Nettogrundfläche des Bauwerks in Bezug setzen. Das Produkt wird durch den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren geteilt:

$$H = \frac{q \cdot m \cdot a \cdot A}{t_d} \tag{4-9}$$

mit:
- q: Ökobilanzwert des Produkts Wandabsorber je kg Produkt [Ind.-Einheit/kg],
- m: Masse des Produkts Wandabsorber je deklarierter Einheit [kg/m²],
- t_d: Betrachtungszeitraum für das Gebäude, 50 [a],
- a: Anteil der Belegung des Bauelements Innenwand durch den Wandabsorber, beidseitige Belegung berücksichtigt [−],
- A: Verhältnis Innenwandfläche zu Nettogrundfläche des Gebäudes.

Für den Wandabsorber liegen bereits flächenbezogene Ökobilanz-Werte (Tabelle 4-1) vor, die dem Term $(q \cdot m)$ entsprechen.

Der Bezug zur Nettogrundfläche wird für den Wandabsorber über das Produkt $a \cdot A$ hergestellt. Für den Wandabsorber wird ein Wert von $a = 0{,}4 \cdot 2 = 0{,}8$ angenommen. Zur Berechnung des Faktors A wird auf Daten aus BKI Baukosten 2010 (Teil 1: Statistische Kostenkennwerte für Gebäude) zurückgegriffen: Für Bürogebäude, mittlerer Standard ist das Verhältnis Innenwandfläche (KG 340) zu Nutzfläche mit 1,19 angegeben, das Verhältnis Nettogrundfläche zu Nutzfläche mit 1,338, was ein Verhältnis Innenwandfläche zu Nettogrundfläche von $A = 0{,}89$ ergibt. [13]

Der Anteil des End-of-Life des Wandabsorbers berechnet sich analog der Herstellung (Gleichung (4-10)). Die Werte für den Term $e \cdot m$ sind in Tabelle 4-1 zu finden. Die Berechnung dieser Ökobilanz-Werte ist unter Ziffer 4.2 erläutert.

$$E = \frac{e \cdot m \cdot a \cdot A}{t_d} \tag{4-10}$$

mit: e: Ökobilanzwert des End-of-Life des Wandabsorbers je kg Produkt [Ind.-Einheit/kg].

Die Instandhaltung repräsentiert den Austausch von Bauteilen, deren Nutzungsdauer kürzer als der Betrachtungszeitraum des Gebäudes ist. Dabei fallen für ein zu tauschendes Produkt die Aufwendungen für die Herstellung und das End-of-Life des Produkts multipliziert mit der Austauschhäufigkeit n an:

$$I = y \cdot \frac{q \cdot m \cdot a \cdot A}{t_d} + y \cdot \frac{e \cdot m \cdot a \cdot A}{t_d} \tag{4-11}$$

Setzt man die Gleichungen (4-6), (4-9), (4-10) und (4-11) in Gleichung (4-4), erhält man das Indikatormodell-für Ökobilanz-Indikatoren[48]:

$$R = \frac{q \cdot m \cdot a \cdot A}{t_d} + H' + y \cdot \frac{q \cdot m \cdot a \cdot A}{t_d} + y \cdot \frac{e \cdot m \cdot a \cdot A}{t_d} + I' + \frac{e \cdot m \cdot a \cdot A}{t_d} + E' + c_g$$

$$R = (y+1)\frac{q \cdot m \cdot a \cdot A}{t_d} + (y+1)\frac{e \cdot m \cdot a \cdot A}{t_d} + \mathrm{c}_g$$

$$\boldsymbol{R(q \cdot m) = (y+1) \cdot \frac{aA}{t_d} \cdot (q \cdot m + e \cdot m) + c_g} \tag{4-12}$$

Für den Wandabsorber vereinfacht sich das Indikatormodell durch Berücksichtigung von Gleichung (4-5) zu:

$$R(qm) = \frac{a \cdot A}{t_d} \cdot (q \cdot m + e \cdot m) + c_g \tag{4-13}$$

mit: $q \cdot m$: zu betrachtende Produkteigenschaft: Ökobilanz-Indikatorwerte je m² Wandabsorber.

Bei den Parametern a, A und $(e \cdot m)$ handelt es sich um Planungsparameter, die in erster Näherung unabhängig vom betrachteten Produkt sind und nicht variiert werden. Die Produkteigenschaft $(e \cdot m)$, die das End-of-Life-Szenario repräsentiert,

---

[48] Hinweis: da n ganzzahlig aufzurunden ist, ist eine weitere Vereinfachung durch Einsetzen von Gleichung (4-5) nicht möglich.

wird durch die Vorgaben der Indikator-Definition indirekt vorgegeben. Dort ist das zu verwendende End-of-Life-Szenario festgelegt. Die Parametervariation von $(e \cdot m)$ ist nicht sinnvoll.

Für die Parametervariation muss nun ein konstanter Wert für c_g ermittelt werden:

$$c_g = R_0 - \left[\frac{a \cdot A}{t_\mathrm{d}} \cdot ((q \cdot m)_0 + e \cdot m)\right]$$

$$= 36{,}15\ \frac{\mathrm{kg\ CO\text{-}_2Äq}}{\mathrm{m^2{}_{NGF}a}} - \left[\frac{0{,}8\ \mathrm{m^2_{Bauteil}/m^2_{IWF}} \cdot 0{,}89\ \mathrm{m^2_{IWF}/m^2_{NGF}}}{50a} \cdot (18{,}18 - 9{,}55)\ \frac{\mathrm{kg\ CO\text{-}_2Äq}}{\mathrm{m^2_{Bauteil}}}\right]$$

$$c_g = 36{,}03\ \frac{\mathrm{kg\ CO\text{-}_2Äq}}{\mathrm{m^2{}_{NGF}a}} \tag{4-14}$$

Werden alle konstanten Parameter in Gleichung (4-13) eingesetzt, erhält man das spezifische Indikatormodell für den verbleibenden Parameter $(q \cdot m)$. In Gleichung (4-15) ist es für das Treibhauspotenzial angegeben:

$$R(q \cdot m) = \frac{0{,}8\ \mathrm{m^2_{Bauteil}/m^2_{IWF}} \cdot 0{,}89\ \mathrm{m^2_{IWF}/m^2_{NGF}}}{50a} \cdot \big((q \cdot m) - 9{,}55\big)\frac{\mathrm{kg\ CO\text{-}_2Äq}}{\mathrm{m^2_{Bauteil}}} + 36{,}03\frac{\mathrm{kg\ CO\text{-}_2Äq}}{\mathrm{m^2{}_{NGF}a}}$$

$$= 0{,}01424\frac{\mathrm{m^2_{Bauteil}}}{\mathrm{m^2_{NGF}}a} \cdot ((q \cdot m) - 9{,}55)\frac{\mathrm{kg\ CO\text{-}_2Äq}}{\mathrm{m^2_{Bauteil}}} + 36{,}03\frac{\mathrm{kg\ CO\text{-}_2Äq}}{\mathrm{m^2{}_{NGF}a}} \tag{4-15}$$

Die Indikatormodelle aller Ökobilanz-Indikatoren entsprechen Gleichung (4-15) mit den indikatorspezifischen Werten für $(q \cdot m)$, $(e \cdot m)$ und c_g, mit Ausnahme von K 11.2

K 11.2 Anteil erneuerbare Primärenergie

Für den Indikator *K 11.2 Anteil erneuerbare Primärenergie* muss das Indikatormodell angepasst werden. Der Indikator bewertet den Quotienten aus der erneuerbaren Primärenergie (Differenz aus den Indikatorergebnissen von K 11.1 und K 10) und dem Gesamtprimärenergiebedarf (K 11.1). Als Indikatormodell ergibt sich:

$$q_{PEern} = q_{PEges} - q_{PEne}$$

$$e_{PEern} = e_{PEges} - e_{PEne}$$

$$c_{g,PEern} = c_{g,PEges} - c_{p,PEne}$$

$$R\left((q_{PEern}\cdot m),(q_{PEges}\cdot m)\right)=\frac{R_{PEern}}{R_{PEges}}$$

$$=\frac{\frac{a\cdot A}{t_d}\cdot(q_{PEern}\cdot \mathrm{m}+e_{PEern}\cdot m)+c_{g,\mathrm{PE}ern}}{\frac{aA}{t_d}\left(q_{PEges}\cdot \mathrm{m}+e_{PEges}\cdot m\right)+c_{g,\mathrm{PE}ges}}\cdot 100\% \qquad (4\text{-}16)$$

Da in den Parametervariationen der Kriterien *K 10 Primärenergiebedarf nicht-erneuerbar* und *K 11.1 Gesamtprimärenergiebedarf* die jeweiligen Ökobilanz-Indikatoren variiert wurden, wird für die Parametervariation des Indikators *K 11.2 Anteil erneuerbare Primärenergie* der Parameter q, also der flächenbezogene Ökobilanz-Wert für die erneuerbare Primärenergie variiert. Dies entspricht der Umsetzung der Ceteris-paribus-Klausel (vgl. Ziffer 3.4.4).

Parametervariationen der Ökobilanz-Indikatoren

Die eigentliche Parametervariation und Berechnung der Ergebnisse dieser Variation wird für alle Ökobilanz-Indikatoren in Tabelle 4-3 dargestellt. Jeder Indikator ist durch sieben Kennwerte beschrieben:

- Zeile 1 enthält den dokumentierten Wert der Produkteigenschaft,
- Zeile 2 das daraus berechnete Ergebnis des Indikatormodells,
- Zeile 3 und 4 geben die Werte für die um 50% verbesserte Produkteigenschaft und das daraus berechnete Ergebnis des Indikatormodells R an,
- Zeile 5 enthält das nicht-gewichtete, bewertete Indikatorergebnis als Prozentwert der Maximal-Bewertung. Dieser Wert gibt an, in welchem Maß die Produkteigenschaft auf das Bewertungsergebnis (die Bewertungspunkte) des Indikators Einfluss nehmen kann,
- Zeile 6 stellt das Ergebnis aus Zeile 5 multipliziert mit dem Indikatorgewicht dar. Dieser Wert entspricht der möglichen Veränderung des Gesamtergebnisses der Gebäudebewertung durch die Produkteigenschaft und stellt den Gesamt-Einfluss der jeweiligen Produkteigenschaft dar.
- Die Elastizität der Produkteigenschaft in Bezug auf den Gesamt-Einfluss in Zeile 7 gibt schließlich ein quantitatives und zwischen Indikatoren vergleichbares Maß für den Einfluss der Veränderung der Produkteigenschaft auf die Gebäudebewertung wieder.

Die Elastizität ist dazu geeignet, eine Prioritäts-Liste für die Optimierung von Indikatoren zu begründen. Zur Berechnung der Elastizität wird auf die Stichprobe der gleichverteilten Referenzbewertungen zurückgegriffen. Da die Bewertungsfunktionen der Ökobilanz-Indikatoren zwei separate Abschnitte aufweisen, ist die resultierende Elastizität das arithmetische Mittel der Elastizitäten der beiden Abschnitte (Tabelle 4-3, Zeile 7).

Die Elastizitäten zeigen, dass der Einfluss der Produkteigenschaften auf die Gebäudebewertung hier sehr begrenzt ist (vgl. Ergebnisse in Zeile 6). Darüber hinaus kann festgestellt werden, dass die Reduktion des Treibhauspotenzial-Werts des Bauteils die höchste Priorität hat, gefolgt von der Erhöhung des Anteils erneuerbarer Primärenergie und der Reduktion des Ozonschichtabbaupotenzials. Diese Schlussfolgerungen sind mit den Ergebnissen der übrigen Indikatoren in Relation zu setzen.

Tabelle 4-3 Kennwerte und Ergebnisse der Ökobilanz- Parametervariationen.

Zeile			K 01 Treibhauspotenzial		K 02 Ozonschichtabbau-potenzial		K 03 Ozonbildungs-potenzial		K 04 Versauerungs-potenzial	
1	Startwert der Parameter-variation	$(qm)_0$	18,18	kg CO_2-Äq./ m² Bauteil	1,40E-06	kg R11-Äq./ m² Bauteil	0,0059	kg C_2H_4-Äq./ m² Bauteil	0,0725	kg SO_2-Äq./ m² Bauteil
2	Start-Ergebnis der Parameter-variation	R_0	36,15	kg CO_2-Äq./ $m^2_{NGF}a$	3,31E-06	kg R11-Äq./ $m^2_{NGF}a$	0,0467	kg C_2H_4-Äq./ $m^2_{NGF}a$	0,2577	kg SO_2-Äq./ $m^2_{NGF}a$
3	Bester Wert der optimierenden Variation (Startwert -50%)	$(qm)_{best}$	9,09	kg CO_2-Äq./ m² Bauteil	7,00E-07	kg R11-Äq./ m² Bauteil	0,0030	kg C_2H_4-Äq./ m² Bauteil	0,0363	kg SO_2-Äq./ m² Bauteil
4	Bestes Ergebnis der optimierenden Variation	R_{best}	36,02	kg CO_2-Äq./ $m^2_{NGF}a$	3,30E-06	kg R11-Äq./ $m^2_{NGF}a$	0,0466	kg C_2H_4-Äq./ $m^2_{NGF}a$	0,2572	kg SO_2-Äq./ $m^2_{NGF}a$
5	bewertetes, nicht-gewichtetes Ergebnis der Variation	$W_{k,\Delta}(R_{best}-R_0)$	0,60	%	0,50	%	0,15	%	0,33	%
6	Indikatorergebnis (gewichtet) der Variation	$E_{k,\Delta+}$	0,0237	%	0,0066	%	0,0020	%	0,0044	%
7	Elastizität von (qm) in Bezug auf das Indikator-Ergebnis	$\varepsilon_k(E_{k,\Delta+})$	1,91E-02	-	1,03E-02	-	3,72E-03	-	8,96E-03	-

Zeile			K 05 Überdüngungs-potenzial		K 10 Primärenergie-bedarf nicht-ern.		K 11.1 Primärenergie-bedarf gesamt		K 11.2 Anteil ern. Primärenergie	
1	Startwert der Parameter-variation	$(qm)_0$	0,0044	kg PO_4^{3-}-Äq./ m² Bauteil	68,78	kWh/ m² Bauteil	83,50	kWh/ m² Bauteil	14,72	kWh/ m² Bauteil
2	Start-Ergebnis der Parameter-variation	R_0	0,0143	kg PO_4^{3-}-Äq./ $m^2_{NGF}a$	289,47	kWh/ $m^2_{NGF}a$	321,05	kWh/ $m^2_{NGF}a$	0,10	% ern. PE
3	Bester Wert der optimierenden Variation (Startwert -50%)	$(qm)_{best}$	0,0022	kg PO_4^{3-}-Äq./ m² Bauteil	34,39	kWh/ m² Bauteil	41,75	kWh/ m² Bauteil	22,08	kWh/ m² Bauteil
4	Bestes Ergebnis der optimierenden Variation	R_{best}	0,0143	kg PO_4^{3-}-Äq./ $m^2_{NGF}a$	288,98	kWh/ $m^2_{NGF}a$	320,46	kWh/ $m^2_{NGF}a$	0,10	% ern. PE
5	bewertetes, nicht-gewichtetes Ergebnis der Variation	$W_{k,\Delta}(R_{best}-R_0)$	0,36	%	0,28	%	0,31	%	0,326	%
6	Indikatorergebnis (gewichtet) der Variation	$E_{k,\Delta+}$	0,0048	%	0,0112	%	0,0054	%	0,0029	%
7	Elastizität von (qm) in Bezug auf das Indikator-Ergebnis	$\varepsilon_k(E_{k,\Delta+})$	5,96E-05	-	1,79E-04	-	8,68E-05	-	5,74E-05	-

4.5.2 K 16 – Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus (Typ E-Indikator)

Der Indikator *K 16 Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus* bewertet die Summe aus Investitionskosten der Gebäudeerrichtung und des Barwertes der Nutzungskosten über 50 Jahre[49]. Die berechneten Lebenszykluskosten werden anschließend durch die Bruttogrundfläche (BGF) des Gebäudes geteilt. Das Indikatormodell unterteilt sich in einen konstanten, vom Wandabsorber unabhängigen und einen vom Wandabsorber abhängigen Teil. Das Indikatormodell summiert die mit den Produktdaten berechneten Barwerte der einzelnen Kostenkategorien und die Investitionskosten zum zweiten und veränderlichen Summanden auf. Der Be-

[49] Für die Berechnung des Barwertes ist in der Indikator-Definition [39] die allgemeine Preissteigerung mit 2% p.a. und der Diskontierungszinssatz mit 5,5% p.a. vorgegeben.

zug zwischen Bauelementfläche und Bruttogrundfläche des Gebäudes A^* wird analog zum Vorgehen für die Ökobilanz-Indikatoren ebenfalls mit Hilfe von statistischen Kennwerten aus BKI Baukosten 2010 für Bürogebäude, mittlerer Standard berechnet [13] . Mit den Werten für $\mathrm{m}^2_{\mathrm{IWF}}/\mathrm{m}^2_{\mathrm{NF}} = 1{,}19$ und $\mathrm{m}^2_{\mathrm{BGF}}/\mathrm{m}^2_{\mathrm{NF}} = 1{,}543$ ergibt sich für $A^* = 0{,}771\ \mathrm{m}^2_{\mathrm{IWF}}/\mathrm{m}^2_{\mathrm{BGF}}$. Der Anteil a der Belegung der Innenwand mit dem Produkt wird mit 0,8 direkt aus den Ökobilanz-Indikatormodellen übernommen.

Die maßgebliche Produkteigenschaft q sind die Investitionskosten für das Bauteil. Da jährliche Instandhaltungskosten, jährliche Wartungs- und Inspektionskosten sowie jährliche Reinigungskosten über pauschale Faktoren berechnet werden, die in der Indikator-Definition gegeben sind, ergeben sich hier keine Optimierungspotenziale für entsprechende Produkteigenschaften. Das gleiche gilt für die Nutzungsdauer des Bauteils von 50 Jahren (vgl. Ziffer 4.2). Zusammengefügt ergibt sich das Indikatormodell der Lebenszykluskosten

$$R(q) = q \cdot a \cdot A^* + M(q) + W(q) + P(q) + c \tag{4-17}$$

mit:
- q: Investitionskosten des Produkts je m² Produkt,
- a: Anteil der Belegung des Produkts an der Innenwand, $a = 0{,}8$,
- A^*: Verhältnis Innenwandfläche zu Bruttogrundfläche, $A^* = 0{,}771$,
- $M(q)$: Barwert der jährlichen Instandhaltungskosten i.H.v. $m = 0{,}6\%$ der Investitionskosten,
- $W(q)$: Barwert der jährlichen Wartungs- und Inspektionskosten i.H.v. $w = 0{,}1\%$ der Investitionskosten,
- $P(q)$: Barwert der jährlichen Reinigungskosten entsprechend den Vorgaben des Steckbriefs (4 Reinigungen jährlich, Reinigungsaufwand: $0{,}004\ h/m^2$, $15\ €\ \mathrm{Personalkosten/h}$) [39].

Der Startwert der Parametervariation entspricht den angenommenen Investitionskosten und liegt bei $150\ €/m^2_{Bauteil}$ (vgl. Ziffer 4.2). Der konstante Summand c des Indikatormodells wird mit $2.789\ €/m^2_{BGF}$ so gewählt, dass das Indikatormodell für den Startwert der Parametervariation einer Bewertung von 5 Punkten (50% der Maximalbewertung) entspricht. Es gilt:

$$W_{16}(R_0) = 50\% \ \rightarrow\ R(q_0) = 2.900\ €/m^2_{BGF} \tag{4-18}$$

Die Kenndaten und Ergebnisse der Parametervariation sind in Tabelle 4-4 aufgeführt. Während für R(q) eine Veränderung von 1,86% (Produkteigenschaft Investi-

tionskosten werden um 50% reduziert) ermittelt werden, ergibt sich für das Bewertungsergebnis keine Veränderung. Dieser Umstand ist auf die nicht-lineare, stufenweise Bewertungsfunktion zurückzuführen. Sie hat zur Folge, dass sich das Bewertungsergebnis des Indikators in zehn Stufen um jeweils 1,35% (der Gesamtbewertung) verändert.

Um die Bedeutung dieser Stufenfunktion zu illustrieren, stellt Tabelle 4-5 die Kenndaten und Ergebnisse der Parametervariation dar, bei der das Startergebnis der Parametervariation um $1\ €/\mathrm{m}^2_{\mathrm{BGF}}$ erhöht wurde. Bei der Parametervariation wird eine Bewertungsstufe überschritten und ein Ergebnis ist darstellbar. In diesem Fall wird ein Gesamt-Einfluss der Produkteigenschaft Investitionskosten von 1,35% ermittelt.

Die Berechnung der Elastizität erfolgt für die Ausgleichsgerade der Stichprobenelemente. Die Parametervariation wird für jedes Element der gleichverteilten Stichprobe durchgeführt. Für jedes Element, bei dem die Parametervariation eine Stufe übersteigt, beträgt der Gesamt-Einfluss 1,35%, in den übrigen Fällen 0%. Der mittlere Einfluss ist gleich dem Verhältnis der Zahl der beeinflussten Stichprobenelemente zum Gesamtumfang der Stichprobe. Dieses Verhältnis entspricht aufgrund der Gleichverteilung der Stichprobe dem Verhältnis von Δq zur Breite jeder Stufe (äquidistante Stufen) und beträgt 30%. Zur Berechnung der Elastizität wird Zeile 6 in Tabelle 4-5 mit diesem Wert multipliziert. Da die Elastizität vom Ausgangspunkt der Variation abhängt, wird der mittlere Wert der Ausgangspunkte genutzt. Die resultierende mittlere Elastizität der Ausgleichsgeraden beträgt 0,12 (Tabelle 4-5, Zeile 7).

Tabelle 4-4 Kenndaten der Parametervariation mit Variations-Ergebnissen für den Indikator Lebenszykluskosten.

Zeile			K 16 Lebenszykluskosten	
1	Startwert d. Parametervariation	q_0	150,00	€ / m² Bauteil
2	Start-Ergebnis d. Parametervariation	R_0	2.900,00	€ Barwert / m² BGF
3	Bester Wert d. optimierenden Variation (Startwert -50%)	$0{,}5*q_0 = q_{best}$	75,00	€ / m² Bauteil
4	Bestes Ergebnis der optimierenden Variation	$R(0{,}5*q_0) = R_{best}$	2.846,05	€ Barwert / m² BGF
5	bewertetes, nicht-gewichtetes Ergebnis d. Variation	$W_{k,\Delta}(R_{best}-R_0)$	0,00	%
6	Indikator-Ergebnis (gewichtet) d. Variation, gesamte Stichprobe	$E_{k,\Delta+}$	0,00	%
7	Elastizität von q in Bezug auf das Indikator-Ergebnis	$\varepsilon_k(E_{k,\Delta+})$	-	-

Tabelle 4-5 Kenndaten und Ergebnisse der Parametervariation des Indikators Lebenszykluskosten bei Überschreiten einer Stufe.

Zeile			K 16 Lebenszykluskosten	
1	Startwert d. Parametervariation	q_0	150,00	€ / m² Bauteil
2	Start-Ergebnis d. Parametervariation	R_0	2.901,00	€ Barwert / m² BGF
3	Bester Wert d. optimierenden Variation (Startwert -50%)	$0{,}5*q_0 = q_{best}$	75,00	€ / m² Bauteil
4	Bestes Ergebnis der optimierenden Variation	$R(0{,}5*q_0) = R_{best}$	2.847,05	€ Barwert / m² BGF
5	bewertetes, nicht-gewichtetes Ergebnis d. Variation	$W_{k,\Delta}(R_{best}-R_0)$	10,00	%
6	Indikator-Ergebnis (gewichtet) d. Variation, gesamte Stichprobe	$E_{k,\Delta+}$	0,40	%
7	Elastizität von q in Bezug auf das Indikator-Ergebnis, ges. Stichprobe	$\varepsilon_k(E_{k,\Delta+})$	0,0081	-

4.5.3 K 21.1 Akustischer Komfort – Einzel- und Mehrpersonenbüros bis zu einer Fläche von 40 m² (Typ E-Indikator)

Der Indikator *K 21.1 Akustischer Komfort – Einzel- und Mehrpersonenbüros bis zu einer Fläche von 40 m²* ist einer von vier Indikatoren des Kriteriums *Akustischer Komfort*. Alle vier Indikatoren bewerten die Nachhallzeit für einzelne Raumtypen. Während die übrigen drei Indikatoren für eine Optimierung des Wandabsorbers keine Relevanz besitzen (vgl. Ziffer 4.4), kann die Parametervariation für den genannten Indikator K 21.1 dargestellt werden.

Die eigentliche Funktion des Wandabsorbers ist die Reduktion der Nachhallzeit in Räumen mit schlechter akustischer Qualität und überwiegenden Schallreflexionen an den Wänden. Bewertet wird die berechnete oder gemessene Nachhallzeit in einem oder mehreren Büroräumen (< 40 m²) des Gebäudes. Das Indikatormodell nutzt die Formel zur Berechnung der Nachhallzeit nach SABINE [54, 75] (Gleichung (4-19)). Die Nachhallzeit wird laut Indikator-Definition [41] als arithmetischer Mittelwert der Nachhallzeiten der Oktavbänder bei 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz und 4 kHz berechnet.

$$T = 0{,}163 \cdot \frac{V}{A} \tag{4-19}$$

mit: V: gesamtes Raumvolumen $[\mathrm{m}^3]$,
T: Nachhallzeit in $[\mathrm{s}]$,
A: äquivalente Schallabsorptionsfläche $[\mathrm{m}^2]$.

Die maßgebliche Produkteigenschaft, die Gegenstand der Parametervariation ist, ist der Schallabsorptionsgrad des Wandabsorbers. Da die Nachhallzeit für die einzelnen Oktavbänder separat berechnet wird, werden die Schallabsorptionsgrade in Relation zu den Startwerten einheitlich variiert. Der akustische Komfort hat gegenüber anderen Indikatoren die Besonderheit, dass der Wandabsorber die Verbesserung der Nachhallzeit als Produktfunktion hat. Hinzu kommt, dass die Indikator-Definition einen besten Wert vorgibt, der (theoretisch) allein durch die Verbesserung der Eigenschaften des Wandabsorbers erreicht werden kann. Dies hat zur Folge, dass die Produkteigenschaft „Schallabsorptionsgrad“ nicht zwingend um 50% variiert werden muss, um möglichst aussagekräftige Erkenntnisse zu gewinnen. Vielmehr kann für diesen Indikator analog den Typ D-Indikatoren der maxima-

le Wert für die Produkteigenschaft direkt ermittelt werden. In der Konsequenz lässt sich für die Optimierung der Produkteigenschaft eine konkrete Strategie ableiten.

Für die Demonstration der Methode werden an dieser Stelle beide Strategien verfolgt. So werden die Ergebnisse – Nachhallzeiten, nicht-gewichtete, bewertete Indikatorergebnisse, Gesamt-Einfluss der Produkteigenschaft Schallabsorptionsgrad und Elastizität der Produkteigenschaft in Bezug auf den Gesamt-Einfluss – für den Fall der 50%-Variation (Bezeichnung mit dem Index „best“) und für den Fall der besten Indikatoren-Bewertung (Bezeichnung mit dem Index „ideal“) berechnet.

Die in Gleichung (4-19) auftretende äquivalente Schallabsorptionsfläche (Gleichung (4-20)) nach DIN 18041:2004 [54] besteht aus drei Summanden:

$$A = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \cdot S_i + \sum_{j=1}^{k} A_j + 4 \cdot m \cdot V \tag{4-20}$$

mit: α_i: Schallabsorptionsgrad der Teilflache S_i,

A_j: äquivalente Schallabsorptionsflache nicht flächenhafter Materialien, Gegenstände (z. B. Stühle) und Personen innerhalb des Raumes $[\mathrm{m}^2]$, im Indikatormodell $= 0$,

m: Dämpfungskonstante der Luft nach DIN EN 12354-6:2002-03, Tab. 1, $[\mathrm{m}^{-1}]$,

V: gesamtes Raumvolumen $[m^3]$.

Der erste Summand fasst die mit dem Schallabsorptionsgrad gewichteten Teilflächen der Raum-Einhüllung zusammen. Der zweite Summand berechnet äquivalente Schallabsorptionsflächen für Einrichtungsgegenstände und Personen und hat für das Indikatormodell keine Relevanz, da die Berechnung der Nachhallzeit laut Indikatoren-Definition für den leeren Raum zu erfolgen hat [41]. Der dritte Summand repräsentiert die Schalldämpfung durch die Luft. Die Dämpfungskonstante m wird DIN EN 12354-6:2002 [53] entnommen. Aus den in [53] (Tab. 1) vorliegenden Dämpfungskonstanten für unterschiedliche Temperaturen und relative Luftfeuchte-Werte werden für das Indikatormodell die Werte für eine Umgebungstemperatur von 20°C und 50 – 70% rel. Feuchte genutzt (Tabelle 4-6). Aus den beiden Gleichungen lässt sich das Indikatormodell R(q) herleiten, wobei der Schallabsorptionsgrad $\alpha_{Absorber,u}$ je Oktavband u des Wandabsorbers die zu variierende Pro-

dukteigenschaft q darstellt. Das Indikatorergebnis R ist die über die Oktavbänder gemittelte Nachhallzeit T (Gleichung (4-21)):

$$R(q) = T = 0{,}163 \cdot \frac{V}{\frac{1}{6} \cdot \sum_{u=1}^{6} \left(\sum_{i=1}^{n} \alpha_{i,u} \cdot S_i + 4 \cdot m_u \cdot V \right)} \tag{4-21}$$

mit: $\alpha_{i,u}$: Schallabsorptionsgrad im Oktavband u der Teilfläche S_i, dabei $\alpha_{Absorber,u} = q$: Schallabsorptionsgrad des Absorbers im Oktavband u.

Tabelle 4-6 Dämpfungskonstanten der Luft je Oktavband nach DIN EN 12354-6:2002, Tab. 1 für 20°C und eine rel. Luftfeuchte von 50 – 70%.

Oktavband u	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Dämpfungs-konstante m_u [m^{-1}]	0,0001	0,0003	0,0006	0,0010	0,0017	0,0041

Für die Berechnung der Nachhallzeit sind neben den Kennwerten für den Wandabsorber (Schallabsorptionsgrad und Bauteilfläche) Informationen über die verbleibenden raumeinhüllenden Flächen erforderlich. Hierfür wird ein Referenz-Raum festgelegt. Für die Parametervariation wird von umhüllenden Flächen mit geringen raumakustischen Eigenschaften ausgegangen. Der Referenzraum hat eine Grundfläche von 30 m² und Seitenwände mit einer Höhe von 3 m, von denen eine Seite eine Außenwand mit Fensterband darstellt. Das Fensterband nimmt einen Anteil der Außenwand von 40% ein. Der betrachtete Absorber belegt 40% der Flächen aller Innenwände. Tabelle 4-7 stellt die angenommenen Materialien der Hüllflächen des Referenzraumes und die [53] entnommenen Werte für die jeweiligen Schallabsorptionsgrade in den Oktavbändern dar. Die dokumentierte Produkteigenschaft (Startwert der Parametervariation) Schallabsorptionsgrad des Wandabsorbers ist unter Ziffer 4.2 aufgeführt.

Tabelle 4-7 Flächen des Referenzraumes (ohne Wandabsorber) mit entsprechenden Schallabsorptionsgraden.

Art d. Fläche	Fläche S_i [m²]	$\alpha_{i,125Hz}$	$\alpha_{i,250Hz}$	$\alpha_{i,500Hz}$	$\alpha_{i,1000Hz}$	$\alpha_{i,2000Hz}$	$\alpha_{i,4000Hz}$
Fenster	7,20	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02
Decke: Beton	30,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
Harter Bodenbelag (Parkett…)	30,00	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06
Wände: Mauerwerk verputzt	39,60	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03

Die resultierende über die Oktavbänder gemittelte Nachhallzeit (einschließlich Absorber), der Startwert der Parametervariation, beträgt $R_0 = 0{,}95\ s$. Dies entspricht einer nicht-gewichteten Bewertung von 25 von 35 möglichen Punkten. Es gilt: $W_{21.1}(R_0) = 71{,}4\%$. Die Bewertungsfunktion des Indikators sieht vier Stufen (0, 15, 25 und 35 Punkte) vor.

Die Ergebnisse der Parametervariation werden für zwei Fälle berechnet. Der erste Fall, für den die Kenndaten in Tabelle 4-8 angegeben sind, beschreibt die Parametervariation um $q_0 + 50\%$:

Zeile 1 beider Tabellen gibt die Ausgangswerte für den Schallabsorptionsgrad des Wandabsorbers je Oktavband an.

Zeile 2 enthält die entsprechenden Nachhallzeiten.

Zeilen 3 und 4 dokumentieren den ersten Schritt der Variation, bei dem alle Absorptionsgrade um + 50% bis maximal zum Wert 1,0 variiert werden (theoretische technische Grenze[50]).

---

[50] Bei Messungen können aufgrund „ungenauer inhärenter Annahmen“ bezüglich der Absorptionsgrade nach SABINE Werte größer 1 gemessen werden. Zur Vorhersage der Dämpfung der Nachhallzeit wird die Rundung auf 1 empfohlen. [82]

Zeile 5 gibt die Abweichung der Nachhallzeit des Oktavbands von der mittleren Nachhallzeit an. Die Indikatoren-Definition fordert, dass diese Abweichungen < 30% sein müssen, andernfalls werden 7 bzw. 15 Punkte (Nachhallzeit in einem Oktavband mit mehr als 50% Abweichung vom Mittelwert) vom Bewertungsergebnis abgezogen.

- Zeilen 7 bis 9 stellen den zweiten Schritt der Optimierung dar, bei dem der Absorptionsgrad des zu stark abweichenden Oktavbands um weitere 50% optimiert wird.
- In Zeile 9 ist dargestellt, dass das resultierende Ergebnis im 125 Hz-Band um weniger als 30% vom Mittelwert abweicht.
- Die Zeilen 10 bis 12 stellen die resultierenden Ergebnisse dar.

Nicht-gewichtet konnte das Ergebnis um 28,6% verbessert werden, was einem Gesamt-Einfluss des Schallabsorptionsgrads von 0,07% entspricht. Die Elastizität hat einen Wert von 0,00171.

Mit dieser Parametervariation aus Tabelle 4-8 wird nicht automatisch die bestmögliche Bewertung für den Indikator erzielt. Die Parametervariation, mit der die bestmögliche Bewertung erzielt wird, darüber hinaus jedoch keine weitere Optimierung berücksichtigt, ist mit ihren Kenndaten und Ergebnissen in Tabelle 4-9 zusammengefasst.

Da die Optimierung der Schallabsorptionsgrade der einzelnen Oktavbänder direkt von der raumakustischen Situation abhängt, wird die Parametervariation ausschließlich im Kontext des beschriebenen Referenzraums durchgeführt.

Tabelle 4-8 Kenndaten und Ergebnisse für die Parametervariation mit einer 50%-Verbesserung (Index „best“) gegenüber dem Startwert.

Zeile			K 21.1 Akustischer Komfort - Büros bis 40 m²						
1	Startwert d. Parametervariation	q_0	$\alpha_{Absorb.,Mittel}$	$\alpha_{Absorb.,125Hz}$	$\alpha_{Absorb.,250Hz}$	$\alpha_{Absorb.,500Hz}$	$\alpha_{Absorb.,1000Hz}$	$\alpha_{Absorb.,2000Hz}$	$\alpha_{Absorb.,4000H}$
			0,69	0,40	0,70	0,60	0,79	0,75	0,90
2	Start-Ergebnis d. Parametervariation	R_0 [s]	T_{Mittel}	T_{125Hz}	T_{250Hz}	T_{500Hz}	T_{1000Hz}	T_{2000Hz}	T_{4000Hz}
			0,95	1,49	0,93	1,05	0,78	0,81	0,64
3	Bester Wert d. optimierende Variation (Startwert -50%) (50%-Optimierung, 1. Schrit	$1,5*q_0 = q_{best}$	$\alpha_{Absorb.,Mittel}$	$\alpha_{Absorb.,125Hz}$	$\alpha_{Absorb.,250Hz}$	$\alpha_{Absorb.,500Hz}$	$\alpha_{Absorb.,1000Hz}$	$\alpha_{Absorb.,2000Hz}$	$\alpha_{Absorb.,4000H}$
			0,92	0,60	1,00	0,90	1,00	1,00	1,00
4	**Bestes Ergebnis der optimierenden Variation (50% Optimierung, 1. Schritt)**	$R(1,5*q_0) = R_{best}$	T_{Mittel}	T_{125Hz}	T_{250Hz}	T_{500Hz}	T_{1000Hz}	T_{2000Hz}	T_{4000Hz}
			0,73	**1,07**	**0,68**	**0,74**	**0,64**	**0,64**	**0,59**
5	Abweichung vom Mittelwert		-	46,9%	-6,2%	2,0%	-11,5%	-12,2%	-18,9%
6	Umfang der Variation (50%-Optimierung, 1. Schritt)		150	%	Die in diesem Maß vorgenommene Parametervariation führt mit den Wer aus Zeile 3 zu den Ergebnissen aus Zeile 4.				
7	Optimierung einzelner Oktavbänder: Wert q der 50% Optimierung (2. Schritt)	q'_{best}	$\alpha_{Absorb.,Mittel}$	$\alpha_{Absorb.,125Hz}$	$\alpha_{Absorb.,250Hz}$	$\alpha_{Absorb.,500Hz}$	$\alpha_{Absorb.,1000Hz}$	$\alpha_{Absorb.,2000Hz}$	$\alpha_{Absorb.,4000H}$
			0,97	0,90	1,00	0,90	1,00	1,00	1,00
8	**Ergebnis der 50%-Optimierung der Oktavbänder (2. Schritt)**	$R(q'_{best})=R'_{best}$	T_{Mittel}	T_{125Hz}	T_{250Hz}	T_{500Hz}	T_{1000Hz}	T_{2000Hz}	T_{4000Hz}
			0,74	**0,75**	**0,68**	**0,74**	**0,64**	**0,64**	**0,59**
9	Abweichung vom Mittelwert nach Optimierun der Oktavbänder		-	***-0,9%***	-10,2%	-2,3%	-15,2%	-15,9%	-22,3%
10	bewertetes, nicht-gewichtete Ergebnis d. Variation	$W_{k,\Delta}(R_{best}-R_0)$	28,57	%					
11	Indikator-Ergebnis (gewichte d. Variation	$E_{k,\Delta+}$	0,07	%					
12	Elastizität von q in Bezug au das Indikator-Ergebnis	$\varepsilon_k(E_{k,\Delta+best})$	0,00171	-					

Die „ideale“ Optimierung, die zu einer bestmöglichen Bewertung des Indikators führt, jedoch keine weitere Optimierung berücksichtigt, wird in Tabelle 4-9 beschrieben. Gegenüber Tabelle 4-8 können Unterschiede erkannt werden: die Optimierung aller Schallabsorptionsgrade erfolgt nur um 24% (Zeile 16), da eine weitere Optimierung aller Oktavbänder keine Ergebnisverbesserung zur Folge hätte. Der anschließende 2. Schritt der Optimierung erhöht den Schallabsorptionsgrad im 125 Hz-Band so weit, dass die Abweichung vom Mittelwert gerade unter 30% sinkt. Das entsprechende nicht-gewichtete, bewertete Ergebnis beträgt ebenfalls 28,6%, was einem Gesamt-Einfluss des Schallabsorptionsgrads von 0,07% der Gebäudebewertung entspricht. Die Elastizität beträgt für diesen Fall 0,00273, da die Ergeb-

nisverbesserung mit einer geringeren Veränderung der Schallabsorptionsgrade erzielt werden konnte.

Mit den erhaltenen Werten für den Schallabsorptionsgrad der einzelnen Oktavbänder kann die Optimierungsstrategie beschrieben werden. Die beiden Schritte dieser Strategie sind in Abbildung 4-2 und Abbildung 4-3 abgebildet.

Tabelle 4-9 Kenndaten und Ergebnisse für die Parametervariation mit dem Ziel einer bestmöglichen Bewertung („ideale“ Optimierung).

Zeile			K 21.1 Akustischer Komfort - Büros bis 40 m²						
1	Startwert d. Parametervariation	q_0	$\alpha_{Absorb.,Mittel}$	$\alpha_{Absorb.,125Hz}$	$\alpha_{Absorb.,250Hz}$	$\alpha_{Absorb.,500Hz}$	$\alpha_{Absorb.,1000Hz}$	$\alpha_{Absorb.,2000Hz}$	$\alpha_{Absorb.,4000Hz}$
			0,69	0,40	0,70	0,60	0,79	0,75	0,90
2	Start-Ergebnis d. Parametervariation	R_0 [s]	T_{Mittel}	T_{125Hz}	T_{250Hz}	T_{500Hz}	T_{1000Hz}	T_{2000Hz}	T_{4000Hz}
			0,95	1,49	0,93	1,05	0,78	0,81	0,64
13	Wert q der idealen Optimierung (1. Schritt)	q_{ideal}	$\alpha_{Absorb.,Mittel}$	$\alpha_{Absorb.,125Hz}$	$\alpha_{Absorb.,250Hz}$	$\alpha_{Absorb.,500Hz}$	$\alpha_{Absorb.,1000Hz}$	$\alpha_{Absorb.,2000Hz}$	$\alpha_{Absorb.,4000Hz}$
			0,84	0,50	0,87	0,74	0,98	0,93	1,00
14	**Ergebnis der idealen Optimierung (1. Schritt)**	$R(q_{ideal})=R_{ideal}$	T_{Mittel}	T_{125Hz}	T_{250Hz}	T_{500Hz}	T_{1000Hz}	T_{2000Hz}	T_{4000Hz}
			0,80	**1,25**	**0,77**	**0,88**	**0,66**	**0,68**	**0,59**
15	Abweichung vom Mittelwert		-	55,6%	-3,8%	8,8%	-18,5%	-15,6%	-26,6%
16	Umfang der Variation (ideale Optimierung, 1. Schritt)		124	%	Die in diesem Maß vorgenommene Parametervariation führt mit den Werten aus Zeile 13 zu den Ergebnissen aus Zeile 14.				
17	Optimierung einzelner Oktavbänder: Wert q' der idealen Optimierung (2. Schritt)	q'_{ideal}	$\alpha_{Absorb.,Mittel}$	$\alpha_{Absorb.,125Hz}$	$\alpha_{Absorb.,250Hz}$	$\alpha_{Absorb.,500Hz}$	$\alpha_{Absorb.,1000Hz}$	$\alpha_{Absorb.,2000Hz}$	$\alpha_{Absorb.,4000Hz}$
			0,86	0,66	0,87	0,74	0,98	0,93	1,00
18	**Ergebnis der idealen Optimierung der Oktavbänder (2. Schritt)**	$R(q'_{ideal})=R'_{ideal}$	T_{Mittel}	T_{125Hz}	T_{250Hz}	T_{500Hz}	T_{1000Hz}	T_{2000Hz}	T_{4000Hz}
			0,76	**0,99**	**0,77**	**0,88**	**0,66**	**0,68**	**0,59**
19	Abweichung vom Mittelwert nach Optimierung der Oktavbänder		-	***29,8%***	1,8%	15,1%	-13,7%	-10,7%	-22,3%
20	bewertetes, nicht-gewichtetes Ergebnis d. Variation	$W_{k,\Delta}(R_{ideal}-R_0)$	28,57	%					
21	Indikator-Ergebnis (gewichtet) d. Variation	$E_{k,\Delta+}$	0,07	%					
22	Elastizität von q in Bezug auf das Indikator-Ergebnis	$\varepsilon_k(E_{K,\Delta+})$	0,00273	-					

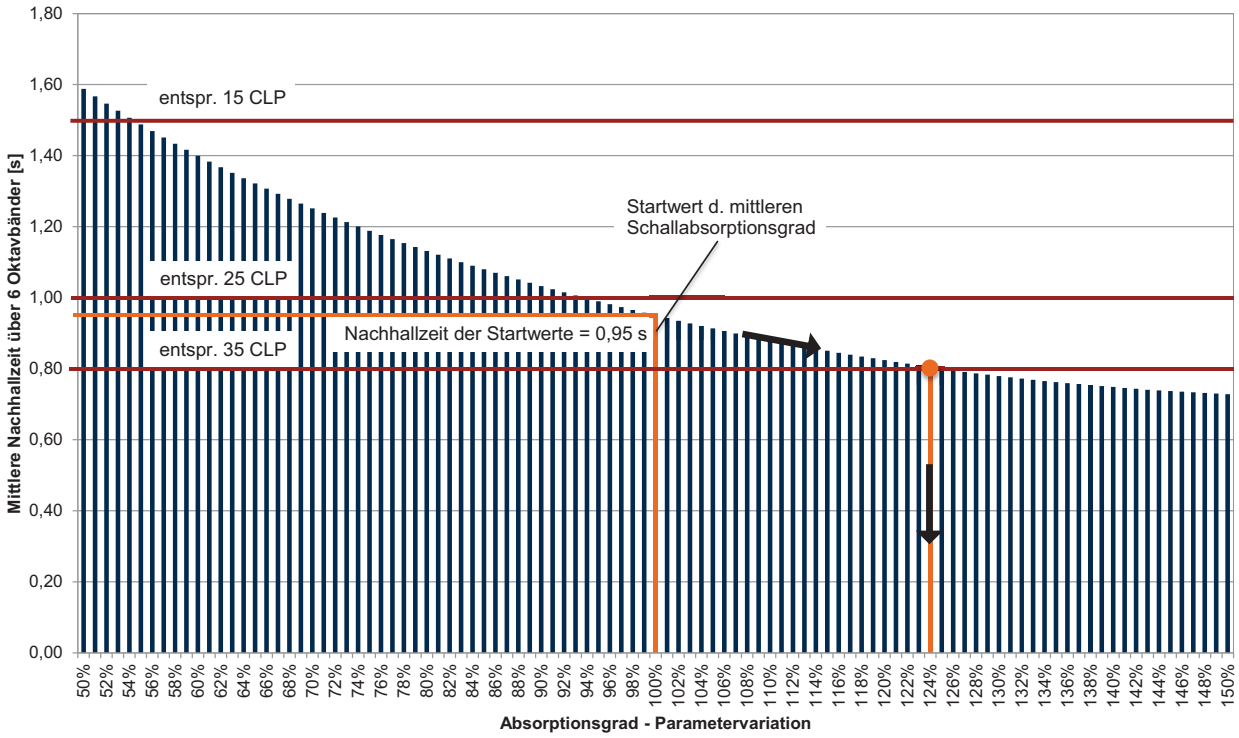


Abbildung 4-2 Schritt 1 der Optimierung der Produkteigenschaft Nachhallzeit mit dem Ziel der bestmöglichen Bewertung: Reduktion der mittleren Nachhallzeit unter den Wert 0,8 s.

Diese Optimierungsstrategie kommt in der praktischen Umsetzung an Grenzen. Sie fordert Schall-Absorptionsgrade von 1,0, was praktisch nur schwierig oder nicht zu erreichen ist. In der Planungspraxis steht dem Planer die Fläche des Produkts, also der Produkteinsatz als weiterer Parameter zur Verfügung. Mit der Erhöhung der Fläche des Wandabsorbers kann der gleiche Effekt erzielt werden wie mit der Erhöhung des Schallabsorptionsgrads. Da es sich dabei um einen produktunabhängigen Planungsparameter handelt, erfährt dieser Parameter in dieser Arbeit keine weitere Berücksichtigung. Für die praktische Produktoptimierung ist die Möglichkeit des Planers zu berücksichtigen, ein Produkt mit geringeren Schallabsorptionsgraden zu wählen und durch mehr Belegung der Wände mit dem Produkt das gewünschte raumakustische Ergebnis zu erzielen.

Die Optimierung der Schallabsorptionsgrade einzelner Oktavbänder kann nicht einfach durch eine planerische Entscheidung kompensiert werden. Diese Optimierung

stellt ein tatsächliches Verbesserungspotenzial für den betrachteten Wandabsorber dar.

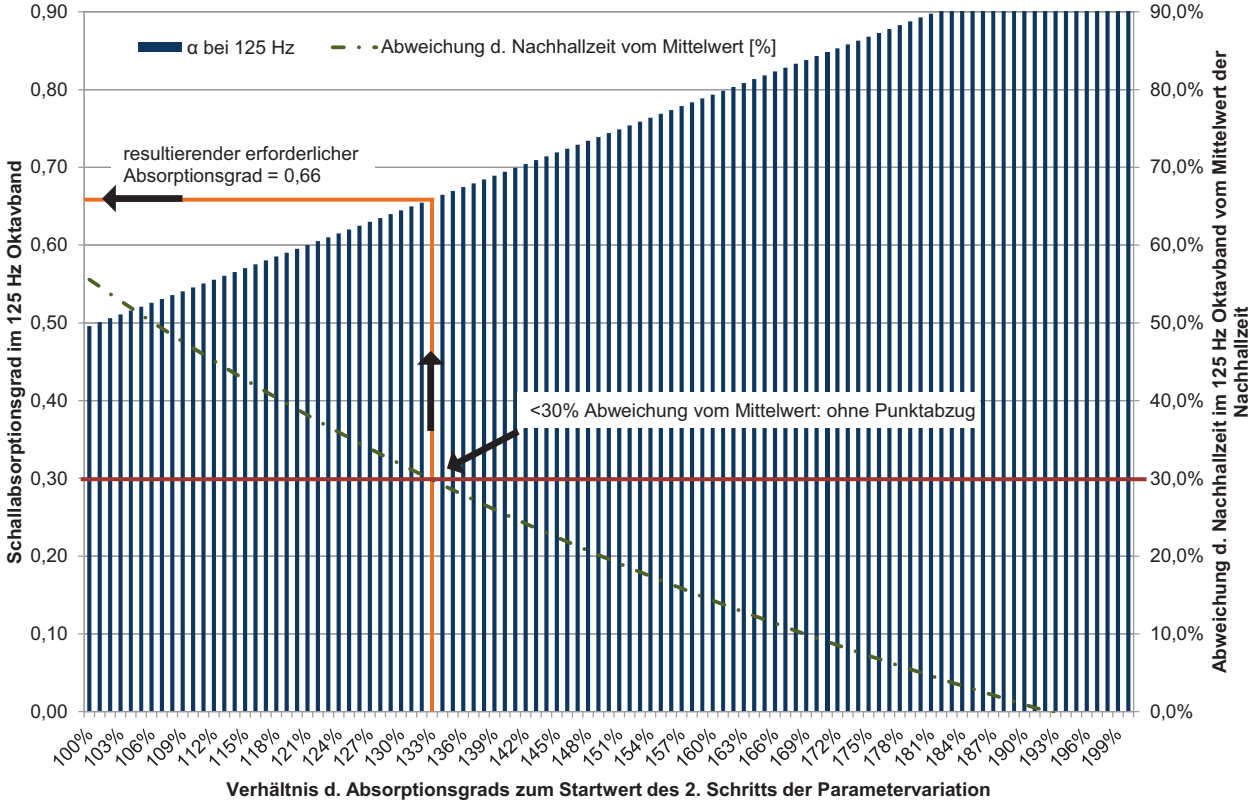


Abbildung 4-3 Schritt 2 der Optimierung der Produkteigenschaft Nachhallzeit mit dem Ziel der bestmöglichen Bewertung: Erhöhung des Absorptionsgrads im 125 Hz-Band , um in allen Oktavbändern eine Abweichung von weniger als 30% vom Mittelwert zu erhalten.

4.5.4 K 26 – Barrierefreiheit (Typ D-Indikator)

Der Indikator *K 26 Barrierefreiheit* bewertet, in welchem Umfang das Gebäude für alle Menschen zugänglich ist, unabhängig davon ob motorische, kognitive oder andere Einschränkungen vorliegen. Dabei wird auf die Norm DIN 18040-1:2010 Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen – Teil 1: Öffentlich zugängliche Gebäude [58] zurückgegriffen. Bewertet wird der Grad der Umsetzung und Übererfüllung im Gebäude bzw. der flächenbezogene Anteil der barrierefreien Bereiche im Gebäude.

Der hauptsächliche Einfluss auf den Indikator wird durch Planungsparameter ausgeübt und nicht durch die Auswahl spezifischer Bauprodukte. Allerdings können aus der DIN 18040-1 Anforderungen an Bauprodukte abgeleitet werden. Solche Anforderungen sind in Anhang E ohne Anspruch auf Vollständigkeit (da sich aus speziellen Planungssituationen weitere Anforderungen ergeben können) aufgeführt.

Der Wandabsorber kann in dieser Aufstellung den *Ausstattungselementen* (siehe S. 258) zugeordnet werden. Als relevante Anforderung ergibt sich die Gestaltung bzw. Anbringung des Wandabsorbers unter Berücksichtigung dessen, dass der Absorber visuell kontrastreich und für das Ertasten durch Langstock geeignet ist (durch Herunterreichen auf Boden oder max. 15 cm über dem Boden endet und ergänzt durch einen Sockel ≥ 3 cm, entsprechend den Umrissen des Elements). Die relevante Produkteigenschaft q kann als „Gestaltung entsprechend den Vorgaben der DIN 18040“ beschrieben werden und die Werte „erfüllt“ und „nicht erfüllt“ annehmen.

Die Variation des Parameters nimmt also zwei mögliche Werte an: erfüllt (WAHR) → $W_{26} = 100\%$ oder nicht-erfüllt (FALSCH) → $W_{26} = 0\%$. Da die Anforderungen der DIN 18040 durch das Produkt nicht erfüllt sind ($q_0 = FALSCH$, Produkt hat keinen Kontakt zum Boden, kein Sockel vorhanden), ergibt sich für das nicht-gewichtete, bewertete Ergebnis der Optimierung:

$$W_{26,\Delta^+} = |W_{26}(q_{best}) - W_{26}(q_0)| \cdot B(m1_{PG\ 10.3})_{26} = 100\% \cdot B(m1_{PG\ 10.3})_{26} \qquad (4\text{-}22)$$

.

Entsprechend den Vorgaben aus Ziffer 3.4 ist das nicht-gewichtete, bewertete Ergebnis mit der Bedeutung der Produktgruppe zu gewichten. Die Zuordnungs-Matrix II (Ziffer 4.3.4 bzw. Anhang D) kennzeichnet alle Produktgruppen mit Ausnahme der Grünpflanzen als Teile der Relevanz-Abgrenzung für Bauprodukte gegenüber dem Indikator. Somit ist die Anzahl der Produktgruppen in der Relevanz-Abgrenzung des Indikators $n(m1_{ij})_{26} = 348$. Und Gleichung (3-3) geht in Gleichung (4-23) über. Da es keine alternativen Lösungswege gibt, die Anforderung an den Wandabsorber zu erfüllen (z.B. keine Produktalternativen möglich), existieren keine Nebenbedingungen und es gilt $\gamma = 1$.

$$B(m1_{PG\ 10.3})_{26} = \frac{1}{n(m1_{ij})_{26} \cdot \gamma} = \frac{1}{348 \cdot 1} = 0{,}00287 \tag{4-23}$$

Somit ergibt sich für die nicht-gewichtete Bewertung der Barrierefreiheit:

$$W_{26,\Delta^+} = 100\% \cdot 0{,}00287 = 0{,}287\% \tag{4-24}$$

Entsprechend Gleichung (3-11) ergibt das bewertete Variationsergebnis $E_{26,\Delta}$, das für die betrachtete Produkteigenschaft den Gesamt-Einfluss $E_{(q),\Delta}$ darstellt:

$$E_{26,\Delta^+} = \mathrm{E}_{(q),\Delta} = W_{26,\Delta^+} \cdot \alpha_{26} = 0{,}287\% \cdot 1{,}61\% = 0{,}00463\% \tag{4-25}$$

Die Elastizität der Produkteigenschaft q = „Gestaltung entsprechend den Vorgaben der DIN 18040“ in Bezug auf den Gesamt-Einfluss der Produkteigenschaft wird in Gleichung (4-26) berechnet. Durch die Gewichtung des Einflusses mit der Anzahl der Produktgruppen in der Relevanz-Abgrenzung des Indikators ergibt sich für die Elastizität ein vergleichsweise kleiner Wert:

$$\varepsilon_q = \frac{E_{26,\Delta}}{1} = 4{,}6 \cdot 10^{-5}\ [-] \tag{4-26}$$

4.5.5 K 28.2.1 – Räumliche Struktur: Umsetzbarkeit (Typ D-Indikator)

Der Indikator *Räumliche Struktur: Umsetzbarkeit* bewertet, mit welchem Aufwand Bauteile im Innenbereich insbesondere nicht-tragende Innenwände umgesetzt werden können. Ziel ist es, eine Änderung des Grundrisses, also z.B. der Büro-Aufteilung ohne Einschränkung im laufenden Betrieb vornehmen zu können. Während Trockenbauwände z.B. nicht ohne signifikante Einschränkungen des Betriebs umgesetzt werden können, ist dies für Systemtrennwände möglich.

Der Wandabsorber ist der Produktgruppe *10.3 Systemtrennwände* zugeordnet und an massiven oder Ständer-Innenwänden (Trockenbauwänden) geschraubt befestigt. Damit ist die Umsetzbarkeit (Demontage und neue Montage an einer anderen Wand) ohne Einschränkung im Betrieb möglich und es ergibt sich für den Wandabsorber bereits ohne Optimierung das bestmögliche Bewertungsergebnis. Eine weitere Optimierung ist nicht mehr möglich. Da für dieses Beispiel nur Optimierungen von Produkteigenschaften betrachtet werden, erfolgt für diesen Indikator keine weiterführende Untersuchung.

4.5.6 K 42.1 – Aufwand zur Demontage und K 42.2 – Aufwand zur Trennung (beide Indikatoren Typ E)

Die beiden Indikatoren des Kriteriums *Recyclingfreundlichkeit* bewerten, wie einfach Bauteile im Gebäude demontiert und die Schichten des Bauteils anschließend getrennt werden können. Der Aufwand zur Demontage des Bauteils wird in fünf Stufen von *sehr gering* bis *sehr hoch* beschrieben. Der Aufwand zur Trennung der Schichten eines Bauteils wird in den drei Stufen *Trennung leicht umsetzbar*, *Trennung mit geringem Aufwand* und *Trennung nicht unter vertretbarem Aufwand möglich* dargestellt. Für die Bewertung werden den Bauteilen Stufen für Demontage und Trennung zugewiesen. Jede Stufe entspricht einer festgelegten Punktzahl und einem Bewertungsergebnis wie in Abbildung 4-4 dargestellt.

Da die Bewertung mit der Anzahl der Ausbauelemente gemittelt wird, ist das gewichtete Ergebnis direkt von der Anzahl der vorhandenen Ausbauelemente abhängig. Für die Parametervariation wurden zwei Ausbauelemente – der Wandabsorber und die Innenwand, an der der Wandabsorber befestigt ist – betrachtet. Darüber hinaus werden die Ergebnisse für verschiedene Bereiche des Gebäudes – tragender Rohbau, nichttragender Rohbau, Ausbauelemente und Technische Gebäudeausstattung – separat bestimmt und anschließend gemittelt. Somit erhält der Bereich Ausbauelemente, in den der Wandabsorber eingeordnet wurde ein Gewicht von 25%.

Der Wandabsorber wird – analog zum Indikator *Umsetzbarkeit* (Ziffer 4.5.5) – als sehr leicht demontierbar klassifiziert und erhält die maximal mögliche Bewertung. Eine weitere Optimierung im Indikator *K 42.1 Aufwand zur Demontage* ist nicht möglich. Da die Mineralwolle des Absorbers mit der Glasplatte verklebt ist, wird der Aufwand zur Trennung als *mit geringem Aufwand* festgelegt.

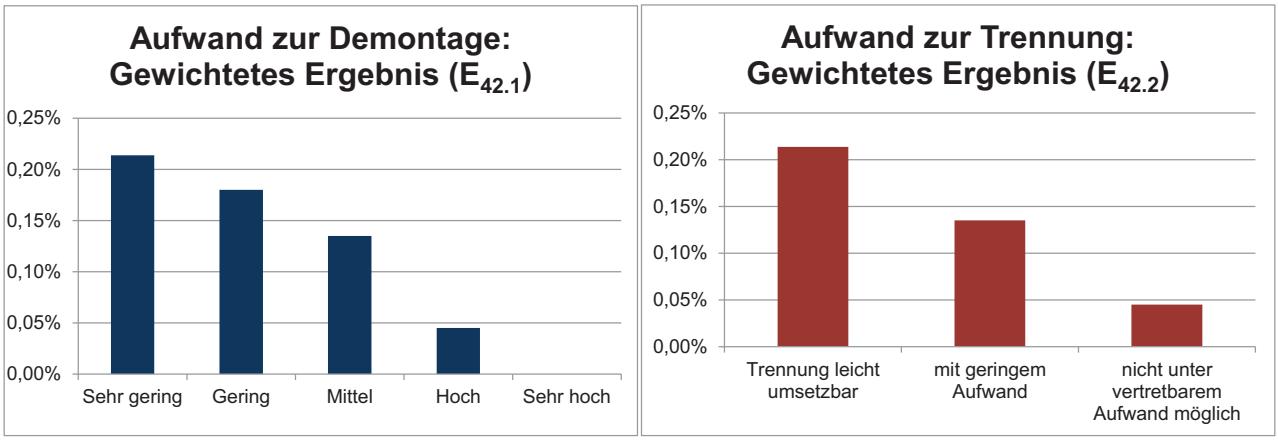


Abbildung 4-4 Bewertungsstufen der Indikatoren der Recyclingfähigkeit mit gewichteten Ergebniswerten für das gewählte Szenario (2 Ausbau-Elemente).

Die Bewertungsstufen und einzelnen Ergebnisschritte sind in Tabelle 4-10 dargestellt. Dieser Aufstellung kann das nicht-gewichtete[51] Bewertungsergebnis für den Aufwand zur Trennung entnommen werden: $W_{42.2,\Delta^+} = 4{,}61\%$. Die Berechnung des gewichteten Indikatorergebnisses ergibt $E_{42.2,\Delta^+} = 0{,}0788\%$. Um abschließend die Elastizität berechnen zu können, müssen den Elementen der Stufen für den Aufwand zur Trennung kardinale Werte zugewiesen werden. Hierfür wird auf die Zuordnung von Checklistenpunkten wie im ersten Bewertungsschritt zurückgegriffen. Für den Term $\Delta q/q_0$ werden also die Werte der Spalte „CLP“ aus Tabelle 4-10 genutzt. Damit ergibt sich:

$$\begin{aligned} q_0 &= 24\ CLP \\ \Delta q &= q_{best} - q_0 \\ &= 38\ CLP - 24\ CLP = 14\ CLP \end{aligned} \tag{4-27}$$

Die Elastizität des Aufwands zur Trennung schließlich ist in Gleichung (4-28) dargestellt:

---

[51] Wie für alle anderen Indikatoren und entsprechend den Definitionen in Kap. 3 ist hier die Gewichtung mit dem Indikatorgewicht im Gebäudebewertungs-System zu verstehen. Das Ergebnis für den Indikator wurde unabhängig davon mit zwei Gewichtungsschritten (Anzahl Ausbauelemente und vier Bereiche mit ¼ des Bewertungsgewichts im Indikator) berechnet.

$$\varepsilon_{42.2} = \frac{E_{42.2,\Delta^+}}{14\ CLP/24\ CLP} = \frac{0{,}0788/100}{0{,}583} = 1{,}35 \cdot 10^{-3}\ [-] \tag{4-28}$$

Tabelle 4-10 Bewertungsstufen und Ergebnisse für die Indikatoren des Kriteriums Recyclingfreundlichkeit.

Anzahl (Aus-)Bauelemente	2	*Erläuterung: Produkt wird als eigenes (vorgehängtes) Element betrachtet, die entspr. Innenwand als einziges weiteres Ausbauelement.*

Bewertungsstufen: Aufwand zur Demontage

Bewertungsstufe = q	CLP	Bauteil-Bewertung	$W_{42.1}$	$E_{42.1}$
Sehr gering	38	100%	12,5%	0,21%
Gering	32	84%	10,5%	0,18%
Mittel	24	63%	7,9%	0,14%
Hoch	8	21%	2,6%	0,05%
Sehr hoch	0	0%	0%	0,00%

Bewertungsstufen: Aufwand zur Trennung

Bewertungsstufe = q	CLP	Bauteil-Bewertung	$W_{42.2}$	$E_{42.2}$
Trennung leicht umsetzbar	38	100%	12,5%	0,21%
mit geringem Aufwand	24	63%	7,9%	0,14%
nicht unter vertretbarem Aufwand möglich	8	21%	2,6%	0,05%

Betrachtetes Produkt

Checklistenpunkte Demontage	38	*max. 38*	Demontage: $W_{42.1}(q_0)$	100,00%
Checklistenpunkte Trennung	24	*max. 38*	Trennung: $W_{42.2}(q_0)$	63,16%
Indikatorgewicht Demontage $\alpha_{42.1}$	1,71%			
Indikatorgewicht Trennung $\alpha_{42.2}$	1,71%			

Bewertungsergebnis Indikator Demontage

Indikator-Ergebnis: Bewertung	12,50%
Gewichtetes Ergebnis: $E_{42.1}$	0,21%

Bewertungsergebnis Indikator Trennung

Indikator-Ergebnis: Bewertung	7,89%
Gewichtetes Ergebnis: $E_{42.2}$	0,14%

Parametervariation zur Optimierung: Demontage

Bewertungsergebnis entspricht bereits maximal erreichbarem Ergebnis - weiter Optimierung ist nicht möglich.

Parametervariation zur Optimierung: Trennung

nicht-gewichtetes Ergebnis der Optimierung	$W_{42.2,\Delta+}$	4,61%
Gewichtetes Ergebnis	$E_{42.2,\Delta+}$	0,0788%

4.6 Beispiel 1: Zusammenfassung des Anwendungsbeispiels

Das Beispiel betrachtet einen Akustik-Wandabsorber, bestehend aus einem rauen, perforierten Aluminiumblech und einer angeklebten Mineralwolleauflage. Die mehrstufige Relevanz-Betrachtung führt zum Schluss, dass das Produkt bzw. die Produktgruppe innerhalb der Relevanz-Abgrenzungen von 25 Indikatoren liegt. Von diesen 25 Indikatoren werden elf Indikatoren identifiziert, die für das Produkt keine Relevanz haben, da die konkreten Produkteigenschaften des Wandabsorbers durch diese Indikatoren nicht adressiert werden.

Von den verbleibenden 14 Indikatoren stehen zwei – *K 28.2.1 Räumliche Struktur: Umsetzbarkeit* und *K 42.1 Aufwand zur Demontage* – nicht für weitere Produktoptimierungen zur Verfügung, da mit dem Produkt bereits die bestmögliche Bewertung erzielt wird. Für die übrigen zwölf Indikatoren wurden die gewichteten Indikatorergebnisse und die jeweiligen Elastizitäten der Produkteigenschaften berechnet. Da keine der untersuchten Produkteigenschaften in mehreren Indikatoren variiert wird, entspricht das jeweilige Indikatorergebnis dem Gesamteinfluss der zugehörigen Produkteigenschaft auf die Gebäudebewertung. Diese Gesamteinflüsse der einzelnen Produkteigenschaften stellen zusammengefasst das Optimierungspotenzial des Produkts dar.

Hinsichtlich dieses Optimierungspotenzials ist darauf hinzuweisen, dass im Rahmen einer tatsächlich durchgeführten Optimierung davon ausgegangen werden kann, dass die Produkteigenschaften sich gegenseitig beeinflussen. Das kann bedeuten, dass die Optimierung einer Produkteigenschaft die Veränderung anderer Produkteigenschaften zur Folge hat. Die Betrachtung dieser Abhängigkeiten ist nicht Gegenstand des Beispiels. Allerdings können die Indikatormodelle erweitert werden und diese Abhängigkeiten berücksichtigt werden, wie im zweiten Anwendungsfall beschrieben. Dafür sind Modelle erforderlich, die die Produktherstellung oder den Produktionsprozess mit seinen Parametern ebenfalls beschreiben.

Mit den berechneten Elastizitäten der Produkteigenschaften steht ein Maß zur Verfügung, das eine Priorisierung der Produkteigenschaften als Optimierungsaufgaben zulässt. Tabelle 4-11 stellt die Produkteigenschaften und die jeweilige Elastizität in einer Prioritäten-Liste dar. Aus dieser Liste ergeben sich als vordringliche Optimierungsaufgaben die Reduktion der Investitionskosten, die Verbesserung der

schallabsorbierenden Wirkung und die Verbesserung der Trennbarkeit der Schichten des Bauteils.

Tabelle 4-11 Prioritäten-Liste der Produkteigenschaften, geordnet nach den Elastizitäten der Produkteigenschaften.

Priorität	Produkteigenschaft	Elastizität
1	Investitionskosten je m² Produkt	$8{,}10 \cdot 10^{-3}$
2	Mittlerer Schallabsorptionsgrad[52]	$2{,}73 \cdot 10^{-3}$
3	Aufwand zur Trennung	$1{,}35 \cdot 10^{-3}$
4	Treibhauspotenzial je m² Produkt	$3{,}79 \cdot 10^{-4}$
5	Primärenergiebedarf nicht-ern. je m² Produkt	$1{,}79 \cdot 10^{-4}$
6	Gesamtprimärenergiebedarf je m² Produkt	$8{,}68 \cdot 10^{-5}$
7	Ozonschichtabbaupotenzial je m² Produkt	$6{,}79 \cdot 10^{-5}$
8	Überdüngungspotenzial je m² Produkt	$5{,}96 \cdot 10^{-5}$
9	Versauerungspotenzial je m² Produkt	$5{,}91 \cdot 10^{-5}$
10	Primärenergiebedarf ern. je m² Produkt	$5{,}74 \cdot 10^{-5}$
11	Produktgestaltung gemäß DIN 18040	$4{,}60 \cdot 10^{-5}$
12	Ozonbildungspotenzial je m² Produkt	$2{,}45 \cdot 10^{-5}$

[52] Der hier wiedergegebene Wert entspricht der „idealen“ Optimierung, mit der rechnerisch die maximal mögliche Bewertung erzielt wird und die Schallabsorptionsgrade anschließend nicht weiter verändert werden.

4.7 Beispiel 2: Anwendung der Methode auf Indikatoren für das Treibhauspotenzial

Das zweite Anwendungsbeispiel betrachtet zwei Indikatoren zur Bewertung des Treibhauspotenzials, *GWP/Konstruktion* und *GWP/Betrieb*. Eine Relevanz-Abgrenzung wird nicht erforderlich. Die beiden Indikatoren sind speziell für diesen vierten Anwendungsfall definiert. Einheit ist für beide Indikatoren $[\mathrm{kg\ CO_2\text{-}Äq/m^2_{NGF}a}]$.

Der erste Indikator *GWP/Konstruktion* bewertet das Treibhauspotenzial der Gebäudekonstruktion mit Herstellung, Instandhaltung und End-of-Life. Der zweite Indikator GWP/Betrieb bewertet das Treibhauspotenzial des Gebäudebetriebs. Der Indikator *GWP/Konstruktion* hat ein Indikatorgewicht von 40%, der Indikator *GWP/Betrieb* hat ein Gewicht von 60%.

Für die Konstruktion liegt die bestmögliche Bewertung (10 Punkte) bei einem GWP-Wert von $10\ \mathrm{kg\ CO_2\text{-}Äq/m^2_{NGF}a}$, die schlechteste Bewertung (0 Punkte) bei $50\ \mathrm{kg\ CO_2\text{-}Äq/m^2_{NGF}a}$. Für den Indikator GWP/Betrieb spannt sich die Bewertung zwischen $40\ \mathrm{kg\ CO_2\text{-}Äq/m^2_{NGF}a}$ (10 Punkte) und $180\ \mathrm{kg\ CO_2\text{-}Äq/m^2_{NGF}a}$ (0 Punkte) auf. Beide Bewertungsfunktionen sind linear ohne Knickstelle. Die Bewertungsfunktionen für beide Indikatoren sind in Abbildung 4-5 wiedergegeben.

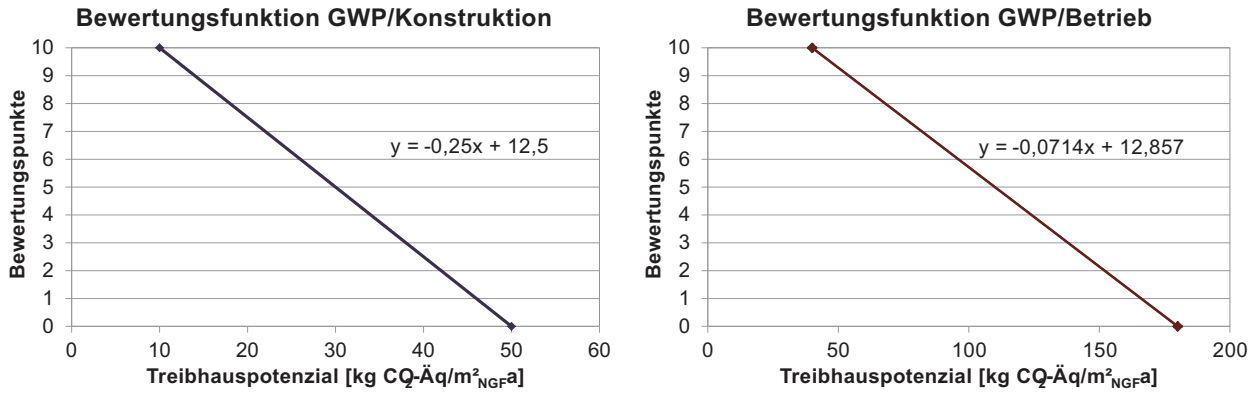


Abbildung 4-5 Bewertungsfunktionen beider Indikatoren des Beispiels.

Das Beispiel analysiert die Frage nach dem für die Bewertung besten Wert der Produkteigenschaft Dämmstoffdicke q. Ein stark vereinfachtes Modell eines Bauwerks wird in der Berechnung des Energiebedarfs nach DIN V 18599 [56] genutzt, um den Bezug zwischen Dämmstoffdicke und Energiebedarf im Betrieb abzubil-

den. Die Berechnung des Energiebedarfs erfolgt mit der Software IBP:18599 [1]. Das vereinfachte Bauwerksmodell stellt einen Würfel mit einer Kantenläge von 4 m dar. Die Hülle des Würfels ist in jeder Orientierung gleich aufgebaut. Der Wandaufbau besteht aus den Schichten (1) Stahlbeton, (2) Armierungsmörtel / Normalmörtel, (3) EPS-Dämmschicht (PS 15, 035) und (4) Oberputz / Putzmörtel (Abbildung 4-6).

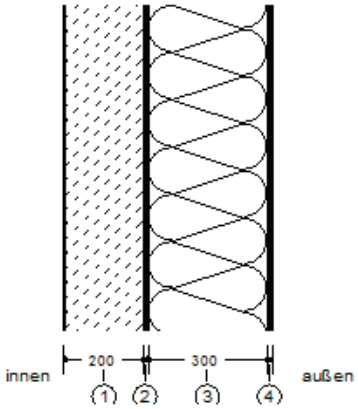


Abbildung 4-6 Einheitlicher Aufbau der Hüllflächen des Würfels im zweiten Anwendungsbeispiel. Die Abbildung ist [1] entnommen.

Die Berechnung des Treibhauspotenzials erfolgt im „Sustainable Building Specifier“ [117]. Für die Berechnung der Treibhauspotenzial-Werte wird für die EPS-Dämmschicht, den Mörtel und den Putz von einer Nutzungsdauer von 20 Jahren bei einem Betrachtungszeitraum von 50 Jahren ausgegangen. Für den Energiebedarf im Betrieb des Bauwerks wird von einer thermischen Raumkonditionierung mit Hilfe eines Gas-Brennwertgerätes mit einem Treibhauspotenzial-Wert von 0,2292 kg CO_2-Äq/kWh Endenergie ausgegangen.

Das Indikatormodell für *GWP/Konstruktion* wird durch Anpassung der Herleitung der Gleichung (4-12) wie folgt entwickelt:

$$R(q) = q \cdot d + c_g \tag{4-29}$$

$$= q \cdot 0{,}245\ \mathrm{kg\ CO_2\text{-}Äq/m^2_{NGF}a} + 12{,}368\ \mathrm{kg\ CO_2\text{-}Äq/m^2_{NGF}a}$$

mit: q: Dämmstoffdicke [cm],

d: Ökobilanz-Wert für die Dämmschicht je cm Dicke,

c_g: konstanter Wert, der den von der Dämmschicht unabhängigen Teil der Gebäudekonstruktion abbildet.

Für den Indikator *GWP/Betrieb* werden die einzelnen Stützstellen des Modells mit Hilfe der Software IBP:18599 berechnet. Der berechnete Endenergie-Bedarfswert wird mit dem oben genannten Treibhauspotenzial-Wert des Brennwertgerätes multipliziert. Näherungsweise kann die Ausgleichsfunktion der Stützstellen als Ersatz-Indikatormodell für den Indikator *GWP/Betrieb* genutzt werden (Abbildung 4-7).

Der Schnittpunkt der Ausgleichskurven stellt einen Ausgleichspunkt dar. Nach dem vorliegenden Berechnungsmodell für den Energiebedarf ergibt eine Dämmstoffdicke oberhalb ca. 77 cm keine weitere ökologische Verbesserung[53]. Zur Bewertung dieses Ergebnisses sei darauf hingewiesen, dass das Bauwerksmodell kein Gebäude im eigentlichen Sinn darstellt, sondern einen Würfel ohne transparente Fassadenteile repräsentiert.

Die Aufwendungen für die Herstellung, Instandhaltung und das End-of-Life des Dämmstoffs erhöhen die Treibhauspotenzial-Werte anschließend wieder. In der Indikatoren-Bewertung, die ein ökologisch vorteilhaftes Ergebnis gut bewertet muss dieser Sachverhalt berücksichtigt werden. Die Indikatoren des Beispiels bewerten dagegen ökologisch weniger vorteilhafte Lösungen ebenfalls positiv.

Bemerkenswert ist, dass im Indikator *GWP/Betrieb* die bestmögliche Bewertung bereits vor Erreichen des Ausgleichspunktes erreicht wird. Dadurch ergeben sich für eine weitere Verbesserung (in diesem Fall für eine Erhöhung der Dämmstoff-Stärke über 50 cm hinaus) keine Anreize durch das Bewertungssystem. Diese nachteiligen Effekte können durch die Festlegung eines integrierenden Indikators, der alle Lebenszyklusphasen aggregiert, vermieden werden.

---

[53] Anzumerken ist, dass ein berechneter Energiebedarf durch unterschiedliches Nutzerverhalten und veränderte Randbedingungen nicht unbedingt den wahren Energieverbrauch abbildet. Die resultierende Unsicherheit kann zur Folge haben, dass der eigentlich anzustrebende Wert für die Dämmstoffdicke deutlich geringer ist.

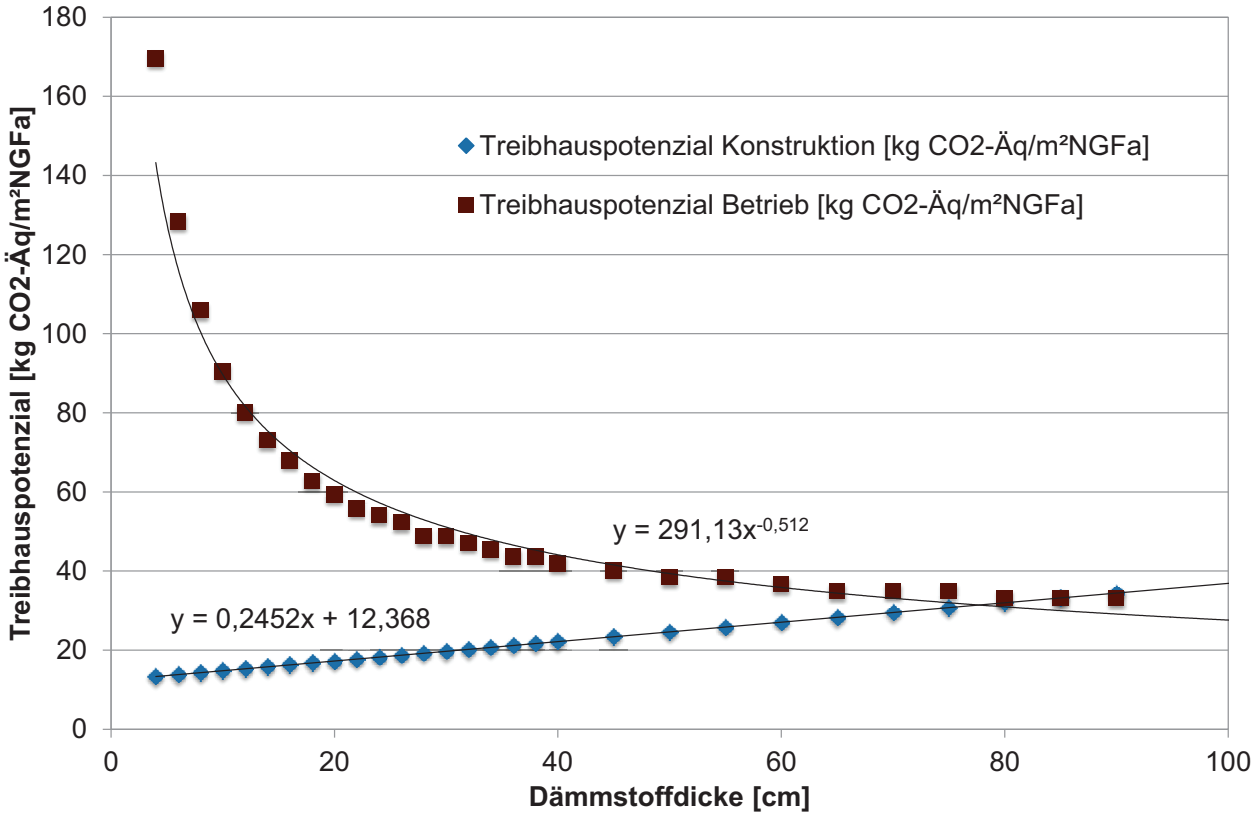


Abbildung 4-7 Indikatormodelle beider Indikatoren. Die Formeln repräsentieren die eingezeichneten Ausgleichskurven.

Werden die linearen Bewertungsfunktionen und die Indikatorgewichtung auf die Indikatorwerte aus Abbildung 4-7 angewendet, lassen sich die bewerteten und gewichteten Indikatorergebnisse berechnen. Da beide Indikatoren auf die gleiche Produkteigenschaft zurückgeführt werden, können die Ergebnisse beider Indikatoren aufsummiert werden (Abbildung 4-8). Mit Hilfe des Gesamtergebnisses kann der für die Bewertung optimale Wert für die Produkteigenschaft Dämmstoffdicke ermittelt werden. Dieser Wert liegt bei 36 cm und führt zu einem Bewertungsergebnis von 87,3%. Auch für die Bewertung dieses Wertes sei auf die besondere Form des angenommenen Bauwerks hingewiesen. Der Punkt ist in Abbildung 4-8 eingezeichnet.

Bemerkenswert an diesem Ergebnis sind zwei Sachverhalte:

- Das Bewertungssystem, bestehend aus den beiden Indikatoren und den entsprechenden Indikatorgewichten ermöglicht für das vorliegende – stark vereinfachte – Gebäudemodell kein Erreichen der bestmöglichen Bewertung.

Grund dafür sind die gegenläufigen Effekte des Treibhauspotenzials für die Konstruktion und im Betrieb.

- Der bestmögliche Wert der Dämmstoffdicke (36 cm) liegt deutlich unter dem – entsprechend diesem Beispiel – aus ökologischer Sicht besten Wert von 77 cm. Dies liegt an den gewählten Bewertungsfunktionen.

Das (für dieses Beispiel entwickelte) Bewertungssystem hat system-immanente Schwächen, die entweder durch die Veränderung der Bewertungsfunktionen oder durch das Zusammenfassen zu einem Indikator, der alle Phasen des Lebenszyklus berücksichtigt, korrigiert werden können. Voraussetzung dafür ist das Verständnis über die Zusammenhänge und Wechselbeziehungen der einzelnen Indikatoren.

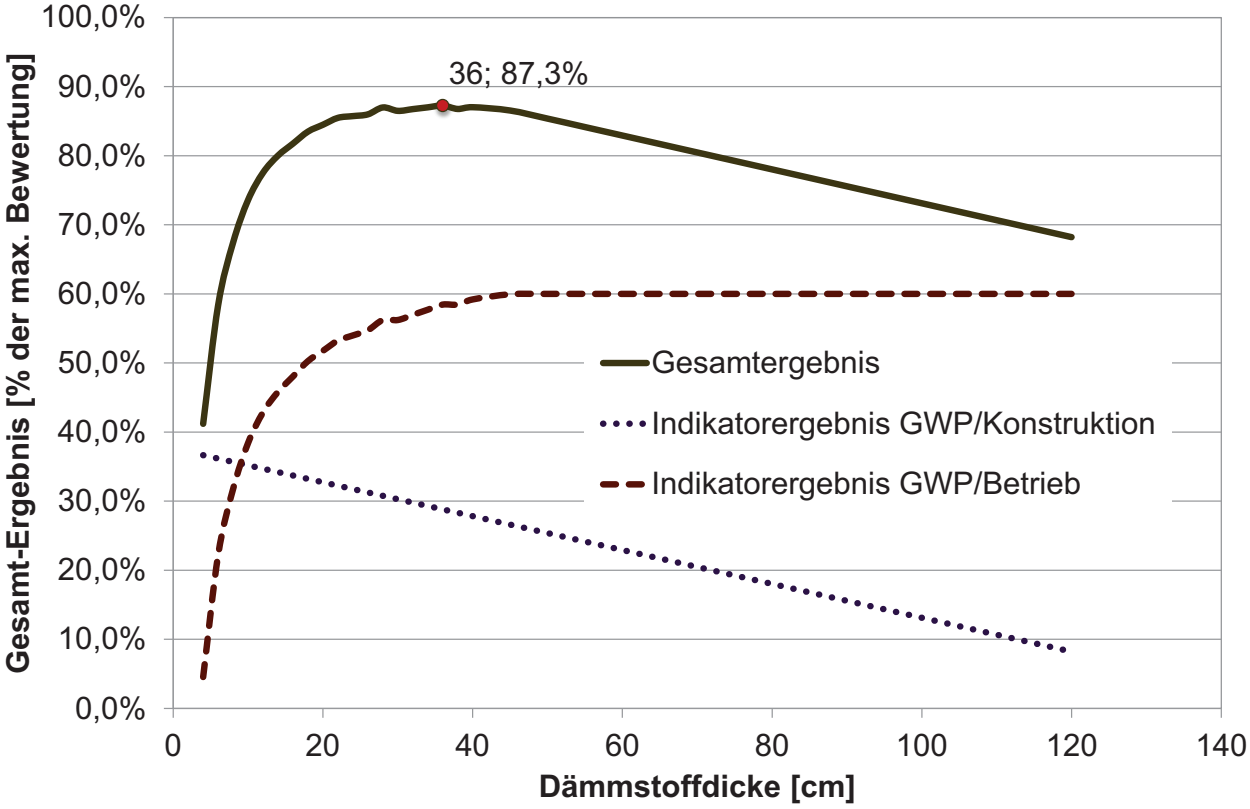


Abbildung 4-8 Indikatorergebnis-Kurven beider Indikatoren und Kurve des Gesamtergebnisses der vorliegenden Bewertung.

4.8 Schlussfolgerungen aus beiden Anwendungsbeispielen

Aus der Anwendung der Methode auf die beiden Beispiele ergeben sich Schlussfolgerungen für die Frage nach der Ausgestaltung von Produkten und hinsichtlich des Aufbaus von Bewertungssystemen:

- Ein umfassendes Verständnis der Zusammenhänge zwischen Indikatoren ist unverzichtbar, wenn ein Bewertungssystem widerspruchsfrei aufgebaut werden soll. Ein derartiger Widerspruch ist im zweiten Beispiel erkennbar, wo die Festlegung der Bewertungen der Indikatoren die ökologisch beste Lösung benachteiligt. Im Fall der für das zweite Beispiel konstruierten Situation – die zur Veranschaulichung des Problems nicht realitätsnah konstruiert wurde – ergibt die Berechnung des Treibhauspotenzials aus Konstruktion und Betrieb ein Minimum bei einer Dämmstoffdicke von 77 cm. Die für das Beispiel konstruierte Bewertung führt dagegen bei 36 cm Dämmstoffdicke zur bestmöglichen Bewertung, die bei darüber hinaus steigender Dämmstoffdicke wieder abnimmt.
  In der Praxis der Gebäudebewertung können ähnliche Situationen entstehen, wenn z.B. eine Vorgabe einer Mindestmenge an einzusetzendem Recycling-Baustoff zu einer nachteiligen ökobilanziellen Bewertung führt, etwa wenn die Treibhausgas-Emissionen durch das Recycling die Emissionen der Primärproduktion übersteigen.
- Das zweite Beispiel verdeutlicht den Vorteil umfassend formulierter Leistungsindikatoren. In diesem Fall werden mit einem Leistungsindikator über alle Lebenszyklusphasen – wie er in beiden deutschen Bewertungssystemen zum Einsatz kommt – Anreize für die Umsetzung der ökologisch besten Lösung geschaffen. Die Aufteilung zusammenhängender Effekte in einzelne Indikatoren birgt die Gefahr aufgrund der Vernachlässigung der Abhängigkeiten suboptimaler Lösungen.
- Die Anwendung der Methode kann darauf hinweisen, dass Schlussfolgerungen z.B. hinsichtlich des optimalen Produkteinsatzes möglicherweise die Intention des Bewertungssystems ad-absurdum führen. Eine Schlussfolgerung aus dem ersten Beispiel ist, dass auf den Einsatz des Wandabsorbers verzichtet werden sollte, da die Ergebnisverbesserung in den Lebenszykluskosten (und in der Ökobilanz) die Nachteile einer schlechten raumakustischen Si-

tuation überwiegen. Eine derartige Schlussfolgerung könnte von den Urhebern der Anforderung gewollt sein. Sie ist im Bewertungssystem der DGNB jedoch nicht offensichtlich, so dass das kritische Hinterfragen solcher Erkenntnisse der künftigen weiteren Verbesserung der Bewertungssysteme dienen könnte.

5 Überprüfung der Methode

In diesem Kapitel wird die Methode gegenüber den Anforderungen aus Ziffer 3.1 evaluiert. Hierfür werden die Anforderungen einzeln aufgeführt und die Evaluierung jeweils erläutert. Es zeigt sich, dass die Anforderungen durch die Methode erfüllt werden.

5.1 Überprüfung gegenüber den methodischen Anforderungen

- Anwendbarkeit für Systeme der Gebäudebewertung

  Die Methode legt in ihrem ersten Schritt das Bewertungs- oder Zertifizierungssystem für nachhaltige Gebäude fest. Aus dieser Festlegung ergeben sich die zu betrachtenden Indikatoren und der Bewertungsschlüssel, mit dessen Hilfe zusammengefasste Gesamtergebnisse berechnet werden können. Die beschriebene Klassifizierungs-Systematik lässt sich für beliebige Indikatoren von Gebäudebewertungssystemen nutzen. Somit kann die Methode für unterschiedliche Bewertungssysteme eingesetzt werden.

- Anwendbarkeit für Bauprodukte

  Ein Schritt der Methode ist die Festlegung einer Systematik zur Einordnung von Bauprodukten in einzelne Produktgruppen. Ein wichtiges Element für die Anwendbarkeit der Methode auf beliebige Bauprodukte ist die Erweiterbarkeit der Produktgruppen-Systematik entsprechend den Anforderungen der Anwendung. Durch eine umfassende und erweiterbare Systematik ist die Betrachtung jedes Bauprodukts gegeben. Da die Indikatormodelle unter Umständen einzelne Produktgruppen separat formuliert werden müssen, ist die Berechnung des Einflusses von Produkteigenschaften für jedes Produkt möglich. Die Methode ist für beliebige Bauprodukte anwendbar.

- Ganzheitliche Aussagekraft

  Die Methode schreibt vor, dass für ein betrachtetes Bauprodukt alle relevanten Indikatoren des Gebäudebewertungssystems identifiziert und analysiert werden müssen. Die Anzahl der betrachteten Aspekte bzw. Indikatoren für ein Bauprodukt ergibt sich ausschließlich durch den Umfang des zugrundeliegen-

den Bewertungssystems für Gebäude und die Relevanz für das Bauprodukt. Damit ist der größtmögliche Umfang der Betrachtung gewährleistet.

- Differenzierung von Anwendungsfällen

  Die Methode beschränkt sich auf die Darstellung der Methoden zur Analyse des Einflusses von Bauprodukteigenschaften. Ziffer 3.6 definiert vier Anwendungsfälle. Dort werden die Vorgehensweisen und Optionen für die darauf folgende Beurteilung der analysierten Einflüsse aufgezeigt. Die Anwendungsfälle werden dadurch differenziert und der Nutzer erhält Anleitungen zum weiteren methodisch nicht regelbaren Vorgehen.

5.2 Überprüfung gegenüber den praktischen Anforderungen

- Relevante Ergebnisse bereitstellen

  Die Anwendung der Methode auf die in Kap. 3.7 dargestellten Beispiele verdeutlichen ihren Nutzen: bereits die Übersicht der Indikatoren, die für die ausgewählte Produktgruppe relevant sind, stellt einen signifikanten Erkenntnisgewinn dar. Insbesondere erhalten Produkthersteller auf diesem Weg einen Ansatzpunkt um sich systematisch mit ihren Produkten im Kontext der Gebäudezertifizierung auseinander zu setzen. Die Ermittlung der Höhe des Einflusses einzelner Eigenschaften auf einzelne Indikatoren und auf das Gesamtergebnis stellt darüber hinaus einen in der Vergangenheit nicht systematisch quantifizierbaren Wert dar. Mit den Ergebnissen erhalten Produktherstel-ler und andere Akteure des nachhaltigen Bauens die Möglichkeit, sich quantitativ mit den Auswirkungen von Bauprodukten auf nachhaltige Gebäude auseinander zu setzen. Die vorliegende Methode kann zur Objektivierung der Diskussion über „nachhaltige Produkte“ beitragen.

- Verwendung bestehender Informationsstrukturen

  Die Nutzung der Strukturen der DIN 276-1 und der Ökobau.dat ist prädestiniert für den Einsatz der Methode in Deutschland. Da beide Strukturen derzeit in der Gebäudezertifizierung oder -bewertung in Deutschland genutzt werden, vereinfacht die Nutzung dieser Strukturen die Anwendung der Methode. Es kann erwartet werden, dass ein zu analysierendes Bauprodukt bereits in der

Ökobau.dat eingeordnet ist, so dass diese Einordnung direkt übernommen werden kann. Die weiteren in Kap. 2 erläuterten Ordnungssysteme, z.B. das U.S. amerikanische System LEED können bei Bedarf für Anwendungen der Methode eingesetzt werden. Somit ist die Verwendung bestehender Strukturen gewährleistet sowie der pragmatische Transfer der Methode auf andere Anwendungen.

– Transparenz und Nachvollziehbarkeit

  Insbesondere die vorgestellte Beschränkung der Ordnungssysteme (Bauelement-Struktur, Produktgruppen-Struktur) auf zwei Gliederungsebenen – anstelle der Ausschöpfung aller zur Verfügung stehender Ebenen – dient der Transparenz der Methoden-Anwendung. Auf diesem Weg wird der erforderliche und hinreichende Grad der Differenzierung der Strukturen erreicht. Lediglich die große Komplexität der Systeme – im Beispiel mehr als 140 Indikatoren im zugrunde liegenden Gebäudebewertungssystem, Zuordnungs-Matrix II mit ca. 40 Spalten und ca. 350 Zeilen – erfordert erhöhte Anstrengungen an die Nachvollziehbarkeit der einzelnen Schritte.

6 Selbstkritische Bewertung der Arbeit

In diesem Kapitel wird die Entwicklung der Methode kritisch reflektiert. Dies erfolgt vor dem Hintergrund der erwarteten hauptsächlichen Anwendung und unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus den Beispielen.

Aufgrund seiner Komplexität ist das Zertifizierungssystem der DGNB – das Bewertungssystem BNB des BMVBS gleichermaßen – für Diskussionen über Bauprodukte nur eingeschränkt nutzbar. Die Anwendung auf das DGNB-System wird als hauptsächliche Anwendung der Methode angesehen, da hier ein Beitrag zur Intensivierung der Diskussion geleistet werden kann. Einige Besonderheiten des Zertifizierungssystems übernimmt die Methode direkt und ist dadurch nicht in der Lage, immer einfache Antworten zu liefern, z.B. im Umgang mit Bewertungsfunktionen. Insbesondere bei stufenförmigen Bewertungsfunktionen hängt die Quantifizierung des Einflusses der Produkteigenschaft auf das Ergebnis immer vom Ausgangspunkt der Parametervariation ab.

Die Abhängigkeit vom Startpunkt der Parametervariation hat zur Folge, dass ein ursprüngliches Ziel der Arbeit, die Unabhängigkeit der Betrachtung von konkreten Gebäuden, letztlich nicht erreichbar war. Die Interpretation bzw. die Beurteilung des Einflusses eines Produkts auf die Gebäudebewertung ist folglich nicht über alle Indikatoren hinweg möglich.

Die Methode setzt sich nicht explizit mit der Frage von Abhängigkeiten zwischen Indikatoren auseinander. Es wird dem Anwender überlassen, verschiedene Parameter in Bezug zueinander zu setzen und die Variationen entsprechend vorzunehmen. Dies erhöht die Gefahr der nicht-sachgemäßen Anwendung der Methode. Auch sind Schlussfolgerungen aus Parametervariationen technisch möglicherweise nicht realisierbar. Die in Kapitel 3 beschriebene erforderliche Erweiterung der Indikatormodelle um die Abhängigkeiten der Produkteigenschaften untereinander adressiert dieses Problem und stellt eine in dieser Arbeit nicht thematisierte Lösungsoption dar.

Schließlich stellt sich noch die Frage nach der Relevanz der Betrachtung. Die Veränderung einzelner Produkteigenschaften hat weniger Potenzial, das Ergebnis einer Gebäudebewertung zu beeinflussen, als dies für bestimmte planerische Entscheidungen der Fall ist. Die bewusste Schwerpunktsetzung auf Bauprodukte in

dieser Arbeit ist dadurch begründet, dass es für Produkthersteller gegenwärtig – jenseits der Erstellung von Umweltproduktdeklarationen – kaum strukturierte Ansatzmöglichkeiten gibt, sich im nachhaltigen Bauen und insbesondere in den Zertifizierungssystemen zu engagieren. In diesem Zusammenhang muss festgehalten werden, dass für andere planungsbezogene Parameter kaum strukturierte Mechanismen existieren, mit denen ihre Einflüsse auf die Gebäudebewertung beschrieben und quantifiziert werden können. Der einzige bekannte Ansatz, der sich mit Beziehungen von Indikatoren der DGNB untereinander beschäftigt, stellt keine strukturelle Betrachtung der Ursachen an. Vielmehr basiert dieser Ansatz die Erklärung der Beziehungen der Indikatoren untereinander auf Befragungen von Experten [130]. Hier bietet die vorliegende Methode einen möglichen Ansatzpunkt, die Einflüsse planerischer Entscheidungen und Parameter auf die Gebäudebewertung zu analysieren.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Methode einen Beitrag zur Aufarbeitung der systematischen Grundlagen der Gebäudebewertung leistet. Die Reduktion der Komplexität der Gebäudebewertung wäre wünschenswert, war jedoch nicht realisierbar. Der konkrete Einsatz der Methode zur Produktoptimierung erfordert umfangreiche, ergänzende Arbeiten durch den Anwender.

7 Zusammenfassung

Nachhaltige Entwicklung ist seit den 1980er Jahren Gegenstand internationaler Konferenzen und Abkommen und seit einigen Jahren Diskussionsgegenstand und Handlungsmaxime deutscher Politik. Im Bauwesen erfährt das Thema Nachhaltigkeit zunehmend Beachtung. Die ersten einer ganzen Reihe von Normen zur Beschreibung der Nachhaltigkeit im Bauwesen sind als ISO-, EN- und DIN-Normen in Kraft.

Besondere Aufmerksamkeit erfahren Systeme zur Bewertung und Zertifizierung der Nachhaltigkeit von Gebäuden. Etablierte Systeme wie BREEAM in Großbritannien oder LEED in den USA kommen zunehmend im Immobilienmarkt zur Anwendung. Die deutschen Systeme BNB des Bundes für öffentliche Bauwerke und der DGNB insbesondere für privatwirtschaftliche Bauvorhaben erfahren umfangreiche Aufmerksamkeit, wobei der ganzheitliche Ansatz der deutschen Systeme viel beachtet und häufig als vorteilhaft betrachtet wird.

Gerade die Ganzheitlichkeit des Ansatzes führt zu einer komplexen Betrachtung, die besondere Herausforderungen an die Akteure des nachhaltigen Bauens stellt. Neben Planungsprozessen, die die einzelnen Nachhaltigkeitsaspekte berücksichtigen und integrieren, sind umfangreiche Untersuchungen, wie die Ökobilanz und die Lebenszykluskostenbetrachtung erforderlich. Die Aufgaben, die durch die Anforderungen der Nachhaltigkeitszertifizierung an die Bauwerksplanung gestellt werden, sind im Allgemeinen jedoch bekannt. Durch die Ausbildung von Auditoren, die Kenntnisse über die Nachhaltigkeitszertifizierung nachzuweisen haben, wird der Planungsprozess unterstützt.

Die Hersteller von Bauprodukten stellen eine weitere maßgebliche Gruppe der Akteure des nachhaltigen Bauens dar, da stoffliche und bautechnische Innovationen maßgeblich durch sie getragen werden. Im Rahmen der Gebäudezertifizierung stellt die Bereitstellung ökologischer Kennwerte für Produkte mit Hilfe von Umweltproduktdeklarationen (EPD) eine der prominentesten Aufgaben für Bauproduktherstellen dar. Neben der Erstellung von Umweltproduktdeklarationen erfolgt die Auseinandersetzungen mit Nachhaltigkeitsaspekten von Bauprodukten häufig mit Hilfe der Umweltkennzeichnung von Produkten. Diese stellen in der Regel einzelne oder einige wenige Aspekte der Nachhaltigkeit für ein Produkt heraus, z.B. das Umwelt-

zeichen „Blauer Engel“. Eine systematische Auseinandersetzung mit einer umfassenden Liste von Nachhaltigkeitskriterien oder eine strukturierte Analyse von Produkten hinsichtlich ihrer Beiträge zur Nachhaltigkeitszertifizierung wurden bisher nicht oder nur in Ansätzen erkennbar.

Vor diesem Hintergrund besteht ein Bedarf für eine methodische Aufarbeitung der Beziehungen zwischen Bauprodukten sowie der Nachhaltigkeitsbewertung und -zertifizierung von Gebäuden. Diesen Bedarf bedient die vorliegende Arbeit. Kern der Arbeit ist die Entwicklung einer Methode, die die Analyse des Einflusses einzelner Produkteigenschaften auf die Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden ermöglicht. Im Zusammenspiel mit dieser Analyse erlaubt die Methode, den ermittelten Einfluss in Abhängigkeit der spezifischen Fragestellung zu beurteilen.

Basis für die Methode ist ein beliebiges, bestehendes Bewertungssystem für die Nachhaltigkeit von Gebäuden. Dieses Bewertungssystem besteht grundsätzlich aus definierten Indikatoren, die einzelne Aspekte der Gebäudenachhaltigkeit bewerten und einem Bewertungsschlüssel. Dieser umfasst die einzelnen Indikatorgewichte zur Berechnung des Bewertungsergebnisses für das gesamte Gebäude.

Um den Einfluss einzelner Bauprodukteigenschaften auf die Gebäudebewertung zu analysieren, nimmt die Methode Relevanz-Betrachtungen für die Interaktion zwischen Bauprodukten und Nachhaltigkeitsanforderungen vor und nutzt anschließend den Mechanismus der Parametervariation zur Analyse des Einflusses von Produkteigenschaften auf die Gebäudebewertung. Dazu werden Produkteigenschaften variiert und die mit Hilfe von Indikatormodellen berechneten Bewertungsergebnisse hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit untersucht.

Der erste Teil der Methode beinhaltet die Relevanz-Abgrenzung von Bauprodukten und Nachhaltigkeitsindikatoren. Er geht den Fragen nach, welche Indikatoren für ein Bauprodukt zu analysieren sind bzw. welche Bauprodukte von einem Indikator angesprochen werden. Diese Relevanz-Abgrenzung erfolgt in mehreren Schritten. Der erste Schritt dient der Auswahl relevanter Indikatoren mittels einer zu diesem Zweck entwickelten Klassifizierung. Die Klassifizierung unterscheidet fünf Typen von Indikatoren:

- Baustoff-unabhängige Indikatoren (Typ A),
- deskriptive Indikatoren (Typ B),
- singulär-präskriptive Indikatoren (Typ C),

- multipel-präskriptive Indikatoren (Typ D) und
- Leistungsindikatoren (Typ E).

Baustoff-unabhängige Indikatoren bewerten planerische Maßnahmen. Die Produktwahl hat keinen Einfluss auf das Bewertungsergebnis. Deskriptive Indikatoren bewerten die bloße Dokumentation von Planungsparametern oder Produkteigenschaften, ohne eine Qualitätsaussage zu treffen. Singulär-präskriptive Indikatoren bewerten das Vorhandensein einzelner Produkte und multipel-präskriptive Indikatoren stellen Anforderungen an bestimmte Eigenschaften von Bauprodukten und bewerten die Erfüllung dieser Eigenschaften. Leistungsindikatoren erfordern die Berechnung eines Indikatorwertes, für den Anforderungen formuliert werden. Für die Analyse des Einflusses von Produkteigenschaften sind lediglich die beiden letztgenannten Indikator-Typen von Interesse, so dass alle weiteren Indikatoren vernachlässigt werden können.

Diese als relevant identifizierten Indikatoren werden einer Systematik zugeordnet, die Funktionen beschreibt, welche durch das Gebäude oder einzelne Bauelemente erfüllt werden. Diese funktionsbasierte Bauwerksordnung gliedert sich in die Hauptfunktionen *Tragen*, *Einhüllen* und *Ver- und Entsorgen* und unterteilt diese Hauptfunktionen in Unter- oder Teilfunktionen.

Für die Analyse der Eigenschaften eines Bauprodukts wird dieses zunächst in eine Produktgruppen-Struktur eingeordnet. Diese basiert auf der Datenbank-Struktur der *Ökobau.dat* und umfasst zwei Hierarchieebenen, in denen beliebige Bauprodukte eingeordnet werden können. Zur Beschreibung der Verwendung von Bauprodukten im Gebäude werden die Produktgruppen einer Bauelement-Systematik gegenübergestellt. Die Bauelemente beschreiben Hauptfunktionselemente des Gebäudes bzw. primäre Bauwerksteile wie Außenwand, Innenwände, Dach, etc. Als Grundlage für diese Bauelement-Struktur dienen die Kostengruppen 300 und 400 der DIN 276-1 in der zweiten Ebene (310, 320, etc.). Beide Systematiken, die Produktgruppenstruktur der Ökobau.dat und die Bauelement-Struktur der DIN 276-1, werden für die Anwendung der Methode – insbesondere in Deutschland – empfohlen. Hinweise für den Wechsel dieser Strukturen zur besseren Adaption der Methode auf andere Märkte (z.B. andere Länder) sind in der Arbeit aufgeführt.

Die resultierenden Relevanz-Kennzeichnungen – welche Produktgruppen kommen in welchen Bauelementen zum Einsatz – werden in der Zuordnungs-Matrix I ge-

kennzeichnet. Um die Relevanz-Abgrenzung der Produktgruppen gegenüber den Indikatoren vorzunehmen, werden die Bauelemente der gleichen Funktions-Systematik gegenüber gestellt wie die Indikatoren. Mit Hilfe der beidseitigen Funktions-Zuordnung lassen sich Indikatoren und Bauelemente gegenüberstellen. Diese Relevanz-Darstellung wird weiter eingeschränkt, indem Indikator-spezifische Einschränkungen, die in den jeweiligen Indikatordefinitionen zu finden sind, berücksichtigt werden. Wenn die Zuordnung eines Indikators zu Bauelementen die Relevanz des Indikators für die Elemente *Außenwand* und *Dach* kennzeichnet, die Indikatordefinition die Anwendung des Indikators jedoch auf horizontale Flächen beschränkt, verbleibt als Relevanz-Abgrenzung des Indikators das Bauelement *Dach*.

Die Relevanz-Abgrenzung wird in der Zuordnungs-Matrix II dargestellt. Diese enthält als Zeilen die Kombinationen aus Bauelementen und zugeordneten Produktgruppen und als Spalten die multipel-präskriptiven Indikatoren, sowie die Leistungsindikatoren des zugrunde liegenden Bewertungssystems. Für die resultierenden Indikatoren werden im zweiten Teil der Methode Modelle gebildet, die den Bezug zwischen Bauprodukteigenschaften und der Gebäudebewertung beschreiben. Bei der Beschreibung dieser Indikatormodelle wird – soweit erforderlich – eine Differenzierung nach einzelnen Produktgruppen oder Bauelementen vorgenommen.

Die Indikatormodelle folgen generell zwei möglichen, für die Indikator-Typen jeweils spezifischen Mechanismen. Multipel-präskriptive Indikatoren stellen Anforderungen an eine Produkteigenschaft und bewerten die Werte der Produkteigenschaft unmittelbar. Für Leistungsindikatoren wird ein Indikatorwert berechnet, der Anforderungswerten gegenüber gestellt ist. Die Indikatormodelle berücksichtigen diese Differenzierung entsprechend. Die Formulierung von Indikatormodellen kann nur in der konkreten Anwendung der Methode erfolgen. Erst in der Anwendung werden das zugrunde liegende Bewertungssystem für Gebäude und die Indikatoren festgelegt.

Es gibt vier Anwendungsfälle der Methode:

- Ermittlung Ergebnis-signifikanter Produkteigenschaften und Optimierung voneinander unabhängiger Produkteigenschaften – erste Näherung der Produktoptimierung,

- Optimierung von Produkteigenschaften unter Berücksichtigung von Abhängigkeiten der Eigenschaften untereinander – zweite Näherung der Produktoptimierung,
- Beurteilung des Einflusses einer Bauprodukteigenschaft auf die Empfindlichkeit der Gebäudebewertung und
- Ermittlung konkurrierender Auswirkungen aufgrund gegenläufiger Beeinflussung durch Produkteigenschaften.

Für die Anwendung mit dem Zweck der Optimierung von Produkteigenschaften ist die Beschreibung eines zugrunde liegenden Referenzgebäudes bzw. die statistische Verteilung der Bewertungen einer Gebäudestichprobe erforderlich. Die Anwendung der Methode auf Basis eines definierten Gebäudes bzw. einer definierten Gebäudestichprobe ermöglicht eine konkrete Beurteilung des erzielbaren Einflusses der Eigenschaften auf die Gebäudebewertung. Die 1. Näherung der Produktoptimierung greift ausschließlich auf dokumentierte Produkteigenschaften zurück und nimmt diese als voneinander unabhängig an. Dies dient der Beurteilung der maßgeblichen Einflussgröße auf die Gebäudebewertung. Die 2. Näherung erweitert die Indikatormodelle um die Abhängigkeiten der Produkteigenschaften untereinander. Dies kann mit den dem jeweiligen Produkthersteller bekannten Modellen geschehen, die die Produktherstellung und die Produktionsbedingungen und -mechanismen beschreiben.

Für die Beurteilung der Empfindlichkeit einer Gebäudebewertung bzgl. der Variation einer Produkteigenschaft stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Für lineare Bewertungsfunktionen kann die Steigung dieser Funktion als Maß für die Empfindlichkeit des Indikators herangezogen werden. Ferner kann die Wachstumsrate oder die Elastizität der Funktion unter bestimmten Voraussetzungen zur Anwendung kommen.

Die Ermittlung konkurrierender Effekte durch die Veränderung einer Produkteigenschaft kann auf komplexe Indikatormodelle zurückgreifen, die gegenläufige Effekte beinhalten. Auch kann die Veränderung zweier oder mehrerer Indikatoren durch eine gemeinsame Produkteigenschaft Gegenstand dieser Betrachtung sein.

Für das konkrete Vorgehen in der Anwendung der Methode wurde ein Leitfaden erarbeitet. Dieser beschreibt die erforderlichen Annahmen und Festlegungen sowie die drei Arten von Bewertungsfunktionen:

- stetig differenzierbare, monoton wachsende Funktionen,
- abschnittsweise stetig differenzierbare, monoton wachsende Funktionen mit Knickstellen an Intervallgrenzen und
- Funktionen mit Unstetigkeiten an einzelnen Punkten (Distributionen in Form von Treppen).

Die Ermittlung des Einflusses einer Produkteigenschaft auf die Gebäudebewertung hängt maßgeblich von der Form der Bewertungsfunktion und dem Startwert der Parametervariation auf dieser Funktion ab.

Die Methode wird in der vorliegenden Arbeit an zwei Beispielen demonstriert. Das erste Beispiel beschreibt die Analyse des Einflusses von Produkteigenschaften eines Akustik-Wandabsorbers auf eine Gebäudezertifizierung nach den Regeln der DGNB. Ziel der Analyse ist die Optimierung von Produkteigenschaften ohne Berücksichtigung von Abhängigkeiten der Produkteigenschaften untereinander (1. Näherung). Die Relevanz-Abgrenzung der Indikatoren gegenüber Produktgruppen ergibt, dass von 144 Indikatoren der DGNB (die in 42 Kriterien gegliedert sind) 39 den Typen D oder E zugeordnet werden können und folglich potenziell relevant für Bauprodukte sind. Von diesen 39 Indikatoren sind 25 relevant für die Produktgruppe des Wandabsorbers, wovon 14 für mögliche Produktoptimierungen zur Verfügung stehen. Diese Indikatoren sind von jeweils unterschiedlichen Produkteigenschaften abhängig, für 14 Indikatoren sind 14 verschiedene Eigenschaften zu analysieren. Von diesen Eigenschaften haben die Investitionskosten des Produkts – gefolgt von den Schallabsorptionsgraden des Wandabsorbers – den größten Einfluss auf die Nachhaltigkeitsbewertung.

Das zweite Beispiel betrachtet zwei gegenläufige Indikatoren. Betrachtet wird das Treibhauspotenzial einer EPS-Fassadendämmung getrennt in zwei Indikatoren. Durch die Variation der Dämmstoffstärke ergibt sich ein steigender Aufwand für die Herstellung des Produkts (bewertet im ersten Indikator). Gleichzeitig nimmt die Dämmleistung zu und senkt das Treibhauspotenzial in der Gebäudenutzung (zweiter Indikator). Diese gegenläufigen Effekte definieren ein Optimum.

Die vorliegende Arbeit stellt einen systematischen Ansatz zur Analyse von Bauprodukten in der Gebäudezertifizierung dar und liefert einen Beitrag zur Aufarbeitung der methodischen Grundlagen der Gebäudezertifizierung und damit verbundener Aspekte. Die Methode ermöglicht für Bauprodukte eine differenzierte Ausei-

nandersetzung mit der Nachhaltigkeitszertifizierung für Gebäude unter Zuhilfenahme bekannter Strukturmodelle, die konsequent genutzt werden. Damit sind reproduzierbare Relevanz-Abgrenzungen möglich, die gegenwärtig in dieser Form nicht erfolgen. Die Methode strukturiert den komplexen Zusammenhang zwischen Bauprodukteigenschaften und der Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden. Sie bietet eine fundierte Basis für weiterführende Arbeiten zur Vereinfachung der Umsetzung, zur Software-Implementierung und zur Erstellung konsistenter Zertifizierungssysteme und Indikatoren.

8 Ausblick

Für die Hersteller von Bauprodukten ist das Themenfeld des nachhaltigen Bauens eine Chance zur qualitativen Differenzierung vor dem Hintergrund zunehmenden Preisdrucks und zunehmender Konkurrenz aus Drittländern. Gleichzeitig sind mit der Nachhaltigkeit Herausforderungen verbunden, die sorgfältig adressiert werden müssen. Insbesondere die Komplexität des Themas und Unsicherheiten über die Vorgehensweise zur Auseinandersetzung mit dem Thema stellen Produkthersteller vor besondere Aufgaben.

Mit der vorliegenden Methode wird in besonderem Maße Produktherstellern ein Instrument an die Hand gegeben, eine intensive Diskussion über die Einflussmöglichkeiten auf den wichtigen Bereich der Gebäudezertifizierung zu führen. Neben Konsequenzen, die sich für sie hinsichtlich einer Veränderung einzelner Produkte oder eines gesamten Produktportfolios ergeben können, werden Produkthersteller mit dem Instrument in die Lage versetzt, aktiv in die Diskussion um die Weiterentwicklung der Bewertungs- und Zertifizierungssysteme einzugreifen. Überlegungen hinsichtlich der Gewichtung einzelner Aspekte und Kriterien können mit den Erkenntnissen aus der Anwendung dieses Instruments neu und präziser angestellt werden. Diskussionen über einzelne Mechanismen der Bewertung, z.B. in Hinblick auf mögliche Vereinfachungen und gleichzeitige ganzheitlichere Abbildungen der relevanten Aspekte erscheinen denkbar.

Für die Auseinandersetzung der Produkthersteller und Dritter mit dem Einfluss von Produkteigenschaften auf die Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden sind im Rahmen der Anwendung der Methode umfangreiche ergänzende Arbeiten erforderlich. Die Relevanz-Abgrenzung von Produktgruppen gegenüber Nachhaltigkeitsindikatoren kann für ein Zertifizierungssystem einmal einheitlich erstellt werden. Die Indikatormodelle, insbesondere für den Anwendungsfall der Produktoptimierung unter Berücksichtigung der Abhängigkeiten von Produkteigenschaften untereinander, bedürfen der umfangreichen, herstellerspezifischen Erweiterung. Die den Herstellern bekannten Modelle zur Beschreibung der Produktionsparameter und Produkteigenschaften müssen in die Indikatormodelle eingebaut werden, damit diese für den jeweiligen Hersteller von größerem Nutzen sind. Der zusätzliche Aufwand, der durch die Heterogenität der Zertifizierungssysteme in den Indikatoren und Be-

wertungsmechanismen entsteht, stellt ein Hindernis für die Durchsetzung im Markt dar und muss sukzessive überwunden werden.

Neben der Analyse und Diskussion des Einflusses von Produkteigenschaften auf die Gebäudebewertung gibt es Möglichkeiten einer umfassenden Produktbewertung. Eine derartige Produktbewertung, die die Qualität eines Produktes hinsichtlich seiner Verwendung in Zertifizierungsprojekten bewertet, erfordert ebenfalls ergänzende Arbeiten. Insbesondere müssen statistische Verteilungen der Werte einzelner Produkteigenschaften ermittelt und Wege gefunden werden, die Unsicherheiten des Beitrags eines Produkts zur Gebäudebewertung klar zu beschreiben. Vor dem Hintergrund nicht-stetiger Bewertungsfunktionen erscheint dies als eine schwierig zu erfüllende Herausforderung, da der Einfluss der Produkteigenschaften nicht völlig unabhängig vom zugrunde liegenden Gebäude beschrieben werden kann.

In der vorliegenden Arbeit wurden verschiedene Indikatormodelle im Rahmen des Anwendungsbeispiels beschrieben. Einige dieser Modelle sind nur für einzelne Produktgruppen formuliert und bedürfen der Anpassung an andere Produktgruppen. Andere Indikatormodelle waren für das vorliegende Beispiel nicht von Relevanz und es stellt eine künftige Aufgabe dar, diese Indikatormodelle (spezifisch für ein Zertifizierungssystem) zu erstellen. Dies generiert weiteren Forschungsbedarf durch die Beschreibung numerischer Indikatormodelle für Indikatoren, die über keine geschlossene, analytische Lösung verfügen.

Für die Anwendung der Methode bietet sich im Weiteren eine softwareseitige Umsetzung für einzelne Zertifizierungssysteme an. Insbesondere über die Verwendung bereits etablierter Ordnungssysteme sind Synergieeffekte zu erwarten. Die Methode kann softwarebasiert jenseits der ursprünglichen Ziele genutzt werden, Produktalternativen in konkreten Zertifizierungsprojekten automatisiert hinsichtlich ihrer Wirksamkeit zu überprüfen.

Die Methode kann als Instrument für die Weiterentwicklung der Zertifizierungssysteme zum Einsatz kommen. Dazu muss die Methode dahingehend erweitert werden, dass alle planerischen Fragestellungen systematisch hinsichtlich ihres Einflusses auf die Gebäudebewertung analysiert werden. Da die Einflüsse einzelner Produkteigenschaften vor dem Hintergrund der Fülle an eingesetzten Produkten, planerischen Parametern und Indikatoren vergleichsweise klein sind, kann erwartet

werden, dass einzelne Planungsparameter signifikant größere Einflüsse auf die Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden haben.

Die Methode bietet sich als Instrument an, um herauszuarbeiten, welche ‚Botschaften' in einer Gebäudezertifizierung enthalten sind und welche Interpretationen sich aus der Anwendung der Gebäudezertifizierung ergeben können. Aus den Ergebnissen des ersten Anwendungsbeispiels kann mit einiger Vorsicht die Schlussfolgerung gezogen werden, dass der Verzicht auf eine gute raumakustische Qualität zugunsten reduzierter Lebenszykluskosten vorteilhaft wäre. Umfassendere Analysen der systematischen Zusammenhänge einzelner Indikatoren und beeinflussender Parameter sind erforderlich, um zu aussagekräftigen Ergebnissen zu gelangen, mit denen sich die Qualität der Gebäudezertifizierung weiter verbessern lässt.

Glossar

In der vorliegenden Arbeit kommen Begriffe zur Anwendung, die entweder keiner eindeutigen Definition im Bauwesen unterliegen oder in Abhängigkeit des Kontextes geringfügig unterschiedlich genutzt werden können. Um Missverständnisse zu vermeiden, werden die häufig genutzten Begriffe aufgeführt und definiert.

Bauprodukt, Produkt: In der vorliegenden Arbeit werden beide Begriffe synonym verwendet. Die Festlegung des Begriffs *Bauprodukt* orientiert sich an der in der ISO 15392 [93] (informativer Anhang B) zitierten Definition der ISO 6707-1 [90]. Im Wesentlichen entspricht diese Definition der in der europäischen Bauprodukteverordnung [69] gegebenen Begriffsbestimmung.

Unter Bauprodukt wird ein spezifisches, eventuell auch herstellerspezifisches oder ein unspezifisches Produkt verstanden, wie es im Hochbau (typischerweise) zum Einsatz kommt, um dauerhaft im Gebäude zu verbleiben. Es wird grundsätzlich erwartet, dass ein Bauprodukt einer *Produktnorm* entspricht, eine *allgemeine bauaufsichtliche Zulassung* oder eine *Zulassung im Einzelfall* hat und den wesentlichen Anforderungen [125] bzw. künftig den Grundanforderungen der Bauprodukteverordnung [69] entspricht. Für diese Bauprodukte sind allgemeine oder spezifische bzw. herstellerspezifische Produktinformationen – als Produkteigenschaften bezeichnet – verfügbar.

Bauprodukteigenschaft, Produkteigenschaft: Als Bauprodukteigenschaften werden alle Informationen verstanden, die ein Produkt charakterisieren. Dazu zählen physikalische Größen wie Abmessungen, Masse, Rohdichte, Wärmeleitfähigkeit oder Schalldämmmaß. Auch berechnete Kenngrößen, wie z.B. der Treibhauspotenzial-Wert[54] für die Herstellung des Bauprodukts werden in der vorliegenden Arbeit generell als Bauprodukteigenschaft bezeichnet. In dieser Arbeit zählen weitere, das Produkt charakterisierende Informationen, wie z.B. Umweltkennzeichnungen (vgl. Ziffer 2.2.1) oder arbeitsrechtlich relevante Klassifizierungen (z.B.

---

[54] Das Treibhauspotenzial, engl. Global Warming Potential, GWP [76] ist eine Umweltwirkungskategorie, die mit Hilfe der Methode der Ökobilanz [95] berechnet werden kann. Sie gibt potenzielle Wirkungen auf den Klimawandel durch einzelne klimarelevante Emissionen an.

zugewiesener GisCode [11]) als Bauprodukteigenschaften. Im Rahmen dieser Arbeit werden diese Eigenschaften als Parameter in Parametervariationen eingesetzt. Die Begriffe *Bauprodukteigenschaft* und *Produkteigenschaft* werden synonym eingesetzt.

Bauelement: Ein Bauelement stellt ein meist aus mehreren einzelnen Produkten zusammengesetztes, komplexes Teil eines Gebäudes dar. Die in [90] gegebene und in [93] zitierte Definition beschreibt ein Bauelement als Hauptfunktionsteil eines Gebäudes. Speziell werden mit Bauelementen die baulichen Gebäude-Bestandteile beschrieben, in die sich ein Gebäude auf der obersten Strukturebene unterteilt. Bauelemente sind z.B. die Außenwände, Innenwände, Geschossdecken, Fundament, Dach, etc.

Bauelement-Struktur: Die oberste Stufe der Zerlegung eines Gebäudes in einzelne Bestandteile – seine Bauelemente – wird in der vorliegenden Arbeit als Bauelement-Struktur bezeichnet. Verallgemeinernd wird davon ausgegangen, dass eine Bauelement-Struktur universell für Gebäude gültig ist, auch wenn in einzelnen Gebäuden einzelne Bauelemente nicht vorkommen (z.B. eingeschossige Bauwerke verfügen über keine Geschossdecken).

Bauteil: Der Begriff Bauteil weist in dieser Arbeit, in Abgrenzung zu „einfachen“ Produkten, auf Kombinationen von Bauprodukten hin. Deren Zusammenspiel bzw. Kombination zu einem Bauteil ist maßgeblich für die resultierende Funktion. Die Bezeichnung *Bauteil* entspricht der Definition von *Bausatz* in der europäischen Bauprodukteverordnung [69]. Der Begriff wird eingesetzt, um auf Gebäude-Komponenten hinzuweisen, die gegenüber „einfachen“ Bauprodukten eine generell höhere technische oder strukturelle Komplexität aufweisen.

Bauwerkseigenschaft: Entsprechend Bauprodukteigenschaften können gesamte Gebäude über Charakteristika verfügen, mit denen sie beschrieben werden. Diese werden als Bauwerkseigenschaften bezeichnet und dienen der Abgrenzung des Bezugs einer Charakterisierung. So kann eine Bauwerkseigenschaft nur für das vollständige Gebäude zutreffend sein (z.B. Energiebedarf zur thermischen Konditionierung), ohne einzelne Produkte zu charakterisieren.

Bewertung, Bewertungsergebnis: Eine Bewertung bezeichnet in der vorliegenden Arbeit den Prozess der Berechnung eines Bewertungsergebnisses für einen

Indikator. Für diese Bewertung wird auf eine Bewertungsfunktion zurückgegriffen, mit der einzelne Parameter oder alternativ ein berechneter Indikatorwert in z.B. eine Punktzahl auf einer Bewertungsskala umgerechnet wird. Unter Ziffer 2.1.1 werden die einzelnen Schritte der Berechnung einer Gebäudebewertung erläutert. Das Bewertungsergebnis wird in dieser Arbeit auch als bewertetes, nicht-gewichtetes Indikatorergebnis W bezeichnet.

Bewertungsschlüssel: Mit Bewertungsschlüssel wird das Zusammenspiel der einzelnen Indikatorgewichte beschrieben. Für eine Bewertung sind die Bewertungs-Beiträge der einzelnen Indikatoren gegeneinander zu gewichten. Die Summe dieser Gewichte beträgt grundsätzlich 100% der maximal möglichen Gesamtbewertung. Die Zusammensetzung dieser Gewichte wird als Bewertungsschlüssel bezeichnet. Er gibt Auskunft über die Bedeutung einzelner Aspekte und repräsentiert die der Bewertung zugrunde liegende Werthaltung. In Systemen zur Zertifizierung nachhaltiger Gebäude basiert dieser Bewertungsschlüssel in der Regel auf dem Konsens der an der Erstellung beteiligten interessierten Kreise. Ihm liegt ein mehr oder minder umfassender gesellschaftlicher Konsens zugrunde. Die generelle Zustimmung zu einem Bewertungsschlüssel kann als eine Voraussetzung für die Akzeptanz eines Bewertungssystems angesehen werden und ist von entsprechend großer Bedeutung.

Indikator: Ein *Indikator* stellt in der vorliegenden Arbeit die kleinste eigenständige Bewertungseinheit eines Systems für die Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden dar. Für einen Indikator kann ein Bewertungsergebnis ermittelt werden und ein Indikator hat ein Indikatorgewicht – entsprechend dem Bewertungsschlüssel, das den Beitrag des Indikators zur Gebäudebewertung quantifiziert. Das Gewicht eines Indikators in einem Bewertungssystem wird nicht unbedingt explizit aufgeführt, es kann jedoch grundsätzlich ermittelt werden. Ein Indikator ist eindeutig definiert, so dass die Bewertung des Indikators zu reproduzierbaren Ergebnissen führt. Diese Definition umfasst die Rechenvorschriften zur Bewertung des Indikators.

Indikator-Definition: In Systemen zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden sind Indikatoren immer eindeutig festgelegt, so dass die Anwendung eines Indikators auf ein Bewertungsobjekt zu objektiven und reproduzierbaren Ergebnissen führt. Die Definition des Indikators umfasst die Bezeichnung des Indikators, Rechenregeln zur Quantifizierung eines Indikatorwertes oder die Verfahren zur Er-

mittlung der Bewertungsgrundlage. Auch die Bewertung des Indikators und das Gewicht des Indikators, sowie Systemgrenzen und weitere spezifische Regelungen zur Anwendung des Indikators sind in dieser Definition enthalten.

Indikatorgewicht: Ein Indikatorgewicht beschreibt die Bedeutung eines einzelnen Aspekts – ausgedrückt durch den Indikator – im Kanon aller berücksichtigten Aspekte eines Bewertungssystems. Das Indikatorgewicht ist Teil des Bewertungsschlüssels des Bewertungssystems. Das Ergebnis eines Indikators geht, mit dem Indikatorgewicht α multipliziert, als Summand in die Berechnung einer Gesamtbewertung ein.

Indikatormodell: Ein Indikatormodell beschreibt die Ermittlung einer Bewertung für einen Indikator. Es enthält die Rechenschritte zur Quantifizierung eines Indikatorwertes und für die Berechnung eines Bewertungsergebnisses. In dieser Arbeit wird mit dem Indikatormodell speziell die Berechnung der Ergebnisse (vgl. Abbildung 3-2, S.64) bezeichnet, die von der betroffenen Produkteigenschaft ausgeht. Das Indikatormodell stellt den Bezug von Bauprodukteigenschaft zu den Indikatorergebnissen und der Gesamtbewertung eines Gebäudes her.

Indikatorwert: Der Indikatorwert R ist ein berechneter Wert für einen Indikator. Die Definition des Indikators enthält die erforderlichen Rechenvorschriften und in der Regel existieren für einen Indikatorwert Anforderungswerte. Aus dem Verhältnis von berechnetem Indikatorwert und Anforderungswert berechnet sich im darauf folgenden Schritt das Bewertungsergebnis. Als Beispiel kann der Indikator Treibhauspotenzial der DGNB [38] genannt werden. Der Indikatorwert wird für diesen Indikator in $\mathrm{kg\,CO_2\text{-}Äquivalenten}/m^2_{NGF} \cdot a$ angegeben.

Kriterium: Unter *Kriterium* wird eine Anforderung an ein Gebäude im Rahmen einer Gebäudezertifizierung verstanden. Ein Kriterium kann einen einzelnen oder mehrere Indikatoren enthalten. Ein Kriterium hat grundsätzlich eine Definition, die den Bewertungsgegenstand beschreibt. Sie enthält eine Regel, die die Gewichtung und Bewertung der einzelnen Indikatoren gegeneinander festlegt und das Ausweisen eines eindeutigen Bewertungsergebnisses für ein Gebäude gestattet. Umfasst ein Kriterium nur einen Indikator, entspricht die Kriterien-Definition der Indikator-Definition.

Parameter, Parametervariation: Parameter sind exogene Einwirkungen auf ein System, also von außen vorgegebene Einflussgrößen, die durch das System nicht verändert werden können [22]. In der vorliegenden Arbeit dienen Produkteigenschaften als Parameter; das System ist die Beziehung zwischen Produkteigenschaft und Gebäudebewertung.

Die Parametervariation stellt eines der zentralen Elemente der vorliegenden Arbeit dar. Die Variation der Parameter bzw. Bauprodukteigenschaften erlaubt die Analyse des Einflusses der einzelnen Eigenschaften auf das Ergebnis der Gebäudebewertung. Die Produkteigenschaften werden als Eingangsgrößen in Indikatormodellen genutzt. Die Indikatormodelle beschreiben i.d.R. das Bewertungsergebnis als Funktion mit dem zu variierenden Parameter als Veränderliche.

Produktgruppe: Produktgruppen sind im Kontext dieser Arbeit Klassifizierungseinheiten in einer strukturierten Systematik. Produktgruppen umfassen ähnliche Bauprodukte. In der Regel bezieht sich die Ähnlichkeit auf das Material des Produkts und technische Eigenschaften. Im Rahmen der Methode wird eine Produktgruppen-Systematik genutzt – eine hierarchische Auflistung verschiedener Produktgruppen – in die ein Bauprodukt eindeutig eingeordnet werden kann. Indikatormodelle werden mindestens für eine Produktgruppe einheitlich formuliert. Gleiches gilt für die Festlegung relevanter Indikatoren.

Literaturverzeichnis

[1] IBP:18599. Software, Version 4.0.30.329. Schwieberdingen, Stuttgart: Heilmann Software IT GmbH; Fraunhofer IBP 2006-2010.

[2] Abu Dhabi Future Energy Company: Masdar City. Webseite. Online: http://www.masdarcity.ae, zuletzt geprüft am 07.03.2011.

[3] Anderson J., Shiers D., Steele K.: The green guide to specification. An environmental profiling system for building materials and components. Bracknell, Berkshire: IHS BRE Press 2009.

[4] ASTM Standard 1557: Classification for Building Elements and Related Sitework - UNIFORMAT II. ASTM International. West Conshohocken, PA: ASTM International 2009.

[5] Bauer M., Mösle P., Schwarz M.: Green Building. Konzepte für nachhaltige Architektur. München: Callwey 2007.

[6] Baumann O., Reiser C., Schäfer J.: Grün ist nicht gleich Grün - Einblicke in das LEED-Zertifizierungssystem. Bauphysik 31 (2009) 2, S. 99–105. Online: doi: 10.1002/bapi.200910014.

[7] Baumeister R.: Untersuchung über Möglichkeiten zur Implementierung nachhaltiger Gebäudemerkmale in die Immobilienbewertung am Beispiel des Ertragswertverfahren. Master-Thesis. Krems: Donau-Universität 2009.

[8] BBSR (Hg.): Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB). Berlin: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) 2011.

[9] BBSR (Hg.): Nachhaltiges Bauen. Strategien - Methodik - Praxis. (BBSR-Berichte KOMPAKT 14/2010). Bonn: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung 2011.

[10] Bergius, S.: Nachhaltiger Bau: Im Altbau liegt die grüne Zukunft. Handelsblatt Online-Ausgabe. Webseite 01.05.2010. Online: http://www.handelsblatt.com/finanzen/immobilien/nachrichten↵ /im-altbau-liegt-die-gruene-zukunft/3425016.html, zuletzt geprüft am 16.11.2011.

[11] BG Bau (Hg.): GISBAU. Gefahrstoff-Informationssystem der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft. Webseite. Frankfurt am Main 2011. Online: http://www.gisbau.de, zuletzt geprüft am 30.10.2011.

[12] Bibliographisches Institut GmbH: Duden online. Webseite. Mannheim: Dudenverlag. Online: http://www.duden.de, zuletzt geprüft am 06.09.2011.

[13] Blank, M. (Hg.): BKI Baukosten 2010. Teil 1: Statistische Kostenkennwerte für Gebäude. Stuttgart: BKI 2010.

[14] BMVBS: Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB). Informationsportal Nachhaltiges Bauen, Webseite. Berlin: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2009. Online: http://www.nachhaltigesbauen.de/bewertungssystem-nachhaltiges-bauen↵ -fuer-bundesgebaeude-bnb.html, zuletzt geprüft am 07.11.2011.

[15] BMVBS (Hg.): Richtlinien für die Durchführung von Bauaufgaben des Bundes. RBBau. 19. Austauschlieferung zur Ringbuchausgabe 1970. Berlin: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2009.

[16] BMVBS (Hg.): Bekanntmachung über die Nutzung und die Anerkennung von Bewertungssystemen für das nachhaltige Bauen vom 15. April 2010. Bundesanzeiger Nr. 70, 7. Mai 2010, S. 1642-1644. Berlin: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2010.

[17] BMVBS: Ökobau.dat. Baustoff- und Gebäudedaten im Internetportal "Nachhaltiges Bauen". Webseite. Berlin: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2010. Online: http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeudedaten↵ /oekobaudat.html, zuletzt geprüft am 06.09.2011.

[18] BMVBS (Hg.): Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Neubau Büro und Verwaltungsgebäude. Steckbrief 1.1.1 Treibhauspotenzial (GWP). Berlin: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2011.

[19] BMVBS (Hg.): Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude. Steckbrief 2.1.1 Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus. Berlin: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2011.

[20] BMVBS (Hg.): Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Berlin: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2011.

[21] Bosch K.: Formelsammlung Mathematik. München, Wien: Oldenbourg 2002.

[22] Bossel H.: Modellbildung und Simulation. Konzepte, Verfahren und Modelle zum Verhalten dynamischer Systeme; ein Lehr- und Arbeitsbuch mit Simulations-Software. Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg 1992.

[23] BRE Group (Hg.): Environmental Profiles of Construction Products. Scheme Document. Watford: BRE Global Ltd 2008.

[24] BRE Group: BREEAM - BRE Environmental Assessment Method. Webseite. Watford: BRE Global Ltd 2011. Online: http://www.breeam.org↵ /page.jsp?id=176, zuletzt geprüft am 7.3.2011.

[25] BRE Group (Hg.): BREEAM New Construction. Non-Domestic Buildings. Technical Manual 2011. SD5073-2.0:2011. Watford: BRE Global Ltd 2011.

[26] BRE Group: Green Guide to Specification. Webseite. Watford: Building Research Establishment (BRE) 2011. Online: http://www.bre.co.uk↵ /greenguide/podpage.jsp?id=2126, zuletzt geprüft am 07.11.2011.

[27] BS 8905: Framework for the assessment of the sustainable use of materials. Guidance. British Standards Institution. London, Boston, Sydney: BSI 2011.

[28] Bundesregierung: Verordnung über die Honorare für Architekten- und Ingenieurleistungen (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure – HOAI). Bundesministerium der Justiz (Hg.): Bundesgesetzblatt, S. 2732–2809.

[29] Carlowitz H. C. von: Sylvicultura oeconomica. Anweisung zur wilden Baum-Zucht. Reprint der Ausgabe Leipzig: Braun 1713. Freiberg: TU, Bergakademie Freiberg 2000.

[30] CEN: CEN/TC 350 Sustainability of construction work - Executive Summary. Brüssel: CEN - Europäisches Komittee für Normung 2005. Online: http://www.cen.eu/cen/Sectors/TechnicalCommitteesWorkshops↵ /CENTechnicalCommittees/Pages/PdfDisplay.aspx, zuletzt geprüft am 06.11.2011.

[31] Charette R. P., Marshall H. E.: UNIFORMAT II Elemental Classification for Building Specifications, Cost Estimating, and Cost Analysis. Montreal, Canada & Washington, DC: Concordia University & National Institute of Standards and Technology 1999.

[32] CSI (Hg.): CSI GreenFormat - GreenFormat Reference. The Construction Product Sustainability Information Reporting Guide. Webseite. Alexandria, VA: Construction Specifications Institute (CSI) 2007-2011. Online: http://www.greenformat.com/reference, zuletzt geprüft am 07.11.2011.

[33] CSI / CSC (Hg.): UniFormat 2010 Edition. A Uniform Classification System of Construction Systems and Assemblies. Alexandria, VA: Construction Specifications Institute (CSI) and Construction Specifications Canada (CSC) 2010.

[34] CSI / CSC (Hg.): MasterFormat Numbers & Titles: Construction Specifications Institute (CSI) and Construction Specifications Canada (CSC) 2011.

[35] CSI / CSC (Hg.): Masterformat, 2011 update. Master list of numbers and titles for the construction industry. Alexandria, VA: Construction Specifications Institute (CSI) and Construction Specifications Canada (CSC) 2011.

[36] Deutsche Gesellschaft Club of Rome: Deutsche Gesellschaft CLUB OF ROME. Webseite. Hamburg: Deutsche Gesellschaft Club of Rome 2011. Online: http://www.clubofrome.de/, zuletzt geprüft am 06.11.2011.

[37] DGNB (Hg.): Kriteriensteckbrief 09 Mikroklima. Nutzungsprofil NBV08. Stuttgart: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. 2008.

[38] DGNB (Hg.): Kriteriensteckbrief 01 Treibhauspotential (GWP). Nutzungsprofil NBV09. Stuttgart: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. 2009.

[39] DGNB (Hg.): Kriteriensteckbrief 16 Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus. Nutzungsprofil NBV09. Stuttgart: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. 2009.

[40] DGNB (Hg.): Kriteriensteckbrief 20 Innenraumhygiene. Nutzungsprofil NBV09. Stuttgart: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. 2009.

[41] DGNB (Hg.): Kriteriensteckbrief 21 Akustischer Komfort. Nutzungsprofil NBV09. Stuttgart: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. 2009.

[42] DGNB (Hg.): Kriteriensteckbrief 30 Fahrradkomfort. Nutzungsprofil NBV09. Stuttgart: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. 2009.

[43] DGNB (Hg.): Gewichtungstabelle - Variante: Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude, Version 2009. Stuttgart: Geschäftsstelle der Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. 17.02.2010.

[44] DGNB (Hg.): Ausgezeichnet. Nachhaltig Bauen mit System. Stuttgart: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. 2011.

[45] DGNB: DGNB Navigator. Webseite. Stuttgart: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. 2011. Online: http://www.dgnb-navigator.de/, zuletzt geprüft am 06.11.2011.

[46] DGNB (Hg.): DGNB Navigator. Die wegweisende Plattform für Bauprodukte. Stuttgart: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen mbH 2011.

[47] DGNB: Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude 2009. Webseite. Stuttgart: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. 2011. Online: http://www.dgnb.de/_de/extranet/auditoren/nutzungsprofile↵ /NBV09/index.php, zuletzt geprüft am 29.10.2011.

[48] DGNB: Produktinformationen auf Knopfdruck DGNB Navigator: neue Online-Datenbank für Bauprodukte. Presseinformation: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. Stuttgart 2011.

[49] Dimitrokali E. R.: In What Extent Existing Assessment Methods and Eco-certification of Architectural Materials Can Turn the Construction Industry Sustainable. In: Hondo, H. (Hg.): EcoBalance 2010. The 9th International Conference on EcoBalance. Towards & Beyond 2020. Manuscripts. November 9-12, 2010. Tokio: ILCAJ 2010, S. 465–468.

[50] DIN EN ISO 14021: Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Umweltbezogene Anbietererklärungen (Umweltkennzeichnung Typ II). DIN - Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin: Beuth 2001.

[51] DIN EN ISO 14024: Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Umweltkennzeichnung Typ I - Grundsätze und Verfahren. DIN - Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin: Beuth 2001.

[52] DIN EN ISO 14020: Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Allgemeine Grundsätze. DIN - Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin: Beuth 2002.

[53] DIN EN 12354-6: Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften. Teil 6: Schallabsorption in Räumen. DIN - Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin: Beuth 2004.

[54] DIN 18041: Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen. DIN - Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin: Beuth 2004.

[55] DIN 276-1: Kosten im Bauwesen - Teil 1: Hochbau. DIN - Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin: Beuth 2006.

[56] DIN V 18599: Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. Vornorm. DIN - Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin: Beuth 2007.

[57] DIN ISO 14025: Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Typ III Umweltdeklarationen - Grundsätze und Verfahren. DIN - Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin: Beuth 2007.

[58] DIN 18040-1: Barrierefreies Bauen - Planungsgrundlagen - Teil 1: Öffentlich zugängliche Gebäude. DIN - Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin: Beuth 2010.

[59] DIN EN 15643-1: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden - Teil 1: Allgemeine Rahmenbedingungen; Deutsche Fassung EN 15643-1:2010. DIN - Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin: Beuth 2010.

[60] E DIN EN 15978: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der Umweltleistungfähigkeit von Gebäuden - Berechnungsmethode; Deutsche Fassung prEN 15978:2010 (Entwurf). DIN - Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin: Beuth 2010.

[61] E DIN EN 15643-3: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Integrierte Bewertung der Qualität von Gebäuden - Teil 3: Rahmenbedingungen für die Bewertung der sozialen Qualität; Deutsche Fassung prEN 15643-3:2010 (Entwurf). DIN - Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin: Beuth 2010.

[62] E DIN EN 15643-4: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Integrierte Bewertung der Qualität von Gebäuden - Teil 4: Rahmenbedingungen für die Bewertung der ökonomischen Qualität; Deutsche Fassung prEN 15643-4:2010 (Entwurf). DIN - Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin: Beuth 2010.

[63] DIN EN 15643-2: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden - Teil 2: Rahmenbedingungen für die Bewertung der umweltbezogenen Qualität; Deutsche Fassung EN 15643-2:2011. DIN - Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin: Beuth 2011.

[64] E DIN EN 15804: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltdeklarationen für Produkte - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte; Deutsche Fassung FprEN 15804:2011 (Entwurf). DIN - Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin: Beuth 2011.

[65] Ebert T., Eßig N., Hauser G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. Nachhaltigkeit bewerten, internationaler Systemvergleich, Zertifizierung und Ökonomie. München: Inst. für Internat. Architektur-Dokumentation 2010, 2010.

[66] EC JRC-IET (Hg.): The European GreenBuilding Programme. Webseite. Brüssel: European Commission, Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport 2005-2011. Online: http://re.jrc.ec.europa.eu↵ /energyefficiency/greenbuilding/index.htm, zuletzt geprüft am 16.11.2011.

[67] Elliot L., Breslau B., Wolody D. Jones Lang LaSalle & CoreNet Global (Hg.): Global Trends in Sustainable Real Estate: An Occupier's Perspective. London, Boston, Sydney 2008.

[68] Europäische Kommission (DG ENTR) (Hg.): Standardization Mandate to CEN - M/350 EN, development of horizontal standardized methods for the assessment of the integrated environmental performance of buildings. Brüssel: Europäische Kommission (Generaldirektion Unternehmen und Industrie) 2004.

[69] Europäische Union: Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates. CPR. (Amtsblatt der Europäischen Union) 2011.

[70] Legislative Entschließung des Europäischen Parlaments vom 18. Januar 2011 zu dem Standpunkt des Rates in erster Lesung im Hinblick auf den Erlass der Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates. 10753/3/2010 – C7-0267/2010 – 2008/0098(COD) 18. Jan 2011.

[71] European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability (Hg.): ILCD handbook. General guide for life cycle assessment : detailed guidance. First edition. Luxembourg: Publications Office of the European Union 2010.

[72] Eyerer P., Kreißig J., Reinhardt H.-W.: Ökologische Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden. Wege zu einer ganzheitlichen Bilanzierung. Basel [u.a.]: Birkhäuser 2000.

[73] Finnish Association of Civil Engineers RIL, VTT Technical Research Centre of Finland (Hg.): SB 11 Helsinki. World Sustainable Building Conference. Oct. 18-21, 2011. Proceedings, vol. 1. Helsinki 2011.

[74] Fischbach R., Wollenberg K.: Volkswirtschaftslehre 1. Einführung und Grundlagen. München, Wien: Oldenbourg 2007.

[75] Fischer H.-M., et al.: Lehrbuch der Bauphysik. Schall - Wärme - Feuchte - Licht - Brand - Klima. Wiesbaden: Vieweg + Teubner 2008.

[76] Forster P., Ramaswamy V.: Chapter 2. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: Solomon, S., et al. (Hg.): Climate change 2007. The physical science basis ; contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York: UNEP 2007, S. 129–234.

[77] Frensch S.: Nachhaltige Immobilien werden zum Standard. Green Building Studie. greenbuilding (2008) 2, S. 44–47.

[78] Geschäftsstelle Minergie (Hg.): Minergie. Häuser mit Gütesiegen. Besser bauen, besser leben. Info Bauherrenschaften. Bern 2011.

[79] Ghumra S.: Developing a Framework for the Sustainability Assessment of Construction Products. In: Finnish Association of Civil Engineers RIL, VTT Technical Research Centre of Finland (Hg.): SB 11 Helsinki. World Sustainable Building Conference. Oct. 18-21, 2011. Proceedings: digital annextures. Helsinki 2011, S. 777–785 (Theme 4).

[80] Grant, R., Ceton, G.: OmniClass and IFD Library. Alexandria, VA: Construction Specifications Institute (CSI) 2008. Online: http://www.omniclass.org/CSI_OmniClass-IFD_2008.pdf, zuletzt geprüft am 19.11.2011.

[81] Green Seal (Hg.): Green Seal & USGBC's LEED v3.0. Earn LEED Points By Using Green Seal-Certified Products and Services. Washington, DC: Green Seal, Inc 2009.

[82] Hansen C. H., Goelzer B.: Engineering Noise Control. In: Goelzer, B., Hansen, C. H. (Hg.): Occupational exposure to noise. Evaluation, prevention and control. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft GmbH 2001, S. 245–296.

[83] Hauff, V. (Hg.): Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. Greven: Eggenkamp 1987.

[84] Henzelmann T., Büchele R., Engel M.: Nachhaltigkeit im Immobilienmanagement. Kurzfassung der Studie. München: Roland Berger Strategy Consultants 2010.

[85] Hofstetter P.: Perspectives in life cycle impact assessment. A structured approach to combine models of the technosphere, ecosphere, and valuesphere. Boston: Kluwer Academic 1998.

[86] Howard N., Edwards S., Anderson J.: BRE methodology for environmental profiles of construction materials, components and buildings. Garston, Watford: BRE 1999.

[87] IBU (Hg.): Im Dienste der Nachhaltigkeit. Königswinter: Institut Bauen und Umwelt e.V. 2009.

[88] IBU: Europäische EPD-Plattform „ECO“ kommt. Webseite: Institut Bauen und Umwelt e.V. 24.09.2011. Online: http://bau-umwelt.de/hp4250↵ /Europaeische-EPD-Plattform-ECO-kommt.htm, zuletzt geprüft am 07.11.2011.

[89] Imboden D. M., Koch S.: Systemanalyse. Einführung in die mathematische Modellierung natürlicher Systeme. Berlin: Springer 2003.

[90] ISO 6707-1: Bau- und Bauingenieurwesen - Vokabular - Teil 1: Allgemeine Begriffe. International Organization for Standardization. Berlin: Beuth 2004.

[91] ISO/PAS 16739: Industry Foundation Classes, Release 2x, Platform Specification (IFC2x Platform). International Organization for Standardization 2005.

[92] ISO 21930: Hochbau - Nachhaltiges Bauen - Umweltdeklaration von Bauprodukten. International Organization for Standardization. Berlin: Beuth 2007.

[93] ISO 15392: Nachhaltiges Bauen - Allgemeine Grundsätze. International Organization for Standardization. Berlin: Beuth 2008.

[94] Kates R. W., Parris T. M., Leiserowitz A. A.: What is Sustainable Development? Goals, Indicators, Values, and Practice. Environment: Science and Policy for Sustainable Development 47 (2005) 3, S. 8–21.

[95] Klöpffer W., Grahl B.: Ökobilanz (LCA). Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf. Weinheim, Bergstr: WILEY-VCH 2009.

[96] König H., et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. Grundlagen; Berechnung; Planungswerkzeuge. München: Institut f. intern. Architektur-Dok. 2009.

[97] Lehmkuhl V.: Neue Basiskriterien für das natureplus-Qualitätszeichen. Umweltverband will Optimum für nachhaltige Bauprodukte. greenbuilding 5 (2011) 10, S. 10–11.

[98] Lemaitre, C., DGNB (Hg.): Nachhaltiges Bauen. DGNB Handbuch Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude Version 2009. Stuttgart: DGNB 2009.

[99] Lenz H.: Marktübersicht schallabsorbierende Anordnungen. Arbeitsbericht. Bochum: Ruhr Universität 1981.

[100] Liebich, T., et al.: Industry Foundation Classes. IFC2x Edition 3 Technical Corrigendum 1. Online Documentation, Webseite: BuildingSMART International Alliance for Interoperability 1996-2007. Online: http://buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x3/TC1/html/index.htm, zuletzt geprüft am 15.11.2011.

[101] Mann S.: Nanotechnology and Construction. Nanoforum Report. Glasgow: Institute of Nanotechnology 06.11.2006.

[102] Matthies M.: Einführung in die Systemwissenschaft. WS 2002 / 2003. Vorlesungsskript. Osnabrück: Institut für Umweltsystemforschung, Universität Osnabrück 2003.

[103] Mayer, F.: Bauprodukte im DGNB-System. E-Mail. Holzkirchen (6.10.2011).

[104] Meadows D. L., et al.: Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt 1972.

[105] Moro J. L., et al.: Baukonstruktion - vom Prinzip zum Detail. Band 1 Grundlagen. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg 2009.

[106] Mösle P.: Entwicklung einer Methode zur Internationalisierung eines ganzheitlichen Zertifizierungssystems zum nachhaltigen Bauen für Bürogebäude. Dissertation, Universität Stuttgart. Stuttgart: Fraunhofer-Verlag 2010.

[107] MTS The Institute for Market Transformation to Sustainability (Hg.): SMaRT LEED Credit. Ruling from USGBC. Washington DC 2007.

[108] Müller U., Rübner K.: The microstructure of concrete made with municipal waste incinerator bottom ash as an aggregate component. Cement and Concrete Research 36 (2006) 8, S. 1434–1443. Online: doi: 10.1016/j.cemconres.2006.03.023.

[109] Müller-Wenk R.: Zurechnung von lärmbedingten Gesundheitsschäden auf den Straßenverkehr. Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) Schweiz 2002.

[110] Murray C. J. L., Lopez A. D.: The global burden of disease. A comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries, and risk factors in 1990 and projected to 2020. Cambridge, MA: Published by the Harvard School of Public Health on behalf of the World Health Organization and the World Bank; Distributed by Harvard University Press 1996.

[111] Nelson A. J., Rakau O., Dörrenberg P.: Nachhaltige Gebäude: Von der Nische zum Standard. (Deutsche Bank Research Aktuelle Themen 483). Frankfurt am Main: Deutsche Bank Research 2010.

[112] Nemry F., et al.: Environmental Improvement Potentials of Residential Buildings. (IMPRO-Building). (JRC Scientific and Technical Reports). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities 2008.

[113] Nusser J., Halstenberg M., Rester C.: Green Building / Nachhaltiges Bauen. Berlin, Frankfurt a.M.: HFK Rechtsanwälte Heiermann Franke Knipp 2010.

[114] OmniClass Secretariat (Hg.): OmniClass – A Strategy for Classifying the Built Environment. Introduction and User's Guide. Alexandria, VA, Toronto, Can.: Construction Specifications Institute (CSI) and Construction Specifications Canada (CSC) 24.03.2006.

[115] PE INTERNATIONAL AG, Lehrstuhl für Bauphysik, Universität Stuttgart: GaBi 4. Software und Datenbanken zur Ganzheitlichen Bilanzierung. Stuttgart, Echterdingen: LBP, PE 1992-2011.

[116] PE INTERNATIONAL (Hg.): Methodische Grundlagen. Ökobilanzbasierte Umweltindikatoren im Bauwesen: Informationsportal Nachhaltiges Bauen des BMVBS 2007.

[117] PE INTERNATIONAL AG, Fraunhofer Institut für Bauphysik: Sustainable Building Specifier. Leinfelden-Echterdingen 2011. Online: http://sbs-prod.elasticbeanstalk.com/, zuletzt geprüft am 29.10.2011.

[118] Peters H.: EPDs bilanzieren Umweltwirkungen. Nachhaltiges Bauen beginnt mit den Baustoffen. greenbuilding 5 (2011) 10, S. 14–17.

[119] Pfister D.: Zur Bedeutung der sozialen Nachhaltigkeit für Immobilien und Prozesse der Raumentwicklung. Eine unterschätzte Dimension der Nachhaltigen Entwicklung und deren Defizite bei den emotionalen Aspekten. (Schriftenreihe des Instituts für Topologie). München 2010.

[120] Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) (Hg.): a-Datenbank. Datensammlung raumakustischer Parameter von Raumbegrenzungsflächen. Version vom 18.5.2011. Braunschweig: Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Arbeitsgruppe 1.63 Geräuschmesstechnik 2011.

[121] Prösler M.: Umweltinformationen für Produkte und Dienstleistungen. Anforderungen Instrumente Beispiele. Berlin, Dessau: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (BDI), Umweltbundesamt 2008.

[122] Prösler M.: Presseinformation. Vom Ministerium empfohlen: DGNB System für die Planungs- und Baupraxis: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. Tübingen/Stuttgart 12.08.2010.

[123] RAL: Der Blaue Engel – Wer steckt dahinter? Webseite. St. Augustin: RAL gGmbH 2011. Online: http://www.blauer-engel.de/de/blauer_engel↵ /wer_steckt_dahinter/index.php, zuletzt geprüft am 07.11.2011.

[124] RAL: Übersicht über alle Vergabegrundlagen. Der Blauer Engel. Webseite. St. Augustin: RAL gGmbH 2011. Online: http://www.blauer-engel.de/de↵ /produkte_marken/uebersicht_vergabegrundlagen.php, zuletzt geprüft am 07.11.2011.

[125] Rat der Europäischen Gemeinschaften (Hg.): Richtlinie 89/106/EWG des Rates vom 21.Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte. CPD 1988.

[126] Rester C.: Rechtliche Aspekte bei der Zertifizierung bestehender Gebäude: Vorsicht mit Zusagen zur Erreichbarkeit eines Siegels. greenbuilding 5 (2011) 10, S. 52–53.

[127] Rosenbaum R., et al.: USEtox - the UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in life cycle impact assessment. The International Journal of Life Cycle Assessment 13 (2008), S. 532–546. Online: doi: 10.1007/s11367-008-0038-4.

[128] Sedlbauer K., Wittstock B., Fischer M.: Die Zukunft ist da - Nachhaltigkeit im Bauwesen. Zeitschrift für Wärmeschutz, Kälteschutz, Schallschutz, Brandschutz (2011) 65, S. 54–60.

[129] Taylor J. R.: Fehleranalyse. Eine Einführung in die Untersuchung von Unsicherheiten in physikalischen Messungen. Weinheim, Basel (Schweiz), Cambridge; New York: VCH 1988.

[130] Thomas E., Köhler A.: Richtig investieren: Maßnahmen für eine DGNB Zertifizierung: Strategien zur Prävalenz von Kriteriensteckbriefen. greenbuilding 5 (2011) 10, S. 25–27.

[131] U.S. Green Building Council (USGBC): Product Manufacturer and Service Provider Resources. Programs & Guides. Online: https://www.usgbc.org↵ /DisplayPage.aspx?CMSPageID=1804, zuletzt geprüft am 11.11.2011.

[132] U.S. Green Building Council (USGBC) (Hg.): LEED 2009 for New Construction and Major Renovation. With Alternative Compliance Paths for Projects Outside the U.S. Washington, DC 2011.

[133] U.S. Green Building Council (USGBC) (Hg.): LEED - Leadership in Energy and Environmental Design. What LEED Is. Webseite: U.S. Green Building Council (USGBC). Online: http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx↵ ?CMSPageID=1988, zuletzt geprüft am 7.11.2011.

[134] UNO (Hg.): Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (United Nations Framework Convention on Climate Change). UNFCCC. New York 1992.

[135] UNO (Hg.): Übereinkommen über die biologische Vielfalt (Convention on Biological Diversity). CBD. Rio de Janeiro 1992.

[136] Vitruvius, Reber F.: De architectura libri decem. Zehn Bücher über Architektur. Lateinisch und deutsch. Wiesbaden: Marix-Verlag; Marixverl 2009.

[137] Wallbaum H., Meins E.: Nicht-Nachhaltiges Planen, Bauen und Betreiben – Aus guten Gründen (noch) die Praxis in der Bauwirtschaft? Bauingenieur 8 (2009) 84, S. 291–303.

[138] Wittstock B.: Ökobilanz. In: Lemaitre, C., DGNB (Hg.): Nachhaltiges Bauen. DGNB Handbuch Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude Version 2009. Stuttgart: DGNB 2009.

[139] Wittstock B., et al.: Gebäude aus Lebenszyklusperspektive - Ökobilanzen im Bauwesen. Bauphysik 31 (2009) 1, S. 9-17. Online: doi: 10.1002/bapi.200910003.

[140] Wittstock B., et al.: The Role of LCA in the German Sustainable Building Certification. In: Hondo, H. (Hg.): EcoBalance 2010. The 9th International Conference on EcoBalance. Towards & Beyond 2020. Manuscripts. November 9-12, 2010. Tokio: ILCAJ 2010, S. 81–82.

[141] Wittstock B., et al.: What is green? Benchmarking the environmental performance of sustainable buildings. (Vortrag CESB10). Prag Juli 2010.

[142] Wittstock B., et al.: LCA in Building Certification: Experiences from Germany. In: Finnish Association of Civil Engineers RIL, VTT Technical Research Centre of Finland (Hg.): SB 11 Helsinki. World Sustainable Building Conference. Oct. 18-21, 2011. Proceedings, vol. 1. Helsinki 2011, S. 134–135.

[143] Wittstock B., Kreißig J., Löwe K.: Life Cycle Assessment as part of the planner's daily routine. International Sustainable Buildings Symposium (ISBS), Ankara, Turkey, 26 May 2010. In: Gültekin, A. e. a. (Hg.): International Sustainable Buildings Symposium. Proceedings. Ankara, Turkey 2010.

[144] Wix, J.: What is the IFC Model? Online: http://www.iai.no/idm↵ /idm_learning/WS3_IDM_WhatIsTheIFCModel.pdf, zuletzt geprüft am 13.11.2011.

[145] Zimmermann J., Norris J.: What is MasterFormat? Presentation-Slides. Alexandria, VA: Construction Specifications Institute (CSI) 2010.

Anhang A Produktgruppen-Systematik der Ökobau.dat - Datenbank

Die hier abgebildete Systematik ist [116] entnommen und durch Abgleich mit [17] an einzelnen Stellen bedarfsorientiert angepasst (vgl. Ziffer 3.3.3). Sie umfasst alle Ebenen der Systematik.

Die Ergänzungen von [17] gegenüber [116] sind *kursiv* geschrieben. In Klammern () sind die Elemente aufgeführt, die im Rahmen der Methode nicht zum Einsatz kommen und unterstrichen sind die eigenen Ergänzungen für den Zweck der Methode.

- 1 Mineralische Baustoffe
  - 1.1 Bindemittel
    - 1.1.1 Zement
    - 1.1.2 Kalk
    - 1.1.3 Gips
    - 1.1.4 Lehm
  - 1.2 Zuschläge
    - 1.2.1 Sand und Kies
    - 1.2.2 Naturstein
    - 1.2.3 Bims
    - 1.2.4 Blähton
    - 1.2.5 Blähschiefer
    - 1.2.6 Blähglas
    - 1.2.7 Perlite
    - 1.2.8 Kraftwerksnebenprodukte
  - 1.3 Steine und Bauelemente
    - 1.3.01 Kalksandstein
    - 1.3.02 Ziegel
    - 1.3.03 Porenbeton
    - 1.3.04 Leichtbeton
    - 1.3.05 Betonfertigteile und Betonwaren
    - 1.3.06 Steinzeug
    - 1.3.07 Fliesen und Platten

1.3.08 Naturwerkstein

1.3.09 Schiefer

1.3.10 Dachziegel

1.3.11 Dachsteine

1.3.12 Faserzement

1.3.13 Gipsplatten

1.3.14 Trockenestrich

1.3.15 Mineralfaser Deckenplatten

1.3.16 Glasbausteine

1.4 Mörtel und Beton

1.4.1 Transportbeton

1.4.2 Mauermörtel

1.4.3 Estrich

1.4.4 Putz und Putzmörtel

1.4.5 Kleber und Klebemörtel

1.5 Asphalt

1.5.1 Asphalt für Tragschichten

1.5.2 Gussasphalt

2 Dämmstoffe

2.1 Mineralwolle

2.01.1 Glaswolle

2.01.2 Steinwolle

2.2 Expandiertes Polystyrol (EPS)

2.3 Extrudiertes Polystyrol (XPS)

2.4 Polyurethan-Hartschaum (PUR)

2.5 Phenolharz-Hartschaum (PF)

2.6 Schaumglas (CG)

2.7 Holzwolle (WW) und Holzwolle-Mehrschichtplatten (WW-C)

2.8 Blähperlit (EPB)

2.9 Expandierter Kork (ICB)

2.10 Holzfasern (WF)

2.11 Zellulosefaser

2.12 Flachsfaser

2.13 Hanffaser

2.14 Baumwolle

2.15 Schafwolle

2.16 Harnstoff-Formaldehydharz Ortschaum

2.17 Melaminharz-Schaum

2.18 Polyethylen-Schaum

2.19 Kautschuk-Schaum

2.20 Calciumsilikat / Calcium-Silikathydrat

3 Holz

3.1 Vollholz

3.1.1 Bau-Schnittholz

3.1.2 Konstruktionsvollholz

3.1.3 Balkenschichtholz (Duo- Triobalken)

3.1.4 Brettschichtholz (BSH)

3.1.5 Brettschichtholzplatte

3.1.6 Thermisch modifiziertes Holz (TMT; thermally modified timber)

3.2 Holzwerkstoffe

3.2.1 3- und 5-Schichtplatten

3.2.2 Sperrholz

3.2.3 Funierschichtholz

3.2.4 Oriented Stranded Board (OSB)

3.2.5 Laminated Veneer Lumber (LVL)

3.2.6 Spanplatten

3.2.7 Holzfaserplatten

3.2.8 Mineralisch gebundene Holzwerkstoffe

3.3 Holzböden

3.3.1 Laminat

3.3.2 Parkett

3.3.3 Dielen

3.3.4 Holz-Pflaster

3.3.5 Kork

4 Metalle

4.1 Stahl und Eisen

4.1.1 Betonstabstahl

4.1.2 Betonstahlmatten

4.1.3 Stahlprofile

4.1.4 Stahlbleche

4.1.5 Guss- und Schmiedeteile aus Stahl und Eisen

4.2 Edelstahl

4.2.1 Edelstahlbleche

4.2.2 Edelstahlprofile

4.2.3 Edelstahl Trinkwasserrohre

4.2.4 Edelstahlseile

4.3 Aluminium

4.3.1 Aluminiumbleche

4.3.2 Aluminiumprofile

4.3.3 Gussteile aus Aluminium

4.4 Kupfer

4.4.1 Kupferbleche

4.4.2 Kupferrohre

4.4.3 Kupferprofile

4.4.4 Schmiede- und Gussteile aus Kupfer und Messing

4.5 Zink

4.5.1 Zinkbleche

4.6 Blei

4.6.1 Bleibleche

(4.7 Oberflächenbehandlung und Beschichtung von Metallen)

(4.7.1 Anodisieren von Aluminium)

(4.7.1 (Nass-) Lackieren von Metallen)

(4.7.3 Pulverbeschichten)

(4.7.4 Verzinken von Stahl)

5 Beschichtungen

5.1 Grundierungen

5.2 Bodenbeschichtungen

5.3 Bituminöse Anstriche

5.4 Fassadenfarben

5.5 Innenfarben

5.6 Lacke und Lasuren

5.6.1 Lacksysteme Holzfenster

5.6.2 Lacksysteme Holzfassade

5.6.3 Parkettlack

5.6.4 Lacksysteme Metall

6 Kunststoffe

6.1 Rohre

6.1.1 Trinkwasserrohre

6.1.2 Abwasserrohre

6.1.3 Regen-/ Grauwasserrohre

6.2 Bodenbeläge

6.2.1 PVC-Bodenbeläge

6.2.2 Gummi/Kautschuk-Bodenbeläge

6.2.3 Synth. Thermoplast / Polyolefin

6.2.4 Linoleum Bodenbeläge

6.2.5 Textile Bodenbeläge

6.3 Dachbahnen

6.3.1 Bitumen Dachbahnen

6.3.2 PVC Dachbahnen

6.3.3 Elastomer Dachbahnen

6.3.4 EVA Dachbahnen (Ethylen-Vinylacetat)

6.3.5 TPO Dachbahnen (FPO)

6.3.6 Solar-Kunststoffdachbahnen

6.4 Profile

6.4.1 Kunststoffprofile hart

6.4.2 Kunststoffprofile elastisch

6.5 Platten

6.5.1 Harz-Komposit Fassadenplatten

6.5.2 Transparente Platten

6.6 Folien / Vliese

6.6.1 Unterspannbahn

6.6.2 Dampfbremse / Dampfsperre

6.6.3 Folien zur Abdichtung

6.6.4 Vliese

6.6.5 Baupappen

6.7 Dichtmassen

7 Komponenten von Fenstern und Vorhangfassaden

7.1 Rahmen / Profile

7.1.1 Holz

7.1.2 Holz thermisch getrennt

7.1.3 Holzwerkstoff

7.1.4. Holz-Aluminium

7.1.5 Aluminium

7.1.6 Aluminium, thermisch getrennt

7.1.7 Stahl

7.1.8 Stahl verzinkt

7.1.9 PVC

7.1.10 harter PUR-Integralschaumstoff

7.2 Füllungen

7.2.1 Transparente Füllungen

7.2.2 Opake Füllungen

7.3 Dichtungskomponenten / Materialien

7.3.1 Dichtprofile

7.3.2 Spritzbare Dichtstoffe

7.3.3 Imprägnierte Dichtungsbänder aus Schaumkunststoff

7.3.4 Fugendichtungsbänder

7.3.5 Elastomer-Fugenbänder

7.3.6 Dichtfolien

7.3.7 Anputzdichtleisten

7.4 Beschläge / Befestigungstechnik

8 Gebäudetechnik

8.1 Heizung

8.1.1 Wärmeerzeuger

8.1.2 Wärmeverteilung und Wärmeabgabe

8.1.3 Speicher und Peripherie

8.2 Klimatisierung / Lüftung

8.2.1 Lüftungsanlagen

8.2.2 Klimatisierung / Kältemaschinen

8.3 Sanitär

8.3.1 Sanitärkeramik

8.3.2 Armaturen

8.3.3 Dusch- und Badewannen

8.4 Elektro

8.4.1 Kabel

8.4.2 Schalter und Steckdosen

8.4.3 Sicherungs- und Schaltschränke

8.4.4 Beleuchtung

8.5 Beförderung

8.5.1 Fahrstuhl

8.5.2 Fahrtreppe

(8.6 Nutzung Gebäudetechnik)

(8.6.1 Heizung)

(8.6.2 Klimatisierung, Lüftung)

(8.6.4 Elektro)

(8.6.5 Beförderung)

(8.7 EoL Gebäudetechnik)

(8.7.1 Heizung)

(.7.2 Klimatisierung, Lüftung)

(8.7.3 Sanitär)

(8.7.4 Elektro)

(8.7.5 Beförderung)

9 Sonstige

(9.1 Baustellenprozesse)

(9.1.1 Bagger / Aushub)

(9.1.2 Betonieren)

(9.1.3 Schalung)

(9.1.4 Schweißen)

(9.2 Energieträger - Bereitstellung frei Verbraucher)

(9.2.1 Erdgas)

(9.2.2 Flüssiggas)

(9.2.3 Heizöl el)

(9.2.4 Holz-Pellets)

(9.2.5 Strom)

(9.2.6 Fernwärme)

(9.3 Güter-Transporte)

(9.3.1 LKW)

(9.3.2 Bahn)

(9.3.3 Binnenschiff)

(9.3.4 Containerschiff)

(9.4 Personen-Transporte)

(9.4.1 PKW)

(9.4.2 Bahn)

(9.4.3 Flugzeug)

(9.5 Abfallaufbereitung und -entsorgung)

(9.5.1 Bauschuttaufbereitung)

(9.5.2 Bauschuttdeponie)

(9.5.3 Regeldeponie)

(9.5.4 Müllverbrennung)

9.6 Grünpflanzen

10 Bauteile

10.1 WDVS

10.2 Trockenbauwände Innenausbau

10.3 Systemtrennwände

10.4 Fenster komplett

Anhang B Kriterien und Indikatoren des DGNB-Nutzungsprofils „Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude, Version 2009“ (NBV09)

Die folgende Tabelle enthält die Kriterien und Einzelindikatoren des DGNB Nutzungsprofils NBV09 (nur die Kriterien der Objektbewertung, ohne Kriterien der Standortqualität). Die Nummerierungen und Indikatorbezeichnungen sind [43] entnommen. Neben den Indikatoren sind die zugeordneten Indikator-Typen (vgl. Ziffer 4.3.1) sowie die berechneten Gewichte der Kriterien und der Indikatoren der Typen D und E (solche mit Relevanz für die Methode) aufgeführt. Die Gewichte sind als Beiträge zur Gesamtbewertung einer DGNB-Zertifizierung zu verstehen. Die Indikatoren der Typen A, B und C (Indikatoren ohne Relevanz für die Methode) sind in grauer, kursiver Schrift aufgeführt.

Nr.	Kriterium	Indikator	Zuordnung Indikatoren-Typ	Gewicht je Kriterium	Indikatorgewicht α (nur Indikatoren der Typen D, E)
1	Treibhauspotenzial (GWP)		E	3,97%	3,97%
2	Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)		E	1,32%	1,32%
3	Ozonbildungspotenzial (POCP)		E	1,32%	1,32%
4	Versauerungspotenzial (AP)		E	1,32%	1,32%
5	Überdüngungspotenzial (EP)		E	1,32%	1,32%
6	Risiken für die lokale Umwelt		D	3,97%	3,97%
8	Nachhaltige Ressourcenverwendung/ Holz		D	1,32%	1,32%
10	Nicht-erneuerbarer Primärenergiebedarf (PE_{ne})		E	3,97%	3,97%
11	Ges.-Primärenergiebed. u. Anteil erneuerbar (PE_{ne})		-	2,65%	
11.1		Gesamteinsatz Energie/Primärenergie PE_{ges}	E		1,76%
11.2		Anteil erneuerbarer Primärenergie	E		0,88%
14	Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen		E	2,65%	2,65%

Nr.	Kriterium	Indikator	Zuordnung Indikatoren-Typ	Gewicht je Kriterium	Indikatorgewicht α (nur Indikatoren der Typen D, E)
15	*Flächeninanspruchnahme*		A	2,65%	
16	gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus		E	13,50%	13,50%
17	Drittverwendungsfähigkeit		-	9,00%	
17.1		*Flächeneffizienz*	A		
17.2		*Umnutzungsfähigkeit*	A		
17.3		*Möglichkeit zur Umrüstung für andere Nutzungsarten*	A		
18	Thermischer Komfort im Winter		-	1,61%	
18.1		Operative Temperatur	E		1,13%
18.2		*Zugluft*	A		
18.3		Strahlungstemperatur-asymmetrie und Fußbodentemperatur	E		0,16%
18.4		*Relative Luftfeuchte*	A		
19	Thermischer Komfort im Sommer		-	2,41%	
19.1		Operative Temperatur	E		1,69%
19.2		*Zugluft*	A		
19.3		Strahlungstemperatur-asymmetrie und Fußbodentemperatur	E		0,24%
19.4		*Relative Luftfeuchte*	A		
20	Innenraumhygiene		-	2,41%	
20.1		Flüchtige organische Stoffe (TVOC sowie Formaldehyd)	E		1,21%
20.2		*Personenbezogene Lüftungsrate*	A		
21	Akustischer Komfort		-	0,80%	
21.1		Einzel- und Mehrpersonenbüros bis zu einer Fläche von 40 m²	E		0,24%
21.2		Mehrpersonenbüros	E		0,48%

Nr.	Kriterium	Indikator	Zuordnung Indikatoren-Typ	Gewicht je Kriterium	Indikatorgewicht α (nur Indikatoren der Typen D, E)
21.3		Besprechungsräume	E		0,04%
21.4		Kantinen mit einer Grundfläche > 50 m²	E		0,04%
22	Visueller Komfort		-	2,41%	
22.1		*Tageslichtverfügbarkeit Gesamtgebäude*	A		
22.2		*Tageslichtverfügbarkeit Arbeitsplatz*	A		
22.3		Sichtverbindungen außen	D		0,34%
22.4		*Blendfreiheit Tageslicht*	C		
22.5		*Blendfreiheit Kunstlicht*	A		
22.6		*Lichtverteilung Kunstlicht*	C		
22.7		Farbwiedergabe	D		0,34%
23	Einflussnahmemöglichkeiten des Nutzers		-	1,61%	
23.1		*Lüftung*	A		
23.2		*Sonnenschutz*	A		
23.3		*Blendschutz*	A		
23.4		*Temperaturen während der Heizperiode*	A		
23.5		*Temperaturen außerhalb der Heizperiode*	A		
23.6		*Steuerung von Tages- und Kunstlicht*	A		
23.7		*Bedienfreundlichkeit*	A		
24	Gebäudebezogene Außenraumqualität		-	0,80%	
24.1.1		*Quantitative Bewertung: Dachfläche*	A		
24.1.2		*Quantitative Bewertung: Fassadenintegrierte Außenraumfläche*	A		

Nr.	Kriterium	Indikator	Zuordnung Indi-katoren-Typ	Gewicht je Krite-rium	Indikatorgewicht α (nur Indikatoren der Typen D, E)
24.1.3		*Quantitative Bewertung: Gebäudeintegrierte Außenraumfläche*	A		
24.1.4		*Quantitative Bewertung: Sonderflächen im EG-Bereich*	A		
24.2.1		*Qualitative Bewertung: Gestaltungskonzept*	A		
24.2.2		Qualitative Bewertung: Standortgerechte und einheimi-sche Bepflanzung	D		0,04%
24.2.3		*Qualitative Bewertung: Pflegevertrag für die Bepflanzung*	A		
24.2.4		*Qualitative Bewertung: Ausrichtung zu mind. zwei Him-melrichtungen*	A		
24.2.5		*Qualitative Bewertung: Soziokulturelle Nutzung d. Au-ßenraumflächen*	A		
24.2.6		Qualitative Bewertung: Positiver Beitrag d. Außenraums zum Mikroklima	D		0,04%
24.2.7		*Qualitative Bewertung: Ausstattungsmerkmale*	C		
25	Sicherheit und Störfallrisiken		-	0,80%	
25.1		*Subjektives Sicherheitsempfinden und Schutz vor Übergriffen*	A		
25.2		Reduktion des Schadensausmaß im Fall von Schadensereignissen	D		0,40%
26	Barrierefreiheit		D	1,61%	1,61%
27	*Flächeneffizienz*		A	0,80%	
28	Umnutzungsfähigkeit		-	1,61%	
28.1		*Modularität des Gebäudes*	A		
28.2.1		Räumliche Struktur: Umsetzbarkeit	D		0,24%

Nr.	Kriterium	Indikator	Zuordnung Indikatoren-Typ	Gewicht je Kriterium	Indikatorgewicht α (nur Indikatoren der Typen D, E)
28.2.2		*Räumliche Struktur: Zwischenlagerung*	A		
28.3.1		*Elektro- und Medienversorgung: Doppelboden*	A		
28.3.2		*Elektro- und Medienversorgung: Kapazität*	A		
28.3.3		*Elektro- und Medienversorgung: BUS*	A		
28.4.1		*Flexibiltät Heizungsanschlüsse /-verteilung*	A		
28.4.2		*Flexibiltät Wasseranschlüsse /-verteilung*	A		
28.4.3		*Flexibiltät Lüftungs- und Klimaanschlüsse /-verteilung*	A		
29	Öffentliche Zugänglichkeit		-	1,61%	
29.1		*Grundsätzliche Zugänglichkeit*	A		
29.2		*Öffnung der Außenanlagen für die Öffentlichkeit*	A		
29.3		*Öffnung gebäudeinterner Einrichtungen*	A		
29.4		*Möglichkeit der Anmietung von Räumlichkeiten*	A		
29.5		*Nutzungsvielfalt der der Öffentlichkeit zugänglichen Bereiche innerhalb des Gebäudes*	A		
30	Fahrradkomfort		-	0,80%	
30.1		*qualitative Kriterien*	A		
30.2		*quantitative CP*	A		
31	Sicherung der gestalterischen und städtebaulichen Qualität im Wettbewerb		-	2,41%	
31.1.1		*Durchführung von Planungswettbewerben*	A		
31.1.2		*Wettbewerbsverfahren*	A		

Nr.	Kriterium	Indikator	Zuordnung Indikatoren-Typ	Gewicht je Kriterium	Indikatorgewicht α (nur Indikatoren der Typen D, E)
31.1.3		*Ausführung eines preisgekrönten Entwurfs*	A		
31.1.4		*Beauftragung des Planungsteams*	A		
31.2	ODER:	*Auszeichnung mit einem Architekturpreis*	A		
32	Kunst am Bau		-	0,80%	
32.1		*Mindestanforderung*	A		
32.2.1	ODER:	*Bereitstellung von Mitteln im Rahmen der Bauaufgabe*	A		
32.2.2		*Umsetzen Empfehlungen des Leitfadens*	A		
32.2.3		*Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit*	A		
33	Brandschutz		-	4,50%	
33.1		*LBO*	A		
33.2		Stoffe / Produkte	D		0,45%
33.3		*Erhöhte Feuerwiderstandsklassen*	C		
33.4		*Vergrößerte Querschnitte für die Entrauchung*	A		
33.5		*Brandgasmelder*	C		
33.6		*Rauchmelder oder Wärmemelder*	C		
33.7		*Automatische Feuerlöschanlage*	C		
33.8		*Realisierung kleinerer Brand-/Rauchabschnitte*	A		
34	Schallschutz		-	4,50%	
34.1		Luftschallschutz gegenüber Außenlärm	D		0,90%
34.2		Luftschallschutz gegenüber fremden Arbeitsräumen	D		
34.3		Trittschallschutz gegenüber fremden Arbeitsräumen	D		

Nr.	Kriterium	Indikator	Zuordnung Indikatoren-Typ	Gewicht je Kriterium	Indikatorgewicht α (nur Indikatoren der Typen D, E)
34.4		Schallschutz gegenüber haustechnischen Anlagen	D		
35	Wärme- und feuchteschutztechnische Qualität der Gebäudehülle		-	4,50%	
35.1		U-Wert	D		1,35%
35.2		*Wärmebrücken*	A		
35.3		*Luftdurchlässigkeit*	A		
35.4		*Tauwasserbildung*	A		
35.5		*Luftdichtheit*	A		
35.6		*Sonneneintragskennwert*	A		
40	Reinigungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit des Baukörpers		-	4,50%	
40.1		*Tragkonstruktion*	A		
40.2		*Nichttragende Konstruktion außen*	A		
40.3.1		Bodenbelag (Nichttragende Konstruktion innen)	D		0,90%
40.3.2		*Schmutzfangzone (Nichttragende Konstruktion innen)*	C		
40.3.3		*Fußbodenleisten (Nichttragende Konstruktion innen)*	C		
40.3.4		*Raumaufteilung (Nichttragende Konstruktion innen)*	A		
42	Rückbaubarkeit, Recyclingfreundlichkeit, Demontagefreundlichkeit		-	4,50%	
42.1		Aufwand zur Demontage	E		1,71%
42.2		Aufwand zur Trennung	E		1,71%
42.3		*Recycling- / Entsorungskonzept*	A		
43	Qualität der Projektvorbereitung		-	1,30%	

Nr.	Kriterium	Indikator	Zuordnung Indi-katoren-Typ	Gewicht je Krite-rium	Indikatorgewicht α (nur Indikatoren der Typen D, E)
43.1		*Bedarfsplanung*	A		
43.2		*Zielvereinbarung*	A		
43.3		*Wettbewerb*	A		
43.4		*Einflußnahme auf Energieauf-wand*	A		
44	Integrale Planung		-	1,30%	
44.1		*Integrales Planungsteam*	A		
44.2		*Qualifikation des Planungsteams*	A		
44.3		*Integraler Planungsprozess*	A		
44.4		*Partizipation Nutzer*	A		
44.5		*Partizipation Öffentlilchkeit*	A		
45	Optimierung und Komplexität der Herangehensweise in der Planung		-	1,30%	
45.1		*SiGe-Plan*	A		
45.2		*Energiekonzept*	A		
45.3		*Wasserkonzept*	A		
45.4		*Tageslichtoptimierung*	A		
45.5		*Abfallkonzept*	A		
45.6		*Messkonzept*	A		
45.7		*Konzept zur Umbaubarkeit, Rückbaubarkeit u. Recycling-freundlichkeit*	A		
45.8		*Reinigungs- und Instandhaltungs-konzept*	A		
45.9		*Prüfung der Planungsunterlagen durch unabhängige Dritte*	A		
45.10		*Variantenvergleich*	A		
46	Sicherung der Nachhaltgkeits-aspekte in Ausschreibung und Vergabe		-	0,87%	
46.1		*Ausschreibung*	A		

Nr.	Kriterium	Indikator	Zuordnung Indikatoren-Typ	Gewicht je Kriterium	Indikatorgewicht α (nur Indikatoren der Typen D, E)
46.2		*Auswahl von Firmen*	A		
47	Schaffung von Vorraussetzungen für eine optimale Nutzung und Bewirtschaftung		-	0,87%	
47.1		*Objektdokumentation / Gebäudepass*	A		
47.2		*Wartungs-, Inspektions-, Betriebs-, und Pflegeanleitungen*	A		
47.3		*Anpassung der Pläne, Nachweise und Berechnungen an das realisierte Gebäude*	A		
47.4		*Erstellung eines Nutzerhandbuch*	A		
48	Baustelle / Bauprozess		-	0,87%	
48.1		*Abfallarme Baustelle*	A		
48.2		*Lärmarme Baustelle*	A		
48.3		*Staubarme Baustelle*	A		
48.4		*Umweltschutz (Bodenschutz)*	A		
49	Qualität der ausführenden Firmen / Präqualifikation		A	0,87%	
50	Qualitätssicherung der Bauausführung		-	1,30%	
50.1		*Dokumentation Materialien, Hilfsstoffe und Sicherheitsdatenblätter*	B		
50.2		*Messungen zur Qualitätskontrolle*	A		
51	Systematische Inbetriebnahme		A	1,30%	

Anhang C Relevanz-Abgrenzung von Bauprodukten gegenüber Indikatoren (Anwendungsbeispiel, Kap. 4)

Dieser Anhang enthält die unter Ziffer 3.3 erläuterten Schritte, mit denen die Relevanz-Abgrenzung der Bauprodukte gegenüber Indikatoren festgelegt wird. Grundlage sind die Indikatoren der Typen D und E.

Anhang C.1 Schritt 1: Funktions-Indikatoren-Zuordnung (FIZ) und Abgleich mit Funktions-Bauelement-Zuordnung (FBZ)

Die folgende Tabelle stellt Schritt 1 zur Festlegung der Relevanz-Abgrenzung von Bauprodukten gegenüber Indikatoren dar: die Zuordnung von Bauwerksfunktionen zu Indikatoren (FIZ). Durch Abgleich mit der FBZ kann unmittelbar die resultierende Zuordnung zu Bauelementen erfolgen. Die Bauelemente sind hier als Kostengruppen der DIN 276-1 angegeben.

Bauprodukt-relevante Nachhaltigkeitsindikatoren	Indikatoren-Typ	Funktions-Indikatoren-Zuordnung	Resultierende Relevanz (Kostengruppen)
K 1 Treibhauspotenzial (GWP)	E	alle	alle
K 2 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	E	alle	alle
K 3 Ozonbildungspotenzial (POCP)	E	alle	alle
K 4 Versauerungspotenzial (AP)	E	alle	alle
K 5 Überdüngungspotenzial (EP)	E	alle	alle
K 6 Risiken für die lokale Umwelt	D	alle	alle
K 8 Nachhaltige Ressourcenverwendung/ Holz	D	alle	alle
K 10 Nicht-erneuerbarer Primärenergiebedarf (PEne)	E	alle	alle
K 11.1 Gesamteinsatz Energie/Primärenergie PEges	E	alle	alle
K 11.2 Anteil erneuerbarer Primärenergie	E	alle	alle
K 14 Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	E	Versorgen mit Wasser	KG 410
K 16 gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	E	alle	alle
K 18.1 Operative Temperatur	E	Thermische Konditionierung, Natürliche Belüftung, Sonnenschutz, Versorgen mit Heizwärme, Versorgen mit Kälte	KG 320, KG 330, KG 360, KG 420, KG 430

Bauprodukt-relevante Nachhaltigkeitsindikatoren	Indikatoren-Typ	Funktions-Indikatoren-Zuordnung	Resultierende Relevanz (Kostengruppen)
K 18.3 Strahlungstemperatur-asymmetrie und Fußbodentemperatur	E	Thermische Konditionierung, Sonnenschutz	KG 320, KG 330, KG 360
K 19.1 Operative Temperatur	E	Thermische Konditionierung, Natürliche Belüftung, Sonnenschutz, Versorgen mit Heizwärme, Versorgen mit Kälte	KG 320, KG 330, KG 360, KG 420, KG 430
K 19.3 Strahlungstemperatur-asymmetrie und Fußbodentemperatur	E	Thermische Konditionierung, Sonnenschutz	KG 320, KG 330, KG 360
K 20.1 Flüchtige organische Stoffe (TVOC sowie Formaldehyd)	E	Einhüllen/Abgrenzen von Innenräumen	KG 330, KG 340, KG 350, KG 360
K 21.1 Akustischer Komfort - Einzel- und Mehrpersonenbüros bis zu einer Fläche von 40 m²	E	Raumakustische Konditionierung, Einhüllen/Abgrenzen von Innenräumen	KG 330, KG 340, KG 350, KG 360
K 21.2 Akustischer Komfort - Mehrpersonenbüros	E	Raumakustische Konditionierung, Einhüllen/Abgrenzen von Innenräumen	KG 330, KG 340, KG 350, KG 360
K 21.3 Akustischer Komfort - Besprechungsräume	E	Raumakustische Konditionierung, Einhüllen/Abgrenzen von Innenräumen	KG 330, KG 340, KG 350, KG 360
K 21.4 Akustischer Komfort - Kantinen mit einer Grundfläche > 50 m²	E	Raumakustische Konditionierung, Einhüllen/Abgrenzen von Innenräumen	KG 330, KG 340, KG 350, KG 360
K 22.3 Sichtverbindungen außen	D	Sicht-, Blend-, Sonnenschutz	KG 330, KG 360
K 22.7 Farbwiedergabe	D	Sicht-, Blend-, Sonnenschutz, Belichtung, Beleuchtung	KG 330, KG 360, KG 440
K 24.2.2 Qualitative Bewertung: Standortgerechte und einheimische Bepflanzung	D	alle	alle
K 24.2.6 Qualitative Bewertung:	D	Einhüllen	KG 300

Bauprodukt-relevante Nachhaltigkeitsindikatoren	Indikatoren-Typ	Funktions-Indikatoren-Zuordnung	Resultierende Relevanz (Kostengruppen)
Positiver Beitrag d. Außenraums zum Mikroklima			
K 25.2 Reduktion des Schadensausmaß im Fall von Schadensereignissen	D	alle	alle
K 26 Barrierefreiheit	D	alle	alle
K 28.2.1 Räumliche Struktur: Umsetzbarkeit	D	Sichtschutz,Einhüllen/Abgrenzen von Innenräumen	KG 330,KG 340,KG 350,KG 360
K 33.2 Stoffe / Produkte	D	alle	alle
K 33.3 Erhöhte Feuerwiderstandsklassen	D	Brandschutz	KG 330, KG 340, KG 350, KG 360, KG 470
K 34.1 Luftschallschutz gegenüber Außenlärm	D	Schallschutz	KG 330, KG 340, KG 350, KG 360
K 34.2 Luftschallschutz gegenüber fremden Arbeitsräumen	D	Schallschutz	KG 330, KG 340, KG 350, KG 360
K 34.3 Trittschallschutz gegenüber fremden Arbeitsräumen	D	Schallschutz	KG 330, KG 340, KG 350, KG 360
K 34.4 Schallschutz gegenüber haustechnischen Anlagen	D	Schallschutz	KG 330, KG 340, KG 350, KG 360
K 35.1 U-Wert	D	Thermische Konditionierung	KG 320, KG 330, KG 360
K 40.3.1 Bodenbelag (Nichttragende Konstruktion innen)	D	alle	alle
K 40.3.3 Fußbodenleisten (Nichttragende Konstruktion innen)	D	alle	alle
K 42.1 Aufwand zur Demontage	E	alle	alle
K 42.2 Aufwand zur Trennung	E	alle	alle

Anhang C.2 Schritt 2: Indikator-spezifische Einschränkungen

Die folgende Tabelle stellt Schritt 2 zur Festlegung der Relevanz-Abgrenzung der Bauprodukte gegenüber Indikatoren dar: die Berücksichtigung Indikator-spezifischer Einschränkungen, also solcher Einschränkungen, die in der Indikatoren-Definition enthalten sind.

Bauprodukt-relevante Nachhaltigkeitsindikatoren	Indikatoren-Typ	Indikator-spezifische Einschränkungen durch Systemgrenzen, den Indikatoren-Definitionen entnommen
K 1 Treibhauspotenzial (GWP)	E	alle außer PG 9.6
K 2 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	E	alle außer PG 9.6
K 3 Ozonbildungspotenzial (POCP)	E	alle außer PG 9.6
K 4 Versauerungspotenzial (AP)	E	alle außer PG 9.6
K 5 Überdüngungspotenzial (EP)	E	alle außer PG 9.6
K 6 Risiken für die lokale Umwelt	D	KG 300, KG 410, KG 420, KG 430 Produktgruppen: 1.1, 1.4, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.7, 2.10, 2.16, 2.17, 2.18, 2.19, 3, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 5, 6.2, 6.3, 6.7, 7.1, 7.3, 8.2, 10
K 8 Nachhaltige Ressourcenverwendung/ Holz	D	KG 300 Produktgruppen: 2.7, 2.10, 3, 7.1
K 10 Nicht-erneuerbarer Primärenergiebedarf (PEne)	E	alle außer PG 9.6
K 11.1 Gesamteinsatz Energie/Primärenergie PEges	E	alle außer PG 9.6
K 11.2 Anteil erneuerbarer Primärenergie	E	alle außer PG 9.6
K 14 Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	E	nur Produktgruppe 8.3
K 16 gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	E	KG 300, KG 400
K 18.1 Operative Temperatur	E	alle außer PG 9.6
K 18.3 Strahlungstemperatur-asymmetrie und Fußbodentemperatur	E	alle außer PG 9.6
K 19.1 Operative Temperatur	E	alle außer PG 9.6
K 19.3 Strahlungstemperatur-asymmetrie und Fußbodentemperatur	E	alle außer PG 9.6
K 20.1 Flüchtige organische Stoffe (TVOC sowie Formaldehyd)	E	alle außer PG 9.6

Bauprodukt-relevante Nachhaltigkeitsindikatoren	Indikatoren-Typ	Indikator-spezifische Einschränkungen durch Systemgrenzen, den Indikatoren-Definitionen entnommen
K 21.1 Akustischer Komfort - Einzel- und Mehrpersonenbüros bis zu einer Fläche von 40 m²	E	alle außer PG 9.6
K 21.2 Akustischer Komfort - Mehrpersonenbüros	E	alle außer PG 9.6
K 21.3 Akustischer Komfort - Besprechungsräume	E	alle außer PG 9.6
K 21.4 Akustischer Komfort - Kantinen mit einer Grundfläche > 50 m²	E	alle außer PG 9.6
K 22.3 Sichtverbindungen außen	D	KG 332, KG 334, KG 337, KG 338, KG 362
K 22.7 Farbwiedergabe	D	PG 7.2.1, PG 8.4.4
K 24.2.2 Qualitative Bewertung: Standortgerechte und einheimische Bepflanzung	D	PG 9.6
K 24.2.6 Qualitative Bewertung: Positiver Beitrag d. Außenraums zum Mikroklima	D	KG 330, KG 360 plus PG 10.5
K 25.2 Reduktion des Schadensausmaß im Fall von Schadensereignissen	D	alle außer PG 9.6
K 26 Barrierefreiheit	D	alle außer PG 9.6
K 28.2.1 Räumliche Struktur: Umsetzbarkeit	D	KG 340
K 33.2 Stoffe / Produkte	D	alle außer PG 9.6
K 33.3 Erhöhte Feuerwiderstandsklassen	D	KG 300
K 34.1 Luftschallschutz gegenüber Außenlärm	D	KG 330, KG 360
K 34.2 Luftschallschutz gegenüber fremden Arbeitsräumen	D	KG 340
K 34.3 Trittschallschutz gegenüber fremden Arbeitsräumen	D	KG 350
K 34.4 Schallschutz gegenüber haustechnischen Anlagen	D	KG 340, KG 350
K 35.1 U-Wert	D	alle außer PG 9.6
K 40.3.1 Bodenbelag (Nichttragende Konstruktion innen)	D	KG 350, nur Bodenbeläge: PG 1.4, PG 3.3, PG 5.2, PG 6.2
K 40.3.3 Fußbodenleisten (Nichttragende Konstruktion innen)	D	KG 330, KG 340, KG 350
K 42.1 Aufwand zur Demontage	E	alle außer PG 9.6
K 42.2 Aufwand zur Trennung	E	alle außer PG 9.6

Anhang C.3 Zusammenführung: Festlegung der Relevanz-Abgrenzung der Bauprodukte gegenüber Indikatoren

Die folgende Tabelle stellt die Zusammenführung der Schritte 1 und 2 dar. Daraus die Relevanz-Abgrenzung. Diese werden im darauf folgenden Schritt der Methode in Zuordnungs-Matrix II gekennzeichnet.

Bauprodukt-relevante Nachhal tigkeitsindikatoren	Indikatoren-Typ	Ergebnis aus Schritt 1 (Kos-tengr.)	Erg. aus Schritt 2 (Kostengr. & Produktgr.)	Resultierende Relevanz-Abgrenzung und erforderliche Differenzierung nach Produktgruppen
K 1 Treibhauspotenzial (GWP)	E	alle	alle außer PG 9.6	**keine Einschränkung, alle Produkt-gruppen (ohne PG 9.6)**
K 2 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	E	alle	alle außer PG 9.6	**keine Einschränkung, alle Produkt-gruppen (ohne PG 9.6)**
K 3 Ozonbildungspotenzial (POCP)	E	alle	alle außer PG 9.6	**keine Einschränkung, alle Produkt-gruppen (ohne PG 9.6)**
K 4 Versauerungspotenzial (AP)	E	alle	alle außer PG 9.6	**keine Einschränkung, alle Produkt-gruppen (ohne PG 9.6)**
K 5 Überdüngungspotenzial (EP)	E	alle	alle außer PG 9.6	**keine Einschränkung, alle Produkt-gruppen (ohne PG 9.6)**
K 6 Risiken für die lokale Umwelt	D	alle	KG 300, KG 410, KG 420, KG 430 Produkt-gruppen: 1.1, 1.4, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.7, 2.10, 2.16, 2.17, 2.18, 2.19, 3, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 5, 6.2, 6.3, 6.7, 7.1, 7.3, 8.2, 10	**KG 320** **KG 330** **KG 340** **KG 350** **KG 360** **KG 370** **KG 410** **KG 420** **KG 430** **Produktgruppen:** **1.1, 1.4** **2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.7, 2.10, 2.16, 2.17, 2.18, 2.19** **3** **4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7** **5** **6.2, 6.3, 6.7** **7.1, 7.3** **8.2** **10**

Bauprodukt-relevante Nachhal tigkeitsindikatoren	Indikatoren-Typ	Ergebnis aus Schritt 1 (Kos-tengr.)	Erg. aus Schritt 2 (Kostengr. & Produktgr.)	Resultierende Relevanz-Abgrenzung und erforderliche Differenzierung nach Produktgruppen
K 8 Nachhaltige Ressourcenver-wendung/ Holz	D	alle	KG 300 Produkt-gruppen: 2.7, 2.10, 3, 7.1	**KG 320** **KG 330** **KG 340** **KG 350** **KG 360** **KG 370** **Produktgruppen:** **2.7, 2.10** **3** **7.1**
K 10 Nicht-erneuerbarer Primär-energiebedarf (PEne)	E	alle	alle außer PG 9.6	**keine Einschränkung, alle Produkt-gruppen (ohne PG 9.6)**
K 11.1 Gesamteinsatz Ener-gie/Primärenergie PEges	E	alle	alle außer PG 9.6	**keine Einschränkung, alle Produkt-gruppen (ohne PG 9.6)**
K 11.2 Anteil erneuerbarer Pri-märenergie	E	alle	alle außer PG 9.6	**keine Einschränkung, alle Produkt-gruppen (ohne PG 9.6)**
K 14 Trinkwasserbedarf und Ab-wasseraufkommen	E	KG 410	nur PG 8.3	**KG 410** **Produktgruppe 8.3**
K 16 gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	E	alle	KG 300, KG 400	**nur KG 300 + KG 400** **alle Produktgruppen (ohne PG 9.6)**
K 18.1 Operative Temperatur	E	KG 320, KG 330, KG 360, KG 420, KG 430	alle außer PG 9.6	**KG 320** **KG 330** **KG 360** **KG 420** **KG 430** **alle Produktgruppen (ohne PG 9.6)**
K 18.3 Strahlungstemperatur-asymmetrie und Fußbodentempe-ratur	E	KG 320, KG 330, KG 360	alle außer PG 9.6	**KG 320** **KG 330** **KG 360** **alle Produktgruppen (ohne PG 9.6)**
K 19.1 Operative Temperatur	E	KG 320, KG 330, KG 360, KG 420, KG 430	alle außer PG 9.6	**KG 320** **KG 330** **KG 360** **KG 420** **KG 430** **alle Produktgruppen (ohne PG 9.6)**

Bauprodukt-relevante Nachhal tigkeitsindikatoren	Indikatoren-Typ	Ergebnis aus Schritt 1 (Kos-tengr.)	Erg. aus Schritt 2 (Kostengr. & Produktgr.)	Resultierende Relevanz-Abgrenzung und erforderliche Differenzierung nach Produktgruppen
K 19.3 Strahlungstemperatur-asymmetrie und Fußbodentempe-ratur	E	KG 320, KG 330, KG 360	alle außer PG 9.6	**KG 320** **KG 330** **KG 360** **alle Produktgruppen (ohne PG 9.6)**
K 20.1 Flüchtige organische Stof-fe (TVOC sowie Formaldehyd)	E	KG 330, KG 340, KG 350, KG 360	alle außer PG 9.6	**KG 330** **KG 340** **KG 350** **KG 360** **alle Produktgruppen (ohne PG 9.6)**
K 21.1 Akustischer Komfort - Einzel- und Mehrpersonenbüros bis zu einer Fläche von 40 m²	E	KG 330, KG 340, KG 350, KG 360	alle außer PG 9.6	**KG 330** **KG 340** **KG 350** **KG 360** **alle Produktgruppen (ohne PG 9.6)**
K 21.2 Akustischer Komfort - Mehrpersonenbüros	E	KG 330, KG 340, KG 350, KG 360	alle außer PG 9.6	**KG 330** **KG 340** **KG 350** **KG 360** **alle Produktgruppen (ohne PG 9.6)**
K 21.3 Akustischer Komfort - Besprechungsräume	E	KG 330, KG 340, KG 350, KG 360	alle außer PG 9.6	**KG 330** **KG 340** **KG 350** **KG 360** **alle Produktgruppen (ohne PG 9.6)**
K 21.4 Akustischer Komfort - Kantinen mit einer Grundfläche > 50 m²	E	KG 330, KG 340, KG 350, KG 360	alle außer PG 9.6	**KG 330** **KG 340** **KG 350** **KG 360** **alle Produktgruppen (ohne PG 9.6)**
K 22.3 Sichtverbindungen außen	D	KG 330, KG 360	KG 332, KG 334, KG 337, KG 338, KG 362	**KG 330** **KG 360** **alle Produktgruppen (ohne PG 9.6)**
K 22.7 Farbwiedergabe	D	KG 330, KG 360, KG 440	PG 7.2.1, PG 8.4.4	**KG 330** **KG 360** **KG 440** **nur Produktgruppen 7.2.1 und 8.4.4**

Bauprodukt-relevante Nachhal tigkeitsindikatoren	Indikatoren-Typ	Ergebnis aus Schritt 1 (Kos-tengr.)	Erg. aus Schritt 2 (Kostengr. & Produktgr.)	Resultierende Relevanz-Abgrenzung und erforderliche Differenzierung nach Produktgruppen
K 24.2.2 Qualitative Bewertung: Standortgerechte und einheimi-sche Bepflanzung	D	alle	PG 9.6	**nur Produktgruppe 9.6**
K 24.2.6 Qualitative Bewertung: Positiver Beitrag d. Außenraums zum Mikroklima	D	KG 300	KG 330, KG 360 plus PG 10.5	**KG 330** **KG 360** **dort alle Produktgruppen + PG 9.6 (oh-ne KG)**
K 25.2 Reduktion des Schadens-ausmaß im Fall von Schadenser-eignissen	D	alle	alle außer PG 9.6	**keine Einschränkung, alle Produkt-gruppen (ohne PG 9.6)**
K 26 Barrierefreiheit	D	alle	alle außer PG 9.6	**keine Einschränkung, alle Produkt-gruppen (ohne PG 9.6)**
K 28.2.1 Räumliche Struktur: Umsetzbarkeit	D	KG 330, KG 340, KG 350, KG 360	KG 340	**nur KG 340** **alle Produktgruppen (ohne PG 9.6)**
K 33.2 Stoffe / Produkte	D	alle	alle außer PG 9.6	**keine Einschränkung, alle Produkt-gruppen (ohne PG 9.6)**
K 33.3 Erhöhte Feuerwider-standsklassen	D	KG 330, KG 340, KG 350, KG 360, KG 470	KG 300	**KG 330** **KG 340** **KG 350** **KG 360** **alle Produktgruppen (ohne PG 9.6)**
K 34.1 Luftschallschutz gegen-über Außenlärm	D	KG 330, KG 340, KG 350, KG 360	KG 330, KG 360	**KG 330** **KG 360** **alle Produktgruppen (ohne PG 9.6)**
K 34.2 Luftschallschutz gegen-über fremden Arbeitsräumen	D	KG 330, KG 340, KG 350, KG 360	KG 340	**KG 340** **alle Produktgruppen (ohne PG 9.6)**
K 34.3 Trittschallschutz gegen-über fremden Arbeitsräumen	D	KG 330, KG 340, KG 350, KG 360	KG 350	**KG 350** **alle Produktgruppen (ohne PG 9.6)**
K 34.4 Schallschutz gegenüber haustechnischen Anlagen	D	KG 330, KG 340, KG 350, KG 360	KG 340, KG 350	**KG 340** **KG 350** **alle Produktgruppen (ohne PG 9.6)**

Bauprodukt-relevante Nachhal tigkeitsindikatoren	Indikatoren-Typ	Ergebnis aus Schritt 1 (Kos-tengr.)	Erg. aus Schritt 2 (Kostengr. & Produktgr.)	Resultierende Relevanz-Abgrenzung und erforderliche Differenzierung nach Produktgruppen
K 35.1 U-Wert	D	KG 320, KG 330, KG 360	alle außer PG 9.6	**KG 320** **KG 330** **KG 360** **alle Produktgruppen (ohne PG 9.6)**
K 40.3.1 Bodenbelag (Nichttra-gende Konstruktion innen)	D	alle	KG 350, nur Bo-denbel.: PG 1.4, PG 3.3, PG 5.2, PG 6.2	**KG 350** **nur Produktgruppen:** **1.4** **3.3** **5.2** **6.2**
K 40.3.3 Fußbodenleisten (Nicht-tragende Konstruktion innen)	D	alle	KG 330, KG 340, KG 350	**KG 330** **KG 340** **KG 350** **alle Produktgruppen (ohne PG 9.6)**
K 42.1 Aufwand zur Demontage	E	alle	alle außer PG 9.6	**keine Einschränkung, alle Produkt-gruppen (ohne PG 9.6)**
K 42.2 Aufwand zur Trennung	E	alle	alle außer PG 9.6	**keine Einschränkung, alle Produkt-gruppen (ohne PG 9.6)**

Anhang D Zuordnungs-Matrix II des Anwendungsbeispiels (Kap. 4)

Dieser Anhang enthält die Zuordnungs-Matrix II, wie sie unter Ziffer 3.3.6 definiert und unter Ziffer 4.3.4 im Beispiel konkretisiert ist. Die hier abgebildete Zuordnungs-Matrix II basiert auf dem Zertifizierungssystem der DGNB, Nutzungsprofil NBV09 [47, 98] und auf der Zuordnungs-Matrix I aus Ziffer 3.3.3. Die Zuordnungs-Matrix II enthält 39 Spalten und 349 Zeilen, also 13.611 Matrixelemente $m2_{ijk}$, 8.226 dieser Matrixelemente haben den Wert $m2_{ijk} = 1$. Sie sind zur besseren Lesbarkeit mit Kreuzen markiert. Kreuze in weißer Schrift weisen darauf hin, dass die Relevanz-Abgrenzung des Indikators alle Zeilen der Matrix (i.d.R. mit Ausnahme der Produktgruppe *9.6 Grünpflanzen*) umfasst, bei Kreuzen in schwarzer Schrift umfasst die Relevanz-Abgrenzung des Indikators einen Teil der Zeilen der Matrix.

Da die Matrix nicht in einer einzelnen Darstellung lesbar wiedergegeben werden kann, wird die Matrix in einzelne Teile getrennt. Die Teile der Matrix sind entsprechend Abbildung Anhang D-1 nacheinander dargestellt. Die Matrix umfasst 42 separat dargestellte Teile.

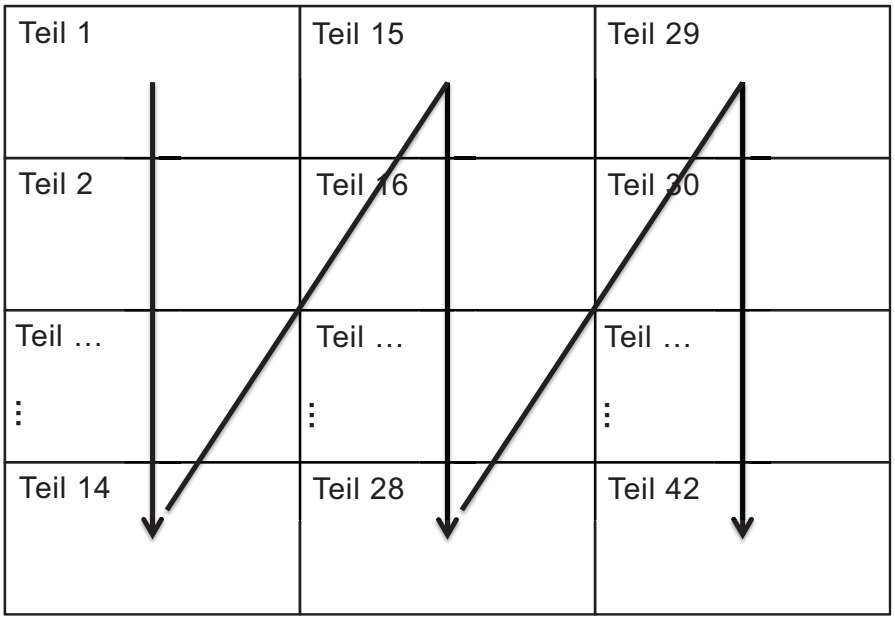


Abbildung Anhang D-1: Sortierung der Teile der Zuordnungs-Matrix II in einzelnen Darstellungen auf den folgenden Seiten

Teil 1 (1. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 1 Treibhauspotenzial (GWP)	K 2 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	K 3 Ozonbildungspotenzial (POCP)	K 4 Versauerungspotenzial (AP)	K 5 Überdüngungspotenzial (EP)	K 6 Risiken für die lokale Umwelt	K 8 Nachhaltige Ressourcenverwendung/ Holz	K 10 Nicht-erneuerbarer Primärenergiebedarf (PEne)	K 11.1 Gesamteinsatz Energie/Primärenergie PEges	K 11.2 Anteil erneuerbarer Primärenergie	K 14 Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	K 16 gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	K 18.1 Operative Temperatur
KG 000	9.6 Grünpflanzen													
KG 320	1.1 Bindemittel	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 320	1.2 Zuschläge	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 320	1.4 Mörtel und Beton	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 320	1.5 Asphalt	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 320	2.03 Extrudiertes Polystyrol (XPS)	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 320	2.06 Schaumglas (CG)	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 320	4.1 Stahl und Eisen	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 320	4.1.1 Betonstabstahl	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 320	4.1.2 Betonstahlmatten	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 320	4.2 Edelstahl	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 320	5.1 Grundierungen	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 320	5.2 Bodenbeschichtungen	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 320	5.3 Bituminöse Anstriche	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 320	5.6 Lacke und Lasuren	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 320	5.6.3 Parkettlack	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 320	5.6.4 Lacksysteme Metall	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 320	6.2 Bodenbeläge	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 320	6.4 Profile	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 320	6.6 Folien / Vliese	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 320	6.6.2 Dampfbremse / Dampfsperre	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 320	6.6.3 Folien zur Abdichtung	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 320	6.6.5 Baupappen	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 320	6.7 Dichtmassen	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	1.1 Bindemittel	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x

Teil 2 (1. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 1 Treibhauspotenzial (GWP)	K 2 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	K 3 Ozonbildungspotenzial (POCP)	K 4 Versauerungspotenzial (AP)	K 5 Überdüngungspotenzial (EP)	K 6 Risiken für die lokale Umwelt	K 8 Nachhaltige Ressourcenver-wendung/ Holz	K 10 Nicht-erneuerbarer Primärenergiebedarf (PEne)	K 11.1 Gesamteinsatz Energie/Primärenergie PEges	K 11.2 Anteil erneuerbarer Primärenergie	K 14 Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	K 16 gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	K 18.1 Operative Temperatur
KG 330	1.2 Zuschläge	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	1.3 Steine und Bauelemente	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	1.4 Mörtel und Beton	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	10.1 WDVS	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
KG 330	10.4 Fenster komplett	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
KG 330	2 Dämmstoffe	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	2.01 Mineralwolle	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	2.02 Expandiertes Polystyrol (EPS)	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	2.03 Extrudiertes Polystyrol (XPS)	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	2.04 Polyurethan-Hartschaum (PUR)	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	2.05 Phenolharz-Hartschaum (PF)	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	2.06 Schaumglas (CG)	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	2.07 Holzwolle (WW) und Holzwolle-Mehrschichtplatten (WW-C	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
KG 330	2.08 Blähperlit (EPB)	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	2.09 Expandierter Kork (ICB)	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	2.10 Holzfasern (WF)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
KG 330	2.11 Zellulosefaser	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	2.12 Flachsfaser	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	2.13 Hanffaser	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	2.14 Baumwolle	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	2.15 Schafwolle	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	2.16 Harnstoff-Formaldehydharz Ortschaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	2.17 Melaminharz-Schaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	2.18 Polyethylen-Schaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	2.19 Kautschuk-Schaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x

Teil 3 (1. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 1 Treibhauspotenzial (GWP)	K 2 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	K 3 Ozonbildungspotenzial (POCP)	K 4 Versauerungspotenzial (AP)	K 5 Überdüngungspotenzial (EP)	K 6 Risiken für die lokale Umwelt	K 8 Nachhaltige Ressourcenverwendung/ Holz	K 10 Nicht-erneuerbarer Primärenergiebedarf (PEne)	K 11.1 Gesamteinsatz Energie/Primärenergie PEges	K 11.2 Anteil erneuerbarer Primärenergie	K 14 Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	K 16 gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	K 18.1 Operative Temperatur
KG 330	2.20 Calciumsilikat / Calcium-Silikathydrat	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	3.1 Vollholz	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
KG 330	3.2 Holzwerkstoffe	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
KG 330	4.1 Stahl und Eisen	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	4.1.1 Betonstabstahl	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	4.1.2 Betonstahlmatten	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	4.1.3 Stahlprofile	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	4.1.3 Stahlprofile	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	4.1.4 Stahlbleche	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	4.1.5 Guss- und Schmiedeteile aus Stahl und Eisen	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	4.2 Edelstahl	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	4.2.1 Edelstahlbleche	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	4.2.2 Edelstahlprofile	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	4.3 Aluminium	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	4.3.1 Aluminiumbleche	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	4.3.2 Aluminiumprofile	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	4.4 Kupfer	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	4.4.1 Kupferbleche	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	4.4.3 Kupferprofile	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	4.4.4 Schmiede- und Gussteile aus Kupfer und Messing	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	4.5 Zink	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	4.5.1 Zinkbleche	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	5.1 Grundierungen	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	5.3 Bituminöse Anstriche	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	5.4 Fassadenfarben	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x

Teil 4 (1. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 1 Treibhauspotenzial (GWP)	K 2 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	K 3 Ozonbildungspotenzial (POCP)	K 4 Versauerungspotenzial (AP)	K 5 Überdüngungspotenzial (EP)	K 6 Risiken für die lokale Umwelt	K 8 Nachhaltige Ressourcenverwendung/ Holz	K 10 Nicht-erneuerbarer Primärenergiebedarf (PEne)	K 11.1 Gesamteinsatz Energie/Primärenergie PEges	K 11.2 Anteil erneuerbarer Primärenergie	K 14 Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	K 16 gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	K 18.1 Operative Temperatur
KG 330	5.5 Innenfarben	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	5.6 Lacke und Lasuren	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	5.6.1 Lacksysteme Holzfenster	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	5.6.2 Lacksysteme Holzfassade	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	5.6.4 Lacksysteme Metall	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	6.4 Profile	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	6.5 Platten	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	6.6 Folien / Vliese	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	6.6.2 Dampfbremse / Dampfsperre	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	6.6.3 Folien zur Abdichtung	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	6.6.4 Vliese	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	6.6.5 Baupappen	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	6.7 Dichtmassen	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	7.1 Rahmen / Profile	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
KG 330	7.2 Füllungen	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 330	7.3 Dichtungskomponenten / Materialien	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 330	7.4 Beschläge / Befestigungstechnik	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 340	1.1 Bindemittel	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 340	1.2 Zuschläge	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 340	1.3 Steine und Bauelemente	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 340	1.4 Mörtel und Beton	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 340	10.2 Trockenbauwände Innenausbau	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	
KG 340	10.3 Systemtrennwände	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 340	10.4 Fenster komplett	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	
KG 340	2.01 Mineralwolle	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	

Teil 5 (1. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 1 Treibhauspotenzial (GWP)	K 2 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	K 3 Ozonbildungspotenzial (POCP)	K 4 Versauerungspotenzial (AP)	K 5 Überdüngungspotenzial (EP)	K 6 Risiken für die lokale Umwelt	K 8 Nachhaltige Ressourcenverwendung/ Holz	K 10 Nicht-erneuerbarer Primärenergiebedarf (PEne)	K 11.1 Gesamteinsatz Energie/Primärenergie PEges	K 11.2 Anteil erneuerbarer Primärenergie	K 14 Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	K 16 gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	K 18.1 Operative Temperatur
KG 340	2.02 Expandiertes Polystyrol (EPS)	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 340	2.04 Polyurethan-Hartschaum (PUR)	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 340	2.05 Phenolharz-Hartschaum (PF)	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 340	2.06 Schaumglas (CG)	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 340	2.07 Holzwolle (WW) und Holzwolle-Mehrschichtplatten (WW-C	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	
KG 340	2.08 Blähperlit (EPB)	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 340	2.09 Expandierter Kork (ICB)	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 340	2.10 Holzfasern (WF)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	
KG 340	2.11 Zellulosefaser	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 340	2.12 Flachsfaser	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 340	2.13 Hanffaser	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 340	2.14 Baumwolle	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 340	2.15 Schafwolle	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 340	2.16 Harnstoff-Formaldehydharz Ortschaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 340	2.17 Melaminharz-Schaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 340	2.18 Polyethylen-Schaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 340	2.19 Kautschuk-Schaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 340	2.20 Calciumsilikat / Calcium-Silikathydrat	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 340	3.1 Vollholz	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	
KG 340	3.2 Holzwerkstoffe	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	
KG 340	4.1 Stahl und Eisen	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 340	4.1.1 Betonstabstahl	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 340	4.1.2 Betonstahlmatten	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 340	4.1.3 Stahlprofile	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 340	4.1.3 Stahlprofile	x	x	x	x	x			x	x	x		x	

Teil 6 (1. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 1 Treibhauspotenzial (GWP)	K 2 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	K 3 Ozonbildungspotenzial (POCP)	K 4 Versauerungspotenzial (AP)	K 5 Überdüngungspotenzial (EP)	K 6 Risiken für die lokale Umwelt	K 8 Nachhaltige Ressourcenverwendung/ Holz	K 10 Nicht-erneuerbarer Primärenergiebedarf (PEne)	K 11.1 Gesamteinsatz Energie/Primärenergie PEges	K 11.2 Anteil erneuerbarer Primärenergie	K 14 Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	K 16 gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	K 18.1 Operative Temperatur
KG 340	4.2.2 Edelstahlprofile	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 340	4.3.2 Aluminiumprofile	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 340	5.1 Grundierungen	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 340	5.5 Innenfarben	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 340	5.6 Lacke und Lasuren	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 340	5.6.1 Lacksysteme Holzfenster	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 340	6.4 Profile	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 340	6.5 Platten	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 340	6.6.4 Vliese	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 340	6.7 Dichtmassen	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 340	7.1 Rahmen / Profile	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	
KG 340	7.2 Füllungen	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 340	7.3 Dichtungskomponenten / Materialien	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 340	7.4 Beschläge / Befestigungstechnik	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 350	1.1 Bindemittel	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 350	1.2 Zuschläge	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 350	1.3 Steine und Bauelemente	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 350	1.4 Mörtel und Beton	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 350	2 Dämmstoffe	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 350	2.01 Mineralwolle	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 350	2.02 Expandiertes Polystyrol (EPS)	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 350	2.03 Extrudiertes Polystyrol (XPS)	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 350	2.04 Polyurethan-Hartschaum (PUR)	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 350	2.05 Phenolharz-Hartschaum (PF)	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 350	2.07 Holzwolle (WW) und Holzwolle-Mehrschichtplatten (WW-C	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	

Teil 7 (1. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 1 Treibhauspotenzial (GWP)	K 2 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	K 3 Ozonbildungspotenzial (POCP)	K 4 Versauerungspotenzial (AP)	K 5 Überdüngungspotenzial (EP)	K 6 Risiken für die lokale Umwelt	K 8 Nachhaltige Ressourcenverwendung/ Holz	K 10 Nicht-erneuerbarer Primärenergiebedarf (PEne)	K 11.1 Gesamteinsatz Energie/Primärenergie PEges	K 11.2 Anteil erneuerbarer Primärenergie	K 14 Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	K 16 gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	K 18.1 Operative Temperatur
KG 350	2.08 Blähperlit (EPB)	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 350	2.09 Expandierter Kork (ICB)	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 350	2.10 Holzfasern (WF)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	
KG 350	2.11 Zellulosefaser	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 350	2.12 Flachsfaser	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 350	2.13 Hanffaser	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 350	2.14 Baumwolle	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 350	2.15 Schafwolle	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 350	2.16 Harnstoff-Formaldehydharz Ortschaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 350	2.17 Melaminharz-Schaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 350	2.18 Polyethylen-Schaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 350	2.19 Kautschuk-Schaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 350	2.20 Calciumsilikat / Calcium-Silikathydrat	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 350	3.1 Vollholz	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	
KG 350	3.2 Holzwerkstoffe	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	
KG 350	3.3 Holzböden	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	
KG 350	4.1 Stahl und Eisen	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 350	4.1.1 Betonstabstahl	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 350	4.1.2 Betonstahlmatten	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 350	4.2.2 Edelstahlprofile	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 350	4.3.2 Aluminiumprofile	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 350	5.1 Grundierungen	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 350	5.2 Bodenbeschichtungen	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 350	5.5 Innenfarben	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 350	5.6 Lacke und Lasuren	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	

Teil 8 (1. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 1 Treibhauspotenzial (GWP)	K 2 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	K 3 Ozonbildungspotenzial (POCP)	K 4 Versauerungspotenzial (AP)	K 5 Überdüngungspotenzial (EP)	K 6 Risiken für die lokale Umwelt	K 8 Nachhaltige Ressourcenverwendung/ Holz	K 10 Nicht-erneuerbarer Primärenergiebedarf (PEne)	K 11.1 Gesamteinsatz Energie/Primärenergie PEges	K 11.2 Anteil erneuerbarer Primärenergie	K 14 Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	K 16 gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	K 18.1 Operative Temperatur
KG 350	5.6.3 Parkettlack	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 350	6.2 Bodenbeläge	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 350	6.4 Profile	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 350	6.5 Platten	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 350	6.6.4 Vliese	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 350	6.7 Dichtmassen	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 360	1.1 Bindemittel	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	1.2 Zuschläge	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	1.3 Steine und Bauelemente	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	1.4 Mörtel und Beton	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	1.5 Asphalt	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	2 Dämmstoffe	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	2.01 Mineralwolle	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	2.02 Expandiertes Polystyrol (EPS)	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	2.03 Extrudiertes Polystyrol (XPS)	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	2.04 Polyurethan-Hartschaum (PUR)	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	2.05 Phenolharz-Hartschaum (PF)	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	2.06 Schaumglas (CG)	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	2.07 Holzwolle (WW) und Holzwolle-Mehrschichtplatten (WW-C	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
KG 360	2.08 Blähperlit (EPB)	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	2.09 Expandierter Kork (ICB)	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	2.10 Holzfasern (WF)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
KG 360	2.11 Zellulosefaser	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	2.12 Flachsfaser	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	2.13 Hanffaser	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x

Teil 9 (1. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 1 Treibhauspotenzial (GWP)	K 2 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	K 3 Ozonbildungspotenzial (POCP)	K 4 Versauerungspotenzial (AP)	K 5 Überdüngungspotenzial (EP)	K 6 Risiken für die lokale Umwelt	K 8 Nachhaltige Ressourcenverwendung/ Holz	K 10 Nicht-erneuerbarer Primärenergiebedarf (PEne)	K 11.1 Gesamteinsatz Energie/Primärenergie PEges	K 11.2 Anteil erneuerbarer Primärenergie	K 14 Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	K 16 gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	K 18.1 Operative Temperatur
KG 360	2.14 Baumwolle	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	2.15 Schafwolle	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	2.16 Harnstoff-Formaldehydharz Ortschaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	2.17 Melaminharz-Schaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	2.18 Polyethylen-Schaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	2.19 Kautschuk-Schaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	2.20 Calciumsilikat / Calcium-Silikathydrat	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	3.1 Vollholz	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
KG 360	3.2 Holzwerkstoffe	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
KG 360	4.1 Stahl und Eisen	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	4.1.1 Betonstabstahl	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	4.1.2 Betonstahlmatten	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	4.1.3 Stahlprofile	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	4.1.3 Stahlprofile	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	4.1.4 Stahlbleche	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	4.2 Edelstahl	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	4.2.1 Edelstahlbleche	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	4.2.2 Edelstahlprofile	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	4.3 Aluminium	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	4.3.1 Aluminiumbleche	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	4.3.2 Aluminiumprofile	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	4.4 Kupfer	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	4.4.1 Kupferbleche	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	4.4.3 Kupferprofile	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	4.5 Zink	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x

Teil 10 (1. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 1 Treibhauspotenzial (GWP)	K 2 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	K 3 Ozonbildungspotenzial (POCP)	K 4 Versauerungspotenzial (AP)	K 5 Überdüngungspotenzial (EP)	K 6 Risiken für die lokale Umwelt	K 8 Nachhaltige Ressourcenver-wendung/ Holz	K 10 Nicht-erneuerbarer Primärenergiebedarf (PEne)	K 11.1 Gesamteinsatz Energie/Primärenergie PEges	K 11.2 Anteil erneuerbarer Primärenergie	K 14 Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	K 16 gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	K 18.1 Operative Temperatur
KG 360	4.5.1 Zinkbleche	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	4.6 Blei	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	4.6.1 Bleibleche	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	5.1 Grundierungen	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	5.3 Bituminöse Anstriche	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	5.4 Fassadenfarben	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	5.5 Innenfarben	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	5.6 Lacke und Lasuren	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	5.6.4 Lacksysteme Metall	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	6.3 Dachbahnen	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	6.4 Profile	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	6.5 Platten	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	6.6 Folien / Vliese	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	6.6.1 Unterspannbahn	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	6.6.2 Dampfbremse / Dampfsperre	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	6.6.3 Folien zur Abdichtung	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	6.6.4 Vliese	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	6.6.5 Baupappen	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	6.7 Dichtmassen	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	7.1 Rahmen / Profile	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
KG 360	7.2 Füllungen	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 360	7.3 Dichtungskomponenten / Materialien	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 360	7.4 Beschläge / Befestigungstechnik	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 410	2.01 Mineralwolle	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 410	2.04 Polyurethan-Hartschaum (PUR)	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	

Teil 11 (1. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 1 Treibhauspotenzial (GWP)	K 2 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	K 3 Ozonbildungspotenzial (POCP)	K 4 Versauerungspotenzial (AP)	K 5 Überdüngungspotenzial (EP)	K 6 Risiken für die lokale Umwelt	K 8 Nachhaltige Ressourcenverwendung/ Holz	K 10 Nicht-erneuerbarer Primärenergiebedarf (PEne)	K 11.1 Gesamteinsatz Energie/Primärenergie PEges	K 11.2 Anteil erneuerbarer Primärenergie	K 14 Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	K 16 gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	K 18.1 Operative Temperatur
KG 410	2.06 Schaumglas (CG)	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 410	2.16 Harnstoff-Formaldehydharz Ortschaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 410	2.17 Melaminharz-Schaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 410	2.18 Polyethylen-Schaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 410	2.19 Kautschuk-Schaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 410	4.1 Stahl und Eisen	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 410	4.1.3 Stahlprofile	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 410	4.1.3 Stahlprofile	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 410	4.1.4 Stahlbleche	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 410	4.1.5 Guss- und Schmiedeteile aus Stahl und Eisen	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 410	4.2 Edelstahl	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 410	4.2.1 Edelstahlbleche	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 410	4.2.2 Edelstahlprofile	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 410	4.2.3 Edelstahl Trinkwasserrohre	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 410	4.3 Aluminium	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 410	4.3.1 Aluminiumbleche	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 410	4.3.2 Aluminiumprofile	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 410	4.3.3 Gussteile aus Aluminium	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 410	4.4 Kupfer	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 410	4.4.1 Kupferbleche	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 410	4.4.2 Kupferrohre	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 410	4.4.3 Kupferprofile	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 410	4.4.4 Schmiede- und Gussteile aus Kupfer und Messing	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 410	6.1 Rohre	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 410	6.1.1 Trinkwasserrohre	x	x	x	x	x			x	x	x		x	

Teil 12 (1. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 1 Treibhauspotenzial (GWP)	K 2 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	K 3 Ozonbildungspotenzial (POCP)	K 4 Versauerungspotenzial (AP)	K 5 Überdüngungspotenzial (EP)	K 6 Risiken für die lokale Umwelt	K 8 Nachhaltige Ressourcenverwendung/ Holz	K 10 Nicht-erneuerbarer Primärenergiebedarf (PEne)	K 11.1 Gesamteinsatz Energie/Primärenergie PEges	K 11.2 Anteil erneuerbarer Primärenergie	K 14 Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	K 16 gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	K 18.1 Operative Temperatur
KG 410	6.1.2 Abwasserrohre	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 410	6.1.3 Regen-/ Grauwasserrohre	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 410	6.7 Dichtmassen	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	
KG 410	8 Gebäudetechnik	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 410	8.3 Sanitär	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	
KG 410	8.4 Elektro	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 420	2.01 Mineralwolle	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 420	2.04 Polyurethan-Hartschaum (PUR)	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 420	2.06 Schaumglas (CG)	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 420	2.16 Harnstoff-Formaldehydharz Ortschaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 420	2.17 Melaminharz-Schaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 420	2.18 Polyethylen-Schaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 420	2.19 Kautschuk-Schaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 420	4.1 Stahl und Eisen	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 420	4.1.3 Stahlprofile	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 420	4.1.3 Stahlprofile	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 420	4.1.4 Stahlbleche	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 420	4.1.5 Guss- und Schmiedeteile aus Stahl und Eisen	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 420	4.2 Edelstahl	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 420	4.2.1 Edelstahlbleche	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 420	4.2.2 Edelstahlprofile	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 420	4.2.3 Edelstahl Trinkwasserrohre	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 420	4.3 Aluminium	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 420	4.3.1 Aluminiumbleche	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 420	4.3.2 Aluminiumprofile	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x

Teil 13 (1. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 1 Treibhauspotenzial (GWP)	K 2 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	K 3 Ozonbildungspotenzial (POCP)	K 4 Versauerungspotenzial (AP)	K 5 Überdüngungspotenzial (EP)	K 6 Risiken für die lokale Umwelt	K 8 Nachhaltige Ressourcenver-wendung/ Holz	K 10 Nicht-erneuerbarer Primärenergiebedarf (PEne)	K 11.1 Gesamteinsatz Energie/Primärenergie PEges	K 11.2 Anteil erneuerbarer Primärenergie	K 14 Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	K 16 gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	K 18.1 Operative Temperatur
KG 420	4.3.3 Gussteile aus Aluminium	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 420	4.4 Kupfer	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 420	4.4.1 Kupferbleche	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 420	4.4.2 Kupferrohre	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 420	4.4.3 Kupferprofile	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 420	4.4.4 Schmiede- und Gussteile aus Kupfer und Messing	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 420	6.7 Dichtmassen	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 420	8 Gebäudetechnik	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 420	8.1 Heizung	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 420	8.4 Elektro	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 430	2.01 Mineralwolle	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 430	2.04 Polyurethan-Hartschaum (PUR)	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 430	2.06 Schaumglas (CG)	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 430	2.16 Harnstoff-Formaldehydharz Ortschaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 430	2.17 Melaminharz-Schaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 430	2.18 Polyethylen-Schaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 430	2.19 Kautschuk-Schaum	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 430	4.1 Stahl und Eisen	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 430	4.1.3 Stahlprofile	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 430	4.1.3 Stahlprofile	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 430	4.1.4 Stahlbleche	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 430	4.2 Edelstahl	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 430	4.2.1 Edelstahlbleche	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 430	4.2.2 Edelstahlprofile	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 430	4.2.3 Edelstahl Trinkwasserrohre	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x

Teil 14 (1. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 1 Treibhauspotenzial (GWP)	K 2 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	K 3 Ozonbildungspotenzial (POCP)	K 4 Versauerungspotenzial (AP)	K 5 Überdüngungspotenzial (EP)	K 6 Risiken für die lokale Umwelt	K 8 Nachhaltige Ressourcenverwendung/ Holz	K 10 Nicht-erneuerbarer Primärenergiebedarf (PEne)	K 11.1 Gesamteinsatz Energie/Primärenergie PEges	K 11.2 Anteil erneuerbarer Primärenergie	K 14 Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	K 16 gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	K 18.1 Operative Temperatur
KG 430	4.3 Aluminium	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 430	4.3.1 Aluminiumbleche	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 430	4.3.2 Aluminiumprofile	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 430	4.3.3 Gussteile aus Aluminium	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 430	4.4.2 Kupferrohre	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 430	4.4.4 Schmiede- und Gussteile aus Kupfer und Messing	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 430	6.6 Folien / Vliese	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 430	6.7 Dichtmassen	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 430	8 Gebäudetechnik	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 430	8.2 Klimatisierung / Lüftung	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
KG 430	8.4 Elektro	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
KG 440	8 Gebäudetechnik	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 440	8.4 Elektro	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 450	8 Gebäudetechnik	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 450	8.4 Elektro	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 460	4.2.4 Edelstahlseile	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 460	8 Gebäudetechnik	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 460	8.4 Elektro	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 460	8.5 Beförderung	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 470	8 Gebäudetechnik	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 470	8.3 Sanitär	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 470	8.4 Elektro	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 480	8 Gebäudetechnik	x	x	x	x	x			x	x	x		x	
KG 480	8.4 Elektro	x	x	x	x	x			x	x	x		x	

Teil 15 (2. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 18.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 19.1 Operative Temperatur	K 19.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 20.1 Flüchtige organische Stoffe (TVOC sowie rmaldehyd)	K 21.1 Akustischer Komfort - Einzel- und hrpersonenbüros bis zu	K 21.2 Akustischer Komfort - Mehrpersonenbüros	K 21.3 Akustischer Komfort - Besprechungsräume	K 21.4 Akustischer Komfort - Kantinen mit einer undfläche > 50 m²	K 22.3 Sichtverbindungen außen	K 22.7 Farbwiedergabe	K 24.2.2 Qualitative Bewertung: andortgerechte und	K 24.2.6 Qualitative Bewertung: sitiver Beitrag d.	K 25.2 Reduktion des Schadensausmaß im Fall von hadensereignissen
KG 000	9.6 Grünpflanzen											x	x	
KG 320	1.1 Bindemittel	x	x	x										x
KG 320	1.2 Zuschläge	x	x	x										x
KG 320	1.4 Mörtel und Beton	x	x	x										x
KG 320	1.5 Asphalt	x	x	x										x
KG 320	2.03 Extrudiertes Polystyrol (XPS)	x	x	x										x
KG 320	2.06 Schaumglas (CG)	x	x	x										x
KG 320	4.1 Stahl und Eisen	x	x	x										x
KG 320	4.1.1 Betonstabstahl	x	x	x										x
KG 320	4.1.2 Betonstahlmatten	x	x	x										x
KG 320	4.2 Edelstahl	x	x	x										x
KG 320	5.1 Grundierungen	x	x	x										x
KG 320	5.2 Bodenbeschichtungen	x	x	x										x
KG 320	5.3 Bituminöse Anstriche	x	x	x										x
KG 320	5.6 Lacke und Lasuren	x	x	x										x
KG 320	5.6.3 Parkettlack	x	x	x										x
KG 320	5.6.4 Lacksysteme Metall	x	x	x										x
KG 320	6.2 Bodenbeläge	x	x	x										x
KG 320	6.4 Profile	x	x	x										x
KG 320	6.6 Folien / Vliese	x	x	x										x
KG 320	6.6.2 Dampfbremse / Dampfsperre	x	x	x										x
KG 320	6.6.3 Folien zur Abdichtung	x	x	x										x
KG 320	6.6.5 Baupappen	x	x	x										x
KG 320	6.7 Dichtmassen	x	x	x										x
KG 330	1.1 Bindemittel	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x

Teil 16 (2. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 18.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 19.1 Operative Temperatur	K 19.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 20.1 Flüchtige organische Stoffe (TVOC sowie rmaldehyd)	K 21.1 Akustischer Komfort - Einzel- und hrpersonenbüros bis zu	K 21.2 Akustischer Komfort - Mehrpersonenbüros	K 21.3 Akustischer Komfort - Besprechungsräume	K 21.4 Akustischer Komfort - Kantinen mit einer undfläche > 50 m²	K 22.3 Sichtverbindungen außen	K 22.7 Farbwiedergabe	K 24.2.2 Qualitative Bewertung: andortgerechte und	K 24.2.6 Qualitative Bewertung: sitiver Beitrag d.	K 25.2 Reduktion des Schadensausmaß im Fall von hadensereignissen
KG 330	1.2 Zuschläge	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	1.3 Steine und Bauelemente	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	1.4 Mörtel und Beton	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	10.1 WDVS	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	10.4 Fenster komplett	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	2 Dämmstoffe	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	2.01 Mineralwolle	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	2.02 Expandiertes Polystyrol (EPS)	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	2.03 Extrudiertes Polystyrol (XPS)	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	2.04 Polyurethan-Hartschaum (PUR)	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	2.05 Phenolharz-Hartschaum (PF)	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	2.06 Schaumglas (CG)	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	2.07 Holzwolle (WW) und Holzwolle-Mehrschichtplatten (WW-C	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	2.08 Blähperlit (EPB)	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	2.09 Expandierter Kork (ICB)	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	2.10 Holzfasern (WF)	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	2.11 Zellulosefaser	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	2.12 Flachsfaser	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	2.13 Hanffaser	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	2.14 Baumwolle	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	2.15 Schafwolle	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	2.16 Harnstoff-Formaldehydharz Ortschaum	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	2.17 Melaminharz-Schaum	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	2.18 Polyethylen-Schaum	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	2.19 Kautschuk-Schaum	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x

Teil 17 (2. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 18.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 19.1 Operative Temperatur	K 19.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 20.1 Flüchtige organische Stoffe (TVOC sowie rmaldehyd)	K 21.1 Akustischer Komfort - Einzel- und ehrpersonenbüros bis zu	K 21.2 Akustischer Komfort - Mehrpersonenbüros	K 21.3 Akustischer Komfort - Besprechungsräume	K 21.4 Akustischer Komfort - Kantinen mit einer undfläche > 50 m²	K 22.3 Sichtverbindungen außen	K 22.7 Farbwiedergabe	K 24.2.2 Qualitative Bewertung: andortgerechte und	K 24.2.6 Qualitative Bewertung: sitiver Beitrag d.	K 25.2 Reduktion des Schadensausmaß im Fall von hadensereignissen
KG 330	2.20 Calciumsilikat / Calcium-Silikathydrat	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	3.1 Vollholz	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	3.2 Holzwerkstoffe	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	4.1 Stahl und Eisen	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	4.1.1 Betonstabstahl	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	4.1.2 Betonstahlmatten	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	4.1.3 Stahlprofile	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	4.1.3 Stahlprofile	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	4.1.4 Stahlbleche	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	4.1.5 Guss- und Schmiedeteile aus Stahl und Eisen	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	4.2 Edelstahl	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	4.2.1 Edelstahlbleche	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	4.2.2 Edelstahlprofile	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	4.3 Aluminium	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	4.3.1 Aluminiumbleche	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	4.3.2 Aluminiumprofile	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	4.4 Kupfer	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	4.4.1 Kupferbleche	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	4.4.3 Kupferprofile	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	4.4.4 Schmiede- und Gussteile aus Kupfer und Messing	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	4.5 Zink	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	4.5.1 Zinkbleche	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	5.1 Grundierungen	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	5.3 Bituminöse Anstriche	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	5.4 Fassadenfarben	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x

Teil 18 (2. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 18.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 19.1 Operative Temperatur	K 19.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 20.1 Flüchtige organische Stoffe (TVOC sowie rmaldehyd)	K 21.1 Akustischer Komfort - Einzel- und ehrpersonenbüros bis zu	K 21.2 Akustischer Komfort - Mehrpersonenbüros	K 21.3 Akustischer Komfort - Besprechungsräume	K 21.4 Akustischer Komfort - Kantinen mit einer undfläche > 50 m²	K 22.3 Sichtverbindungen außen	K 22.7 Farbwiedergabe	K 24.2.2 Qualitative Bewertung: andortgerechte und	K 24.2.6 Qualitative Bewertung: sitiver Beitrag d.	K 25.2 Reduktion des Schadensausmaß im Fall von hadensereignissen
KG 330	5.5 Innenfarben	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	5.6 Lacke und Lasuren	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	5.6.1 Lacksysteme Holzfenster	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	5.6.2 Lacksysteme Holzfassade	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	5.6.4 Lacksysteme Metall	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	6.4 Profile	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	6.5 Platten	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	6.6 Folien / Vliese	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	6.6.2 Dampfbremse / Dampfsperre	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	6.6.3 Folien zur Abdichtung	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	6.6.4 Vliese	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	6.6.5 Baupappen	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	6.7 Dichtmassen	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	7.1 Rahmen / Profile	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	7.2 Füllungen	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
KG 330	7.3 Dichtungskomponenten / Materialien	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 330	7.4 Beschläge / Befestigungstechnik	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 340	1.1 Bindemittel				x	x	x	x	x					x
KG 340	1.2 Zuschläge				x	x	x	x	x					x
KG 340	1.3 Steine und Bauelemente				x	x	x	x	x					x
KG 340	1.4 Mörtel und Beton				x	x	x	x	x					x
KG 340	10.2 Trockenbauwände Innenausbau				x	x	x	x	x					x
KG 340	10.3 Systemtrennwände				x	x	x	x	x					x
KG 340	10.4 Fenster komplett				x	x	x	x	x					x
KG 340	2.01 Mineralwolle				x	x	x	x	x					x

Teil 19 (2. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 18.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 19.1 Operative Temperatur	K 19.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 20.1 Flüchtige organische Stoffe (TVOC sowie rmaldehyd)	K 21.1 Akustischer Komfort - Einzel- und hrpersonenbüros bis zu	K 21.2 Akustischer Komfort - Mehrpersonenbüros	K 21.3 Akustischer Komfort - Besprechungsräume	K 21.4 Akustischer Komfort - Kantinen mit einer undfläche > 50 m²	K 22.3 Sichtverbindungen außen	K 22.7 Farbwiedergabe	K 24.2.2 Qualitative Bewertung: andortgerechte und	K 24.2.6 Qualitative Bewertung: sitiver Beitrag d.	K 25.2 Reduktion des Schadensausmaß im Fall von hadensereignissen
KG 340	2.02 Expandiertes Polystyrol (EPS)				x	x	x	x	x					x
KG 340	2.04 Polyurethan-Hartschaum (PUR)				x	x	x	x	x					x
KG 340	2.05 Phenolharz-Hartschaum (PF)				x	x	x	x	x					x
KG 340	2.06 Schaumglas (CG)				x	x	x	x	x					x
KG 340	2.07 Holzwolle (WW) und Holzwolle-Mehrschichtplatten (WW-C)				x	x	x	x	x					x
KG 340	2.08 Blähperlit (EPB)				x	x	x	x	x					x
KG 340	2.09 Expandierter Kork (ICB)				x	x	x	x	x					x
KG 340	2.10 Holzfasern (WF)				x	x	x	x	x					x
KG 340	2.11 Zellulosefaser				x	x	x	x	x					x
KG 340	2.12 Flachsfaser				x	x	x	x	x					x
KG 340	2.13 Hanffaser				x	x	x	x	x					x
KG 340	2.14 Baumwolle				x	x	x	x	x					x
KG 340	2.15 Schafwolle				x	x	x	x	x					x
KG 340	2.16 Harnstoff-Formaldehydharz Ortschaum				x	x	x	x	x					x
KG 340	2.17 Melaminharz-Schaum				x	x	x	x	x					x
KG 340	2.18 Polyethylen-Schaum				x	x	x	x	x					x
KG 340	2.19 Kautschuk-Schaum				x	x	x	x	x					x
KG 340	2.20 Calciumsilikat / Calcium-Silikathydrat				x	x	x	x	x					x
KG 340	3.1 Vollholz				x	x	x	x	x					x
KG 340	3.2 Holzwerkstoffe				x	x	x	x	x					x
KG 340	4.1 Stahl und Eisen				x	x	x	x	x					x
KG 340	4.1.1 Betonstabstahl				x	x	x	x	x					x
KG 340	4.1.2 Betonstahlmatten				x	x	x	x	x					x
KG 340	4.1.3 Stahlprofile				x	x	x	x	x					x
KG 340	4.1.3 Stahlprofile				x	x	x	x	x					x

Teil 20 (2. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 18.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 19.1 Operative Temperatur	K 19.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 20.1 Flüchtige organische Stoffe (TVOC sowie rmaldehyd)	K 21.1 Akustischer Komfort - Einzel- und ehrpersonenbüros bis zu	K 21.2 Akustischer Komfort - Mehrpersonenbüros	K 21.3 Akustischer Komfort - Besprechungsräume	K 21.4 Akustischer Komfort - Kantinen mit einer undfläche > 50 m²	K 22.3 Sichtverbindungen außen	K 22.7 Farbwiedergabe	K 24.2.2 Qualitative Bewertung: andortgerechte und	K 24.2.6 Qualitative Bewertung: sitiver Beitrag d.	K 25.2 Reduktion des Schadensausmaß im Fall von hadensereignissen
KG 340	4.2.2 Edelstahlprofile				x	x	x	x	x					x
KG 340	4.3.2 Aluminiumprofile				x	x	x	x	x					x
KG 340	5.1 Grundierungen				x	x	x	x	x					x
KG 340	5.5 Innenfarben				x	x	x	x	x					x
KG 340	5.6 Lacke und Lasuren				x	x	x	x	x					x
KG 340	5.6.1 Lacksysteme Holzfenster				x	x	x	x	x					x
KG 340	6.4 Profile				x	x	x	x	x					x
KG 340	6.5 Platten				x	x	x	x	x					x
KG 340	6.6.4 Vliese				x	x	x	x	x					x
KG 340	6.7 Dichtmassen				x	x	x	x	x					x
KG 340	7.1 Rahmen / Profile				x	x	x	x	x					x
KG 340	7.2 Füllungen				x	x	x	x	x					x
KG 340	7.3 Dichtungskomponenten / Materialien				x	x	x	x	x					x
KG 340	7.4 Beschläge / Befestigungstechnik				x	x	x	x	x					x
KG 350	1.1 Bindemittel				x	x	x	x	x					x
KG 350	1.2 Zuschläge				x	x	x	x	x					x
KG 350	1.3 Steine und Bauelemente				x	x	x	x	x					x
KG 350	1.4 Mörtel und Beton				x	x	x	x	x					x
KG 350	2 Dämmstoffe				x	x	x	x	x					x
KG 350	2.01 Mineralwolle				x	x	x	x	x					x
KG 350	2.02 Expandiertes Polystyrol (EPS)				x	x	x	x	x					x
KG 350	2.03 Extrudiertes Polystyrol (XPS)				x	x	x	x	x					x
KG 350	2.04 Polyurethan-Hartschaum (PUR)				x	x	x	x	x					x
KG 350	2.05 Phenolharz-Hartschaum (PF)				x	x	x	x	x					x
KG 350	2.07 Holzwolle (WW) und Holzwolle-Mehrschichtplatten (WW-C)				x	x	x	x	x					x

Teil 21 (2. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 18.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 19.1 Operative Temperatur	K 19.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 20.1 Flüchtige organische Stoffe (TVOC sowie rmaldehyd)	K 21.1 Akustischer Komfort - Einzel- und ehrpersonenbüros bis zu	K 21.2 Akustischer Komfort - Mehrpersonenbüros	K 21.3 Akustischer Komfort - Besprechungsräume	K 21.4 Akustischer Komfort - Kantinen mit einer undfläche > 50 m²	K 22.3 Sichtverbindungen außen	K 22.7 Farbwiedergabe	K 24.2.2 Qualitative Bewertung: andortgerechte und	K 24.2.6 Qualitative Bewertung: sitiver Beitrag d.	K 25.2 Reduktion des Schadensausmaß im Fall von hadensereignissen
KG 350	2.08 Blähperlit (EPB)				x	x	x	x	x					x
KG 350	2.09 Expandierter Kork (ICB)				x	x	x	x	x					x
KG 350	2.10 Holzfasern (WF)				x	x	x	x	x					x
KG 350	2.11 Zellulosefaser				x	x	x	x	x					x
KG 350	2.12 Flachsfaser				x	x	x	x	x					x
KG 350	2.13 Hanffaser				x	x	x	x	x					x
KG 350	2.14 Baumwolle				x	x	x	x	x					x
KG 350	2.15 Schafwolle				x	x	x	x	x					x
KG 350	2.16 Harnstoff-Formaldehydharz Ortschaum				x	x	x	x	x					x
KG 350	2.17 Melaminharz-Schaum				x	x	x	x	x					x
KG 350	2.18 Polyethylen-Schaum				x	x	x	x	x					x
KG 350	2.19 Kautschuk-Schaum				x	x	x	x	x					x
KG 350	2.20 Calciumsilikat / Calcium-Silikathydrat				x	x	x	x	x					x
KG 350	3.1 Vollholz				x	x	x	x	x					x
KG 350	3.2 Holzwerkstoffe				x	x	x	x	x					x
KG 350	3.3 Holzböden				x	x	x	x	x					x
KG 350	4.1 Stahl und Eisen				x	x	x	x	x					x
KG 350	4.1.1 Betonstabstahl				x	x	x	x	x					x
KG 350	4.1.2 Betonstahlmatten				x	x	x	x	x					x
KG 350	4.2.2 Edelstahlprofile				x	x	x	x	x					x
KG 350	4.3.2 Aluminiumprofile				x	x	x	x	x					x
KG 350	5.1 Grundierungen				x	x	x	x	x					x
KG 350	5.2 Bodenbeschichtungen				x	x	x	x	x					x
KG 350	5.5 Innenfarben				x	x	x	x	x					x
KG 350	5.6 Lacke und Lasuren				x	x	x	x	x					x

KG	Produktgruppe	K 18.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 19.1 Operative Temperatur	K 19.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 20.1 Flüchtige organische Stoffe (TVOC sowie rmaldehyd)	K 21.1 Akustischer Komfort - Einzel- und ehrpersonenbüros bis zu	K 21.2 Akustischer Komfort - Mehrpersonenbüros	K 21.3 Akustischer Komfort - Besprechungsräume	K 21.4 Akustischer Komfort - Kantinen mit einer undfläche > 50 m²	K 22.3 Sichtverbindungen außen	K 22.7 Farbwiedergabe	K 24.2.2 Qualitative Bewertung: andortgerechte und	K 24.2.6 Qualitative Bewertung: sitiver Beitrag d.	K 25.2 Reduktion des Schadensausmaß im Fall von hadensereignissen
KG 350	5.6.3 Parkettlack				x	x	x	x	x					x
KG 350	6.2 Bodenbeläge				x	x	x	x	x					x
KG 350	6.4 Profile				x	x	x	x	x					x
KG 350	6.5 Platten				x	x	x	x	x					x
KG 350	6.6.4 Vliese				x	x	x	x	x					x
KG 350	6.7 Dichtmassen				x	x	x	x	x					x
KG 360	1.1 Bindemittel	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	1.2 Zuschläge	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	1.3 Steine und Bauelemente	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	1.4 Mörtel und Beton	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	1.5 Asphalt	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	2 Dämmstoffe	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	2.01 Mineralwolle	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	2.02 Expandiertes Polystyrol (EPS)	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	2.03 Extrudiertes Polystyrol (XPS)	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	2.04 Polyurethan-Hartschaum (PUR)	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	2.05 Phenolharz-Hartschaum (PF)	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	2.06 Schaumglas (CG)	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	2.07 Holzwolle (WW) und Holzwolle-Mehrschichtplatten (WW-C	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	2.08 Blähperlit (EPB)	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	2.09 Expandierter Kork (ICB)	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	2.10 Holzfasern (WF)	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	2.11 Zellulosefaser	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	2.12 Flachsfaser	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	2.13 Hanffaser	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x

Teil 23 (2. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 18.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 19.1 Operative Temperatur	K 19.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 20.1 Flüchtige organische Stoffe (TVOC sowie rmaldehyd)	K 21.1 Akustischer Komfort - Einzel- und ehrpersonenbüros bis zu	K 21.2 Akustischer Komfort - Mehrpersonenbüros	K 21.3 Akustischer Komfort - Besprechungsräume	K 21.4 Akustischer Komfort - Kantinen mit einer undfläche > 50 m²	K 22.3 Sichtverbindungen außen	K 22.7 Farbwiedergabe	K 24.2.2 Qualitative Bewertung: andortgerechte und	K 24.2.6 Qualitative Bewertung: sitiver Beitrag d.	K 25.2 Reduktion des Schadensausmaß im Fall von hadensereignissen
KG 360	2.14 Baumwolle	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	2.15 Schafwolle	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	2.16 Harnstoff-Formaldehydharz Ortschaum	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	2.17 Melaminharz-Schaum	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	2.18 Polyethylen-Schaum	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	2.19 Kautschuk-Schaum	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	2.20 Calciumsilikat / Calcium-Silikathydrat	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	3.1 Vollholz	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	3.2 Holzwerkstoffe	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	4.1 Stahl und Eisen	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	4.1.1 Betonstabstahl	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	4.1.2 Betonstahlmatten	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	4.1.3 Stahlprofile	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	4.1.3 Stahlprofile	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	4.1.4 Stahlbleche	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	4.2 Edelstahl	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	4.2.1 Edelstahlbleche	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	4.2.2 Edelstahlprofile	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	4.3 Aluminium	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	4.3.1 Aluminiumbleche	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	4.3.2 Aluminiumprofile	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	4.4 Kupfer	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	4.4.1 Kupferbleche	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	4.4.3 Kupferprofile	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	4.5 Zink	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x

Teil 24 (2. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 18.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 19.1 Operative Temperatur	K 19.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 20.1 Flüchtige organische Stoffe (TVOC sowie rmaldehyd)	K 21.1 Akustischer Komfort - Einzel- und ehrpersonenbüros bis zu	K 21.2 Akustischer Komfort - Mehrpersonenbüros	K 21.3 Akustischer Komfort - Besprechungsräume	K 21.4 Akustischer Komfort - Kantinen mit einer undfläche > 50 m²	K 22.3 Sichtverbindungen außen	K 22.7 Farbwiedergabe	K 24.2.2 Qualitative Bewertung: andortgerechte und	K 24.2.6 Qualitative Bewertung: sitiver Beitrag d.	K 25.2 Reduktion des Schadensausmaß im Fall von hadensereignissen
KG 360	4.5.1 Zinkbleche	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	4.6 Blei	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	4.6.1 Bleibleche	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	5.1 Grundierungen	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	5.3 Bituminöse Anstriche	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	5.4 Fassadenfarben	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	5.5 Innenfarben	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	5.6 Lacke und Lasuren	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	5.6.4 Lacksysteme Metall	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	6.3 Dachbahnen	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	6.4 Profile	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	6.5 Platten	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	6.6 Folien / Vliese	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	6.6.1 Unterspannbahn	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	6.6.2 Dampfbremse / Dampfsperre	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	6.6.3 Folien zur Abdichtung	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	6.6.4 Vliese	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	6.6.5 Baupappen	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	6.7 Dichtmassen	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	7.1 Rahmen / Profile	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	7.2 Füllungen	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
KG 360	7.3 Dichtungskomponenten / Materialien	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 360	7.4 Beschläge / Befestigungstechnik	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
KG 410	2.01 Mineralwolle													x
KG 410	2.04 Polyurethan-Hartschaum (PUR)													x

Teil 25 (2. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 18.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und Fußbodentemperatur	K 19.1 Operative Temperatur	K 19.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und Fußbodentemperatur	K 20.1 Flüchtige organische Stoffe (TVOC sowie Formaldehyd)	K 21.1 Akustischer Komfort - Einzel- und Mehrpersonenbüros bis zu	K 21.2 Akustischer Komfort - Mehrpersonenbüros	K 21.3 Akustischer Komfort - Besprechungsräume	K 21.4 Akustischer Komfort - Kantinen mit einer Grundfläche > 50 m²	K 22.3 Sichtverbindungen außen	K 22.7 Farbwiedergabe	K 24.2.2 Qualitative Bewertung: Landortgerechte und	K 24.2.6 Qualitative Bewertung: positiver Beitrag d.	K 25.2 Reduktion des Schadensausmaß im Fall von Schadensereignissen
KG 410	2.06 Schaumglas (CG)													×
KG 410	2.16 Harnstoff-Formaldehydharz Ortschaum													×
KG 410	2.17 Melaminharz-Schaum													×
KG 410	2.18 Polyethylen-Schaum													×
KG 410	2.19 Kautschuk-Schaum													×
KG 410	4.1 Stahl und Eisen													×
KG 410	4.1.3 Stahlprofile													×
KG 410	4.1.3 Stahlprofile													×
KG 410	4.1.4 Stahlbleche													×
KG 410	4.1.5 Guss- und Schmiedeteile aus Stahl und Eisen													×
KG 410	4.2 Edelstahl													×
KG 410	4.2.1 Edelstahlbleche													×
KG 410	4.2.2 Edelstahlprofile													×
KG 410	4.2.3 Edelstahl Trinkwasserrohre													×
KG 410	4.3 Aluminium													×
KG 410	4.3.1 Aluminiumbleche													×
KG 410	4.3.2 Aluminiumprofile													×
KG 410	4.3.3 Gussteile aus Aluminium													×
KG 410	4.4 Kupfer													×
KG 410	4.4.1 Kupferbleche													×
KG 410	4.4.2 Kupferrohre													×
KG 410	4.4.3 Kupferprofile													×
KG 410	4.4.4 Schmiede- und Gussteile aus Kupfer und Messing													×
KG 410	6.1 Rohre													×
KG 410	6.1.1 Trinkwasserrohre													×

Teil 26 (2. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 18.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 19.1 Operative Temperatur	K 19.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 20.1 Flüchtige organische Stoffe (TVOC sowie rmaldehyd)	K 21.1 Akustischer Komfort - Einzel- und hrpersonenbüros bis zu	K 21.2 Akustischer Komfort - Mehrpersonenbüros	K 21.3 Akustischer Komfort - Besprechungsräume	K 21.4 Akustischer Komfort - Kantinen mit einer undfläche > 50 m²	K 22.3 Sichtverbindungen außen	K 22.7 Farbwiedergabe	K 24.2.2 Qualitative Bewertung: andortgerechte und	K 24.2.6 Qualitative Bewertung: sitiver Beitrag d.	K 25.2 Reduktion des Schadensausmaß im Fall von hadensereignissen
KG 410	6.1.2 Abwasserrohre													x
KG 410	6.1.3 Regen-/ Grauwasserrohre													x
KG 410	6.7 Dichtmassen													x
KG 410	8 Gebäudetechnik													x
KG 410	8.3 Sanitär													x
KG 410	8.4 Elektro													x
KG 420	2.01 Mineralwolle		x											x
KG 420	2.04 Polyurethan-Hartschaum (PUR)		x											x
KG 420	2.06 Schaumglas (CG)		x											x
KG 420	2.16 Harnstoff-Formaldehydharz Ortschaum		x											x
KG 420	2.17 Melaminharz-Schaum		x											x
KG 420	2.18 Polyethylen-Schaum		x											x
KG 420	2.19 Kautschuk-Schaum		x											x
KG 420	4.1 Stahl und Eisen		x											x
KG 420	4.1.3 Stahlprofile		x											x
KG 420	4.1.3 Stahlprofile		x											x
KG 420	4.1.4 Stahlbleche		x											x
KG 420	4.1.5 Guss- und Schmiedeteile aus Stahl und Eisen		x											x
KG 420	4.2 Edelstahl		x											x
KG 420	4.2.1 Edelstahlbleche		x											x
KG 420	4.2.2 Edelstahlprofile		x											x
KG 420	4.2.3 Edelstahl Trinkwasserrohre		x											x
KG 420	4.3 Aluminium		x											x
KG 420	4.3.1 Aluminiumbleche		x											x
KG 420	4.3.2 Aluminiumprofile		x											x

Teil 27 (2. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 18.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 19.1 Operative Temperatur	K 19.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 20.1 Flüchtige organische Stoffe (TVOC sowie rmaldehyd)	K 21.1 Akustischer Komfort - Einzel- und ehrpersonenbüros bis zu	K 21.2 Akustischer Komfort - Mehrpersonenbüros	K 21.3 Akustischer Komfort - Besprechungsräume	K 21.4 Akustischer Komfort - Kantinen mit einer undfläche > 50 m²	K 22.3 Sichtverbindungen außen	K 22.7 Farbwiedergabe	K 24.2.2 Qualitative Bewertung: andortgerechte und	K 24.2.6 Qualitative Bewertung: sitiver Beitrag d.	K 25.2 Reduktion des Schadensausmaß im Fall von hadensereignissen
KG 420	4.3.3 Gussteile aus Aluminium		x											x
KG 420	4.4 Kupfer		x											x
KG 420	4.4.1 Kupferbleche		x											x
KG 420	4.4.2 Kupferrohre		x											x
KG 420	4.4.3 Kupferprofile		x											x
KG 420	4.4.4 Schmiede- und Gussteile aus Kupfer und Messing		x											x
KG 420	6.7 Dichtmassen		x											x
KG 420	8 Gebäudetechnik													x
KG 420	8.1 Heizung		x											x
KG 420	8.4 Elektro		x											x
KG 430	2.01 Mineralwolle		x											x
KG 430	2.04 Polyurethan-Hartschaum (PUR)		x											x
KG 430	2.06 Schaumglas (CG)		x											x
KG 430	2.16 Harnstoff-Formaldehydharz Ortschaum		x											x
KG 430	2.17 Melaminharz-Schaum		x											x
KG 430	2.18 Polyethylen-Schaum		x											x
KG 430	2.19 Kautschuk-Schaum		x											x
KG 430	4.1 Stahl und Eisen		x											x
KG 430	4.1.3 Stahlprofile		x											x
KG 430	4.1.3 Stahlprofile		x											x
KG 430	4.1.4 Stahlbleche		x											x
KG 430	4.2 Edelstahl		x											x
KG 430	4.2.1 Edelstahlbleche		x											x
KG 430	4.2.2 Edelstahlprofile		x											x
KG 430	4.2.3 Edelstahl Trinkwasserrohre		x											x

Teil 28 (2. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 18.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 19.1 Operative Temperatur	K 19.3 Strahlungs-temperatur-asymmetrie und ßbodentemperatur	K 20.1 Flüchtige organische Stoffe (TVOC sowie rmaldehyd)	K 21.1 Akustischer Komfort - Einzel- und ehrpersonenbüros bis zu	K 21.2 Akustischer Komfort - Mehrpersonenbüros	K 21.3 Akustischer Komfort - Besprechungsräume	K 21.4 Akustischer Komfort - Kantinen mit einer undfläche > 50 m²	K 22.3 Sichtverbindungen außen	K 22.7 Farbwiedergabe	K 24.2.2 Qualitative Bewertung: andortgerechte und	K 24.2.6 Qualitative Bewertung: sitiver Beitrag d.	K 25.2 Reduktion des Schadensausmaß im Fall von hadensereignissen
KG 430	4.3 Aluminium		x											x
KG 430	4.3.1 Aluminiumbleche		x											x
KG 430	4.3.2 Aluminiumprofile		x											x
KG 430	4.3.3 Gussteile aus Aluminium		x											x
KG 430	4.4.2 Kupferrohre		x											x
KG 430	4.4.4 Schmiede- und Gussteile aus Kupfer und Messing		x											x
KG 430	6.6 Folien / Vliese		x											x
KG 430	6.7 Dichtmassen		x											x
KG 430	8 Gebäudetechnik													x
KG 430	8.2 Klimatisierung / Lüftung		x											x
KG 430	8.4 Elektro		x											x
KG 440	8 Gebäudetechnik													x
KG 440	8.4 Elektro										x			x
KG 450	8 Gebäudetechnik													x
KG 450	8.4 Elektro													x
KG 460	4.2.4 Edelstahlseile													x
KG 460	8 Gebäudetechnik													x
KG 460	8.4 Elektro													x
KG 460	8.5 Beförderung													x
KG 470	8 Gebäudetechnik													x
KG 470	8.3 Sanitär													x
KG 470	8.4 Elektro													x
KG 480	8 Gebäudetechnik													x
KG 480	8.4 Elektro													x

Teil 29 (3. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 26 Barrierefreiheit	K 28.2.1 Räumliche Struktur: Umsetzbarkeit	K 33.2 Stoffe / Produkte	K 33.3 Erhöhte Feuerwiderstandsklassen	K 34.1 Luftschallschutz gegenüber Außenlärm	K 34.2 Luftschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.3 Trittschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.4 Schallschutz gegenüber haustechnischen Anlagen	K 35.1 U-Wert	K 40.3.1 Bodenbelag (Nichttragende Konstruktion nen)	K 40.3.3 Fußbodenleisten (Nichttragende Konstruktion nen)	K 42.1 Aufwand zur Demontage	K 42.2 Aufwand zur Trennung
KG 000	9.6 Grünpflanzen													
KG 320	1.1 Bindemittel	x		x						x			x	x
KG 320	1.2 Zuschläge	x		x						x			x	x
KG 320	1.4 Mörtel und Beton	x		x						x			x	x
KG 320	1.5 Asphalt	x		x						x			x	x
KG 320	2.03 Extrudiertes Polystyrol (XPS)	x		x						x			x	x
KG 320	2.06 Schaumglas (CG)	x		x						x			x	x
KG 320	4.1 Stahl und Eisen	x		x						x			x	x
KG 320	4.1.1 Betonstabstahl	x		x						x			x	x
KG 320	4.1.2 Betonstahlmatten	x		x						x			x	x
KG 320	4.2 Edelstahl	x		x						x			x	x
KG 320	5.1 Grundierungen	x		x						x			x	x
KG 320	5.2 Bodenbeschichtungen	x		x						x			x	x
KG 320	5.3 Bituminöse Anstriche	x		x						x			x	x
KG 320	5.6 Lacke und Lasuren	x		x						x			x	x
KG 320	5.6.3 Parkettlack	x		x						x			x	x
KG 320	5.6.4 Lacksysteme Metall	x		x						x			x	x
KG 320	6.2 Bodenbeläge	x		x						x			x	x
KG 320	6.4 Profile	x		x						x			x	x
KG 320	6.6 Folien / Vliese	x		x						x			x	x
KG 320	6.6.2 Dampfbremse / Dampfsperre	x		x						x			x	x
KG 320	6.6.3 Folien zur Abdichtung	x		x						x			x	x
KG 320	6.6.5 Baupappen	x		x						x			x	x
KG 320	6.7 Dichtmassen	x		x						x			x	x
KG 330	1.1 Bindemittel	x		x		x				x		x	x	x

Teil 30 (3. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 26 Barrierefreiheit	K 28.2.1 Räumliche Struktur: Umsetzbarkeit	K 33.2 Stoffe / Produkte	K 33.3 Erhöhte Feuerwiderstandsklassen	K 34.1 Luftschallschutz gegenüber Außenlärm	K 34.2 Luftschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.3 Trittschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.4 Schallschutz gegenüber haustechnischen Anlagen	K 35.1 U-Wert	K 40.3.1 Bodenbelag (Nichttragende Konstruktion nen)	K 40.3.3 Fußbodenleisten (Nichttragende Konstruktion nen)	K 42.1 Aufwand zur Demontage	K 42.2 Aufwand zur Trennung
KG 330	1.2 Zuschläge	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	1.3 Steine und Bauelemente	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	1.4 Mörtel und Beton	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	10.1 WDVS	x		x	x	x				x		x	x	x
KG 330	10.4 Fenster komplett	x		x	x	x				x		x	x	x
KG 330	2 Dämmstoffe	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	2.01 Mineralwolle	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	2.02 Expandiertes Polystyrol (EPS)	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	2.03 Extrudiertes Polystyrol (XPS)	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	2.04 Polyurethan-Hartschaum (PUR)	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	2.05 Phenolharz-Hartschaum (PF)	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	2.06 Schaumglas (CG)	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	2.07 Holzwolle (WW) und Holzwolle-Mehrschichtplatten (WW-C	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	2.08 Blähperlit (EPB)	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	2.09 Expandierter Kork (ICB)	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	2.10 Holzfasern (WF)	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	2.11 Zellulosefaser	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	2.12 Flachsfaser	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	2.13 Hanffaser	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	2.14 Baumwolle	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	2.15 Schafwolle	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	2.16 Harnstoff-Formaldehydharz Ortschaum	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	2.17 Melaminharz-Schaum	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	2.18 Polyethylen-Schaum	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	2.19 Kautschuk-Schaum	x		x		x				x		x	x	x

Teil 31 (3. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 26 Barrierefreiheit	K 28.2.1 Räumliche Struktur: Umsetzbarkeit	K 33.2 Stoffe / Produkte	K 33.3 Erhöhte Feuerwiderstandsklassen	K 34.1 Luftschallschutz gegenüber Außenlärm	K 34.2 Luftschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.3 Trittschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.4 Schallschutz gegenüber haustechnischen Anlagen	K 35.1 U-Wert	K 40.3.1 Bodenbelag (Nichttragende Konstruktion nen)	K 40.3.3 Fußbodenleisten (Nichttragende Konstruktion nen)	K 42.1 Aufwand zur Demontage	K 42.2 Aufwand zur Trennung
KG 330	2.20 Calciumsilikat / Calcium-Silikathydrat	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	3.1 Vollholz	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	3.2 Holzwerkstoffe	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	4.1 Stahl und Eisen	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	4.1.1 Betonstabstahl	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	4.1.2 Betonstahlmatten	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	4.1.3 Stahlprofile	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	4.1.3 Stahlprofile	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	4.1.4 Stahlbleche	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	4.1.5 Guss- und Schmiedeteile aus Stahl und Eisen	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	4.2 Edelstahl	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	4.2.1 Edelstahlbleche	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	4.2.2 Edelstahlprofile	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	4.3 Aluminium	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	4.3.1 Aluminiumbleche	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	4.3.2 Aluminiumprofile	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	4.4 Kupfer	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	4.4.1 Kupferbleche	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	4.4.3 Kupferprofile	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	4.4.4 Schmiede- und Gussteile aus Kupfer und Messing	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	4.5 Zink	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	4.5.1 Zinkbleche	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	5.1 Grundierungen	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	5.3 Bituminöse Anstriche	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	5.4 Fassadenfarben	x		x		x				x		x	x	x

Teil 32 (3. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 26 Barrierefreiheit	K 28.2.1 Räumliche Struktur: Umsetzbarkeit	K 33.2 Stoffe / Produkte	K 33.3 Erhöhte Feuerwiderstandsklassen	K 34.1 Luftschallschutz gegenüber Außenlärm	K 34.2 Luftschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.3 Trittschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.4 Schallschutz gegenüber haustechnischen Anlagen	K 35.1 U-Wert	K 40.3.1 Bodenbelag (Nichttragende Konstruktion nen)	K 40.3.3 Fußbodenleisten (Nichttragende Konstruktion nen)	K 42.1 Aufwand zur Demontage	K 42.2 Aufwand zur Trennung
KG 330	5.5 Innenfarben	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	5.6 Lacke und Lasuren	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	5.6.1 Lacksysteme Holzfenster	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	5.6.2 Lacksysteme Holzfassade	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	5.6.4 Lacksysteme Metall	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	6.4 Profile	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	6.5 Platten	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	6.6 Folien / Vliese	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	6.6.2 Dampfbremse / Dampfsperre	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	6.6.3 Folien zur Abdichtung	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	6.6.4 Vliese	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	6.6.5 Baupappen	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	6.7 Dichtmassen	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	7.1 Rahmen / Profile	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	7.2 Füllungen	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	7.3 Dichtungskomponenten / Materialien	x		x		x				x		x	x	x
KG 330	7.4 Beschläge / Befestigungstechnik	x		x		x				x		x	x	x
KG 340	1.1 Bindemittel	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	1.2 Zuschläge	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	1.3 Steine und Bauelemente	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	1.4 Mörtel und Beton	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	10.2 Trockenbauwände Innenausbau	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	10.3 Systemtrennwände	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	10.4 Fenster komplett	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	2.01 Mineralwolle	x	x	x	x		x		x			x	x	x

Teil 33 (3. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 26 Barrierefreiheit	K 28.2.1 Räumliche Struktur: Umsetzbarkeit	K 33.2 Stoffe / Produkte	K 33.3 Erhöhte Feuerwiderstandsklassen	K 34.1 Luftschallschutz gegenüber Außenlärm	K 34.2 Luftschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.3 Trittschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.4 Schallschutz gegenüber haustechnischen Anlagen	K 35.1 U-Wert	K 40.3.1 Bodenbelag (Nichttragende Konstruktion nen)	K 40.3.3 Fußbodenleisten (Nichttragende Konstruktion nen)	K 42.1 Aufwand zur Demontage	K 42.2 Aufwand zur Trennung
KG 340	2.02 Expandiertes Polystyrol (EPS)	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	2.04 Polyurethan-Hartschaum (PUR)	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	2.05 Phenolharz-Hartschaum (PF)	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	2.06 Schaumglas (CG)	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	2.07 Holzwolle (WW) und Holzwolle-Mehrschichtplatten (WW-C	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	2.08 Blähperlit (EPB)	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	2.09 Expandierter Kork (ICB)	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	2.10 Holzfasern (WF)	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	2.11 Zellulosefaser	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	2.12 Flachsfaser	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	2.13 Hanffaser	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	2.14 Baumwolle	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	2.15 Schafwolle	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	2.16 Harnstoff-Formaldehydharz Ortschaum	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	2.17 Melaminharz-Schaum	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	2.18 Polyethylen-Schaum	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	2.19 Kautschuk-Schaum	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	2.20 Calciumsilikat / Calcium-Silikathydrat	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	3.1 Vollholz	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	3.2 Holzwerkstoffe	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	4.1 Stahl und Eisen	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	4.1.1 Betonstabstahl	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	4.1.2 Betonstahlmatten	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	4.1.3 Stahlprofile	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	4.1.3 Stahlprofile	x	x	x	x		x		x			x	x	x

Teil 34 (3. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 26 Barrierefreiheit	K 28.2.1 Räumliche Struktur: Umsetzbarkeit	K 33.2 Stoffe / Produkte	K 33.3 Erhöhte Feuerwiderstandsklassen	K 34.1 Luftschallschutz gegenüber Außenlärm	K 34.2 Luftschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.3 Trittschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.4 Schallschutz gegenüber haustechnischen Anlagen	K 35.1 U-Wert	K 40.3.1 Bodenbelag (Nichttragende Konstruktion nen)	K 40.3.3 Fußbodenleisten (Nichttragende Konstruktion nen)	K 42.1 Aufwand zur Demontage	K 42.2 Aufwand zur Trennung
KG 340	4.2.2 Edelstahlprofile	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	4.3.2 Aluminiumprofile	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	5.1 Grundierungen	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	5.5 Innenfarben	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	5.6 Lacke und Lasuren	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	5.6.1 Lacksysteme Holzfenster	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	6.4 Profile	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	6.5 Platten	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	6.6.4 Vliese	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	6.7 Dichtmassen	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	7.1 Rahmen / Profile	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	7.2 Füllungen	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	7.3 Dichtungskomponenten / Materialien	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 340	7.4 Beschläge / Befestigungstechnik	x	x	x	x		x		x			x	x	x
KG 350	1.1 Bindemittel	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	1.2 Zuschläge	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	1.3 Steine und Bauelemente	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	1.4 Mörtel und Beton	x		x	x			x	x		x	x	x	x
KG 350	2 Dämmstoffe	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	2.01 Mineralwolle	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	2.02 Expandiertes Polystyrol (EPS)	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	2.03 Extrudiertes Polystyrol (XPS)	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	2.04 Polyurethan-Hartschaum (PUR)	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	2.05 Phenolharz-Hartschaum (PF)	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	2.07 Holzwolle (WW) und Holzwolle-Mehrschichtplatten (WW-C	x		x	x			x	x			x	x	x

Teil 35 (3. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 26 Barrierefreiheit	K 28.2.1 Räumliche Struktur: Umsetzbarkeit	K 33.2 Stoffe / Produkte	K 33.3 Erhöhte Feuerwiderstandsklassen	K 34.1 Luftschallschutz gegenüber Außenlärm	K 34.2 Luftschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.3 Trittschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.4 Schallschutz gegenüber haustechnischen Anlagen	K 35.1 U-Wert	K 40.3.1 Bodenbelag (Nichttragende Konstruktion nen)	K 40.3.3 Fußbodenleisten (Nichttragende Konstruktion nen)	K 42.1 Aufwand zur Demontage	K 42.2 Aufwand zur Trennung
KG 350	2.08 Blähperlit (EPB)	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	2.09 Expandierter Kork (ICB)	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	2.10 Holzfasern (WF)	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	2.11 Zellulosefaser	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	2.12 Flachsfaser	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	2.13 Hanffaser	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	2.14 Baumwolle	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	2.15 Schafwolle	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	2.16 Harnstoff-Formaldehydharz Ortschaum	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	2.17 Melaminharz-Schaum	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	2.18 Polyethylen-Schaum	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	2.19 Kautschuk-Schaum	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	2.20 Calciumsilikat / Calcium-Silikathydrat	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	3.1 Vollholz	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	3.2 Holzwerkstoffe	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	3.3 Holzböden	x		x	x			x	x		x	x	x	x
KG 350	4.1 Stahl und Eisen	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	4.1.1 Betonstabstahl	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	4.1.2 Betonstahlmatten	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	4.2.2 Edelstahlprofile	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	4.3.2 Aluminiumprofile	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	5.1 Grundierungen	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	5.2 Bodenbeschichtungen	x		x	x			x	x		x	x	x	x
KG 350	5.5 Innenfarben	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	5.6 Lacke und Lasuren	x		x	x			x	x			x	x	x

Teil 36 (3. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 26 Barrierefreiheit	K 28.2.1 Räumliche Struktur: Umsetzbarkeit	K 33.2 Stoffe / Produkte	K 33.3 Erhöhte Feuerwiderstandsklassen	K 34.1 Luftschallschutz gegenüber Außenlärm	K 34.2 Luftschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.3 Trittschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.4 Schallschutz gegenüber haustechnischen Anlagen	K 35.1 U-Wert	K 40.3.1 Bodenbelag (Nichttragende Konstruktion hen)	K 40.3.3 Fußbodenleisten (Nichttragende Konstruktion hen)	K 42.1 Aufwand zur Demontage	K 42.2 Aufwand zur Trennung
KG 350	5.6.3 Parkettlack	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	6.2 Bodenbeläge	x		x	x			x	x		x	x	x	x
KG 350	6.4 Profile	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	6.5 Platten	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	6.6.4 Vliese	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 350	6.7 Dichtmassen	x		x	x			x	x			x	x	x
KG 360	1.1 Bindemittel	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	1.2 Zuschläge	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	1.3 Steine und Bauelemente	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	1.4 Mörtel und Beton	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	1.5 Asphalt	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	2 Dämmstoffe	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	2.01 Mineralwolle	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	2.02 Expandiertes Polystyrol (EPS)	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	2.03 Extrudiertes Polystyrol (XPS)	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	2.04 Polyurethan-Hartschaum (PUR)	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	2.05 Phenolharz-Hartschaum (PF)	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	2.06 Schaumglas (CG)	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	2.07 Holzwolle (WW) und Holzwolle-Mehrschichtplatten (WW-C	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	2.08 Blähperlit (EPB)	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	2.09 Expandierter Kork (ICB)	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	2.10 Holzfasern (WF)	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	2.11 Zellulosefaser	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	2.12 Flachsfaser	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	2.13 Hanffaser	x		x	x	x				x			x	x

Teil 37 (3. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 26 Barrierefreiheit	K 28.2.1 Räumliche Struktur: Umsetzbarkeit	K 33.2 Stoffe / Produkte	K 33.3 Erhöhte Feuerwiderstandsklassen	K 34.1 Luftschallschutz gegenüber Außenlärm	K 34.2 Luftschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.3 Trittschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.4 Schallschutz gegenüber haustechnischen Anlagen	K 35.1 U-Wert	K 40.3.1 Bodenbelag (Nichttragende Konstruktion nen)	K 40.3.3 Fußbodenleisten (Nichttragende Konstruktion nen)	K 42.1 Aufwand zur Demontage	K 42.2 Aufwand zur Trennung
KG 360	2.14 Baumwolle	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	2.15 Schafwolle	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	2.16 Harnstoff-Formaldehydharz Ortschaum	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	2.17 Melaminharz-Schaum	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	2.18 Polyethylen-Schaum	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	2.19 Kautschuk-Schaum	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	2.20 Calciumsilikat / Calcium-Silikathydrat	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	3.1 Vollholz	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	3.2 Holzwerkstoffe	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	4.1 Stahl und Eisen	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	4.1.1 Betonstabstahl	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	4.1.2 Betonstahlmatten	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	4.1.3 Stahlprofile	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	4.1.3 Stahlprofile	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	4.1.4 Stahlbleche	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	4.2 Edelstahl	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	4.2.1 Edelstahlbleche	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	4.2.2 Edelstahlprofile	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	4.3 Aluminium	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	4.3.1 Aluminiumbleche	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	4.3.2 Aluminiumprofile	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	4.4 Kupfer	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	4.4.1 Kupferbleche	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	4.4.3 Kupferprofile	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	4.5 Zink	x		x	x	x				x			x	x

Teil 38 (3. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 26 Barrierefreiheit	K 28.2.1 Räumliche Struktur: Umsetzbarkeit	K 33.2 Stoffe / Produkte	K 33.3 Erhöhte Feuerwiderstandsklassen	K 34.1 Luftschallschutz gegenüber Außenlärm	K 34.2 Luftschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.3 Trittschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.4 Schallschutz gegenüber haustechnischen Anlagen	K 35.1 U-Wert	K 40.3.1 Bodenbelag (Nichttragende Konstruktion nen)	K 40.3.3 Fußbodenleisten (Nichttragende Konstruktion nen)	K 42.1 Aufwand zur Demontage	K 42.2 Aufwand zur Trennung
KG 360	4.5.1 Zinkbleche	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	4.6 Blei	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	4.6.1 Bleibleche	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	5.1 Grundierungen	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	5.3 Bituminöse Anstriche	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	5.4 Fassadenfarben	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	5.5 Innenfarben	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	5.6 Lacke und Lasuren	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	5.6.4 Lacksysteme Metall	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	6.3 Dachbahnen	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	6.4 Profile	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	6.5 Platten	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	6.6 Folien / Vliese	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	6.6.1 Unterspannbahn	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	6.6.2 Dampfbremse / Dampfsperre	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	6.6.3 Folien zur Abdichtung	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	6.6.4 Vliese	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	6.6.5 Baupappen	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	6.7 Dichtmassen	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	7.1 Rahmen / Profile	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	7.2 Füllungen	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	7.3 Dichtungskomponenten / Materialien	x		x	x	x				x			x	x
KG 360	7.4 Beschläge / Befestigungstechnik	x		x	x	x				x			x	x
KG 410	2.01 Mineralwolle	x		x									x	x
KG 410	2.04 Polyurethan-Hartschaum (PUR)	x		x									x	x

Teil 39 (3. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 26 Barrierefreiheit	K 28.2.1 Räumliche Struktur: Umsetzbarkeit	K 33.2 Stoffe / Produkte	K 33.3 Erhöhte Feuerwiderstandsklassen	K 34.1 Luftschallschutz gegenüber Außenlärm	K 34.2 Luftschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.3 Trittschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.4 Schallschutz gegenüber haustechnischen Anlagen	K 35.1 U-Wert	K 40.3.1 Bodenbelag (Nichttragende Konstruktion nen)	K 40.3.3 Fußbodenleisten (Nichttragende Konstruktion nen)	K 42.1 Aufwand zur Demontage	K 42.2 Aufwand zur Trennung
KG 410	2.06 Schaumglas (CG)	x		x									x	x
KG 410	2.16 Harnstoff-Formaldehydharz Ortschaum	x		x									x	x
KG 410	2.17 Melaminharz-Schaum	x		x									x	x
KG 410	2.18 Polyethylen-Schaum	x		x									x	x
KG 410	2.19 Kautschuk-Schaum	x		x									x	x
KG 410	4.1 Stahl und Eisen	x		x									x	x
KG 410	4.1.3 Stahlprofile	x		x									x	x
KG 410	4.1.3 Stahlprofile	x		x									x	x
KG 410	4.1.4 Stahlbleche	x		x									x	x
KG 410	4.1.5 Guss- und Schmiedeteile aus Stahl und Eisen	x		x									x	x
KG 410	4.2 Edelstahl	x		x									x	x
KG 410	4.2.1 Edelstahlbleche	x		x									x	x
KG 410	4.2.2 Edelstahlprofile	x		x									x	x
KG 410	4.2.3 Edelstahl Trinkwasserrohre	x		x									x	x
KG 410	4.3 Aluminium	x		x									x	x
KG 410	4.3.1 Aluminiumbleche	x		x									x	x
KG 410	4.3.2 Aluminiumprofile	x		x									x	x
KG 410	4.3.3 Gussteile aus Aluminium	x		x									x	x
KG 410	4.4 Kupfer	x		x									x	x
KG 410	4.4.1 Kupferbleche	x		x									x	x
KG 410	4.4.2 Kupferrohre	x		x									x	x
KG 410	4.4.3 Kupferprofile	x		x									x	x
KG 410	4.4.4 Schmiede- und Gussteile aus Kupfer und Messing	x		x									x	x
KG 410	6.1 Rohre	x		x									x	x
KG 410	6.1.1 Trinkwasserrohre	x		x									x	x

Teil 40 (3. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 26 Barrierefreiheit	K 28.2.1 Räumliche Struktur: Umsetzbarkeit	K 33.2 Stoffe / Produkte	K 33.3 Erhöhte Feuerwiderstandsklassen	K 34.1 Luftschallschutz gegenüber Außenlärm	K 34.2 Luftschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.3 Trittschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.4 Schallschutz gegenüber haustechnischen Anlagen	K 35.1 U-Wert	K 40.3.1 Bodenbelag (Nichttragende Konstruktion nen)	K 40.3.3 Fußbodenleisten (Nichttragende Konstruktion nen)	K 42.1 Aufwand zur Demontage	K 42.2 Aufwand zur Trennung
KG 410	6.1.2 Abwasserrohre	x		x									x	x
KG 410	6.1.3 Regen-/ Grauwasserrohre	x		x									x	x
KG 410	6.7 Dichtmassen	x		x									x	x
KG 410	8 Gebäudetechnik	x		x									x	x
KG 410	8.3 Sanitär	x		x									x	x
KG 410	8.4 Elektro	x		x									x	x
KG 420	2.01 Mineralwolle	x		x									x	x
KG 420	2.04 Polyurethan-Hartschaum (PUR)	x		x									x	x
KG 420	2.06 Schaumglas (CG)	x		x									x	x
KG 420	2.16 Harnstoff-Formaldehydharz Ortschaum	x		x									x	x
KG 420	2.17 Melaminharz-Schaum	x		x									x	x
KG 420	2.18 Polyethylen-Schaum	x		x									x	x
KG 420	2.19 Kautschuk-Schaum	x		x									x	x
KG 420	4.1 Stahl und Eisen	x		x									x	x
KG 420	4.1.3 Stahlprofile	x		x									x	x
KG 420	4.1.3 Stahlprofile	x		x									x	x
KG 420	4.1.4 Stahlbleche	x		x									x	x
KG 420	4.1.5 Guss- und Schmiedeteile aus Stahl und Eisen	x		x									x	x
KG 420	4.2 Edelstahl	x		x									x	x
KG 420	4.2.1 Edelstahlbleche	x		x									x	x
KG 420	4.2.2 Edelstahlprofile	x		x									x	x
KG 420	4.2.3 Edelstahl Trinkwasserrohre	x		x									x	x
KG 420	4.3 Aluminium	x		x									x	x
KG 420	4.3.1 Aluminiumbleche	x		x									x	x
KG 420	4.3.2 Aluminiumprofile	x		x									x	x

Teil 41 (3. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 26 Barrierefreiheit	K 28.2.1 Räumliche Struktur: Umsetzbarkeit	K 33.2 Stoffe / Produkte	K 33.3 Erhöhte Feuerwiderstandsklassen	K 34.1 Luftschallschutz gegenüber Außenlärm	K 34.2 Luftschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.3 Trittschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.4 Schallschutz gegenüber haustechnischen Anlagen	K 35.1 U-Wert	K 40.3.1 Bodenbelag (Nichttragende Konstruktion nen)	K 40.3.3 Fußbodenleisten (Nichttragende Konstruktion nen)	K 42.1 Aufwand zur Demontage	K 42.2 Aufwand zur Trennung
KG 420	4.3.3 Gussteile aus Aluminium	x		x									x	x
KG 420	4.4 Kupfer	x		x									x	x
KG 420	4.4.1 Kupferbleche	x		x									x	x
KG 420	4.4.2 Kupferrohre	x		x									x	x
KG 420	4.4.3 Kupferprofile	x		x									x	x
KG 420	4.4.4 Schmiede- und Gussteile aus Kupfer und Messing	x		x									x	x
KG 420	6.7 Dichtmassen	x		x									x	x
KG 420	8 Gebäudetechnik	x		x									x	x
KG 420	8.1 Heizung	x		x									x	x
KG 420	8.4 Elektro	x		x									x	x
KG 430	2.01 Mineralwolle	x		x									x	x
KG 430	2.04 Polyurethan-Hartschaum (PUR)	x		x									x	x
KG 430	2.06 Schaumglas (CG)	x		x									x	x
KG 430	2.16 Harnstoff-Formaldehydharz Ortschaum	x		x									x	x
KG 430	2.17 Melaminharz-Schaum	x		x									x	x
KG 430	2.18 Polyethylen-Schaum	x		x									x	x
KG 430	2.19 Kautschuk-Schaum	x		x									x	x
KG 430	4.1 Stahl und Eisen	x		x									x	x
KG 430	4.1.3 Stahlprofile	x		x									x	x
KG 430	4.1.3 Stahlprofile	x		x									x	x
KG 430	4.1.4 Stahlbleche	x		x									x	x
KG 430	4.2 Edelstahl	x		x									x	x
KG 430	4.2.1 Edelstahlbleche	x		x									x	x
KG 430	4.2.2 Edelstahlprofile	x		x									x	x
KG 430	4.2.3 Edelstahl Trinkwasserrohre	x		x									x	x

Teil 42 (3. Spalte)

KG	Produktgruppe	K 26 Barrierefreiheit	K 28.2.1 Räumliche Struktur: Umsetzbarkeit	K 33.2 Stoffe / Produkte	K 33.3 Erhöhte Feuerwiderstandsklassen	K 34.1 Luftschallschutz gegenüber Außenlärm	K 34.2 Luftschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.3 Trittschallschutz gegenüber fremden beitsräumen	K 34.4 Schallschutz gegenüber haustechnischen Anlagen	K 35.1 U-Wert	K 40.3.1 Bodenbelag (Nichttragende Konstruktion nen)	K 40.3.3 Fußbodenleisten (Nichttragende Konstruktion nen)	K 42.1 Aufwand zur Demontage	K 42.2 Aufwand zur Trennung
KG 430	4.3 Aluminium	x		x									x	x
KG 430	4.3.1 Aluminiumbleche	x		x									x	x
KG 430	4.3.2 Aluminiumprofile	x		x									x	x
KG 430	4.3.3 Gussteile aus Aluminium	x		x									x	x
KG 430	4.4.2 Kupferrohre	x		x									x	x
KG 430	4.4.4 Schmiede- und Gussteile aus Kupfer und Messing	x		x									x	x
KG 430	6.6 Folien / Vliese	x		x									x	x
KG 430	6.7 Dichtmassen	x		x									x	x
KG 430	8 Gebäudetechnik	x		x									x	x
KG 430	8.2 Klimatisierung / Lüftung	x		x									x	x
KG 430	8.4 Elektro	x		x									x	x
KG 440	8 Gebäudetechnik	x		x									x	x
KG 440	8.4 Elektro	x		x									x	x
KG 450	8 Gebäudetechnik	x		x									x	x
KG 450	8.4 Elektro	x		x									x	x
KG 460	4.2.4 Edelstahlseile	x		x									x	x
KG 460	8 Gebäudetechnik	x		x									x	x
KG 460	8.4 Elektro	x		x									x	x
KG 460	8.5 Beförderung	x		x									x	x
KG 470	8 Gebäudetechnik	x		x									x	x
KG 470	8.3 Sanitär	x		x									x	x
KG 470	8.4 Elektro	x		x									x	x
KG 480	8 Gebäudetechnik	x		x									x	x
KG 480	8.4 Elektro	x		x									x	x

Anhang E Anforderungen der Barrierefreiheit (DIN 18040-1) an Bauprodukte

Die hier aufgeführte Liste stellt Anforderungen an Bauprodukte dar, wie sie der Norm zur Barrierefreiheit öffentlicher Gebäude, DIN 18040-1:2010 [58] entnommen werden können.

Produkt	Anforderungen
Tür (Aufteilung in Gruppen unten)	– deutlich erkennbar – leicht zu öffnen/schließen – erforderliche Bedienkraft bis zu 25 N und ein Moment bis zu 2,5 Nm – teilweise Schließverzögerungen erforderlich – keine Schließmittel mit unkontrolliertem Schließablauf – kein Durchpendeln – Vermeidung von unteren Türanschlägen und -schwellen
Alle Türen (OFF = Oberfläche Fertigfußboden)	– Durchgang: Breite ≥ 90 cm, Höhe über OFF ≥ 205 cm – Leibung: Tiefe ≤ 26 cm – Drücker/Griff: Abstand zu Bau- , Ausrüstungs- und Ausstattungsteilen ≥ 50 cm – zugeordnete Beschilderung: Höhe über OFF: 120–140 cm
Manuell bedienbare Türen	– Drücker: Höhe Drehachse über OFF (Mitte Drückernuss) = 85 cm (Im begründeten Einzelfall sind andere Maße in einem Bereich von 85 cm bis 105 cm vertretbar) – Griff waagerecht: Höhe Achse über OFF = 85 cm – Griff senkrecht: Greifhöhe über OFF = 85 cm
Automatische Türsysteme	– Taster: Höhe (Tastenmitte) über OFF = 85 cm – Taster Drehflügeltür/Schiebetür bei seitlicher Anfahrt: Abstand zu Hauptschließkante ≥ 50 cm – Taster Drehflügeltür bei frontaler Anfahrt: Abstand Öffnungsrichtung ≥ 250 cm, Abstand Schließrichtung ≥ 150 cm – Taster Schiebetür bei frontaler Anfahrt: Abstand beidseitig ≥ 150 cm
Orientierungshilfen an Türen	Auffindbarkeit und Erkennbarkeit von Türen und deren Funktion auch für Menschen mit eingeschränktem Sehvermögen und/oder Menschen mit kognitiven Einschränkungen. Anforderungen: – kontrastreiche Gestaltung

Produkt	Anforderungen
	– kontrastierende Ausführung von Schwellen – Vermeidung von Spiegelungen und Blendungen, bei Ganzglastüren und großflächig verglasten Türen: o über die gesamte Glasbreite o visuell kontrastreich o helle und dunkle Anteile (Wechselkontrast) o Höhe 40 bis 70 cm und 120 bis 160 cm über OFF
Bodenbeläge	– rutschhemmend – rollstuhlgeeignet – fest verlegt – deutlich kontrastierend zu Bauteilen – Spiegelungen und Blendungen vermeiden
Treppen: Treppenlaufgestaltung und Stufenausbildung	– gerade Läufe; ab Innendurchmesser des Treppenauges von 200 cm auch gebogene Läufe – Setzstufen – Trittstufen dürfen nicht über Setzstufen ragen – schräge Setzstufen: Unterschneidung bis 2 cm möglich
Treppen: Handläufe	– beidseitig – ununterbrochen – griffsicher – gut umgreifbar – Durchmesser 3 bis 4,5 cm – lichter Abstand zu Wand oder Halterung = 5 cm – runder oder ovaler Querschnitt – waagerechte Weiterführung am Anfang und Ende des Treppenlaufes ≥ 30 cm – Abschließen von frei in den Raum ragenden Handlaufenden mit einer Rundung nach unten oder zur Seite – Höhe über OFF 85 bis 95 cm
Treppen: Orientierungshilfen	– Verbesserung der Orientierung für Menschen mit eingeschränktem Sehvermögen
Rampen: Rampenläufe und Podeste	<u>Rampenläufe</u>: – Neigung ≤ 6% – keine Querneigung

Produkt	Anforderungen
	– Länge ≤ 600 cm (bei Längeren Rampen, und Richtungsänderungen → Zwischenpodeste mit 150 cm Tiefe erforderlich) <u>Rampe</u>: – nutzbare Laufbreite ≥ 120 cm – in Verlängerung keine abwärts führende Treppe
Rampen: Radabweiser und Handläufe	– laufseitig gesehen in einer Ebene senkrecht übereinander liegend <u>Radabweiser</u>: – beidseitig – Höhe = 10 cm – keine Radabweiser wenn seitlich keine Wand <u>Handläufe:</u> – beidseitig – waagerechte Weiterführung über Anfang und Ende der Rampenläufe ≥ 30 cm – dürfen in Bewegungsflächen ragen, wenn unterfahrbar – Höhe Oberkante 85 cm bis 90 cm über OFF der Rampenläufe und -podeste
Bedienelemente (Schalter, Taster…)	– barrierefrei erkennbar, erreichbar und nutzbar – keine scharfen Kanten – visuell kontrastreich und taktil wahrnehmbar (Zwei- Sinne- Prinzip) – Funktion sollte erkennbar sein – nicht ausschließlich Sensortaster, Touchscreens oder berührungslose Bedienelemente da unbeabsichtigtes Auslösen möglich – Rückmeldung der Funktionsauslösung (z.B. Quittierton) – max. aufzuwendende Kraft bei Schaltern und Tastern: 0,5 bis 2,5 N
Kommunikationsanlagen (Türöffner, Klingelanlagen, Gegensprechanlagen…)	– sind in die barrierefreie Gestaltung einzubeziehen – Gegensprechanlage – Optische Anzeige der Hörbereitschaft der Gegenseite – elektrische Türfallenfreigabe – Freigabe optisch signalisieren
Ausstattungselemente (abgehängte Schilder, Automaten, Feuerlöscher, Telefonhaube…)	– visuell kontrastreich – für Ertasten durch Langstock geeignet, mittels: o Herunterreichen auf Boden o enden max. 15 cm über Boden

Produkt	Anforderungen
	– Ergänzung durch Sockel ≥ 3 cm, entsprechend den Umrissen des Elements – mit Tastleiste versehen, die max. 15 cm über dem Boden endet
Service-Schalter, Kassen, Kontrollen	– visuell kontrastreich – taktil (Bodenstrukturen oder Bodenindikatoren) und/oder mittels akustischer bzw. elektronischer Informationen auffindbar <u>Tresen:</u> – mind. 1 Tresenplatz ist zur Nutzung vom Rollstuhl aus zu gestalten – in einer Breite ≥ 90 cm unterfahrbar – Tiefe Unterfahrbarkeit 55 cm – Höhe ≤ 80 cm – Service- Schalter mit geschlossenen Verglasungen und Gegensprechanlagen – zusätzliche induktive Höranlage
Toiletten	– mindestens eine barrierefreie Toilette pro Sanitäranlage (geschlechtsspezifisch getrennt oder separat geschlechtsneutral) – WC- Tiefe ≥ 70 cm – Höhe WC- Becken (einschließlich Sitz): 46 bis 48 cm – Rückenstütze (WC- Deckel ungeeignet) 55 cm hinter der Vorderkante des WC – Spülung im Greifbereich des Sitzenden mit der Hand oder dem Arm bedienbar ohne Veränderung der Sitzposition – bei berührungsloser Spülung: Ausschließen des ungewollten Auslösen – beidseitig montierte, mit wenig Kraftaufwand in selbst gewählten Etappen hochklappbare Stützgriffe, die 15 cm über die Vorderkante des WC- Beckens hinausragen – lichter Abstand zwischen Stützgriffen: 65 bis 70 cm – Oberkante Stützgriffe: 28 cm über Sitzhöhe – Befestigung d. Stützgriffe muss am Griffende 1 kN Punktlast standhalten – Toilettenpapier ohne Änderung der Sitzposition erreichbar – Vorsehung einer Möglichkeit zur hygienischen Abfallentsorgung
Waschplätze	<u>Waschtische</u> – müssen unterfahrbar sein – in einer Breite von 90 cm den notwendigen Beinfreiraum aufweisen

Produkt	Anforderungen
	– Höhe Vorderkante ≤ 80 cm – über Waschtisch: Spiegel; Höhe ≥ 100 cm (Einsicht im Stehen und Sitzen)
Duschplätze	– Bodenbeläge rutschhemmend – Waagerechte Haltegriffe – Höhe: 85 cm über OFF – senkrechte Haltegriffe – Dusch- Klappsitz – Tiefe ≥ 45 cm – Sitzhöhe 46 cm bis 48 cm – Beidseitig mit wenig Kraftaufwand stufenlos hochklappbare Stützgriffe; Oberkante 28 cm über der Sitzhöhe
Liege	– Zweckentsprechende Umkleidemöglichkeit für mobilitätseingeschränkte Menschen – Länge: 180 cm – Breite: 90 cm – Höhe: 46 bis 48 cm – Auch Klappliegen möglich
Notrufanlage	– Auslösen eines Notrufs vom WC- Becken aus sitzend und vom Boden aus liegend. Anordnung: – in der Nähe des WC- Beckens – kontrastreich gestaltet – taktil erfassbar und auffindbar
Umkleidekabine	– verriegelbar – im Notfall von außen zu öffnen – groß genug um eine Liege aufzustellen
Schwimm- und Therapiebecken	– Einstieg mit flacher Treppe, auf welcher man auch sitzend hineinrutschen kann – beidseitiger Handlauf am Einstieg – ausgestattet mit technischen Ein- und Ausstiegshilfen (Hebevorrichtungen) – Ausstattungselemente und Einbauten dürfen nicht in den Beckenraum hineinragen; kann man dies nicht vermeiden, sind sie so auszustatten dass blinde und sehbehinderte Menschen sie erkennen können

Lebenslauf **Bastian Wittstock**

Familienstand: verheiratet, 1 Kind
Geburtsdatum: 28. April 1980
Geburtsort: Schorndorf

Tätigkeiten

Seit 2011	Leiter der Arbeitsgruppe „Nachhaltiges Bauen“ am Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart
2006 – 2010	Wissenschaftlicher Angestellter am Lehrstuhl für Bauphysik (Abt. Ganzheitliche Bilanzierung), Universität Stuttgart

Schulbildung und Studium

2012	Promotion an der Universität Stuttgart, Lehrstuhl für Bauphysik, Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Klaus Sedlbauer, Note „sehr gut“
2006	Diplom im Ingenieur-Studiengang Umweltschutztechnik, Universität Stuttgart, Gesamtnote „sehr gut“, Diplomarbeit: Lehrstuhl für Bauphysik
2000 – 2006	Studium der Umweltschutztechnik, Universität Stuttgart
	Vertiefungen: Umweltplanung, Wasserwirtschaft und Gewässerschutz, Strömung und Transport in porösen Medien
2003 – 2004	Auslandsaufenthalt: Center for Biofilm Engineering (Prof. Dr. Al Cunningham), Montana State University, Bozeman, MT, USA
1999 – 2000	Zivildienst, Sonderschule für Geistigbehinderte, Schorndorf
1999	Abitur, Burg-Gymnasium Schorndorf

Berufliche und berufsbegleitende Aktivitäten

2012	International Symposium on Life Cycle Assessment and Construction, Juli 2012, Nantes: Mitglied im Scientific Committee.
2011	World Sustainable Building Conference, Okt. 2011, Helsinki: Mitglied im International Scientific Committee.
2010	International Sustainable Buildings Symposium, Mai 2010, Ankara, Türkei: Mitglied im International Editorial Board.
Seit 2010	Fraunhofer-Allianz Bau: Cluster-Verantwortlicher „Nachhaltige Quartiere“.
Seit 2009	DGNB Auditor (Ausbildung mit schriftl. und mündl. Prüfung).
Seit 2009	Life Cycle Assessment Certified Professional (The American Center for Life Cycle Assessment, schriftl. Prüfung).
Seit 2008	Mitglied im DIN Normenausschuss Bauwesen (NA 005-01-31) AA „Nachhaltiges Bauen“ (Sp ISO/TC 59/SC 17 u. CEN/TC 350).

FORSCHUNGSERGEBNISSE AUS DER BAUPHYSIK BAND 13

Die Nachhaltigkeitszertifizierung von Gebäuden ist derzeit im Fokus zahlreicher Aktivitäten des nachhaltigen Bauens. Die Arbeit stellt eine Grundlage für die systematische Betrachtung der Gebäudezertifizierung dar. Insbesondere erlaubt sie Bauproduktherstellern, sich umfassend mit den Beiträgen ihrer Produkte zur Gebäudezertifizierung auseinanderzusetzen.

Grundlage der Gebäudebewertung sind Indikatoren, die einzelne Nachhaltigkeitsaspekte charakterisieren. Der Einfluss von Bauprodukten auf die Gebäudebewertung ist bislang nicht systematisch beschrieben und steht somit auch keinen Bestrebungen zur Produktoptimierung zur Verfügung.

Diese Dissertation beschreibt einen Mechanismus, mit dem die Nachhaltigkeitsindikatoren ermittelt werden, die durch Bauprodukte beeinflusst werden. Für diese Indikatoren wird das Maß der Beeinflussung durch einzelne Bauprodukteigenschaften ermittelt. Neben Ansätzen zur Produktoptimierung können mit Hilfe der Methode die Sensitivität einer Gebäudebewertung auf einzelne Produkteigenschaften ermittelt oder konkurrierende Auswirkungen durch die Veränderung einer Produkteigenschaft analysiert werden. Anhand von zwei Beispielen wird das Vorgehen demonstriert.

ISBN 978-3-8396-0486-1

9 783839 604861