

Anna Braune

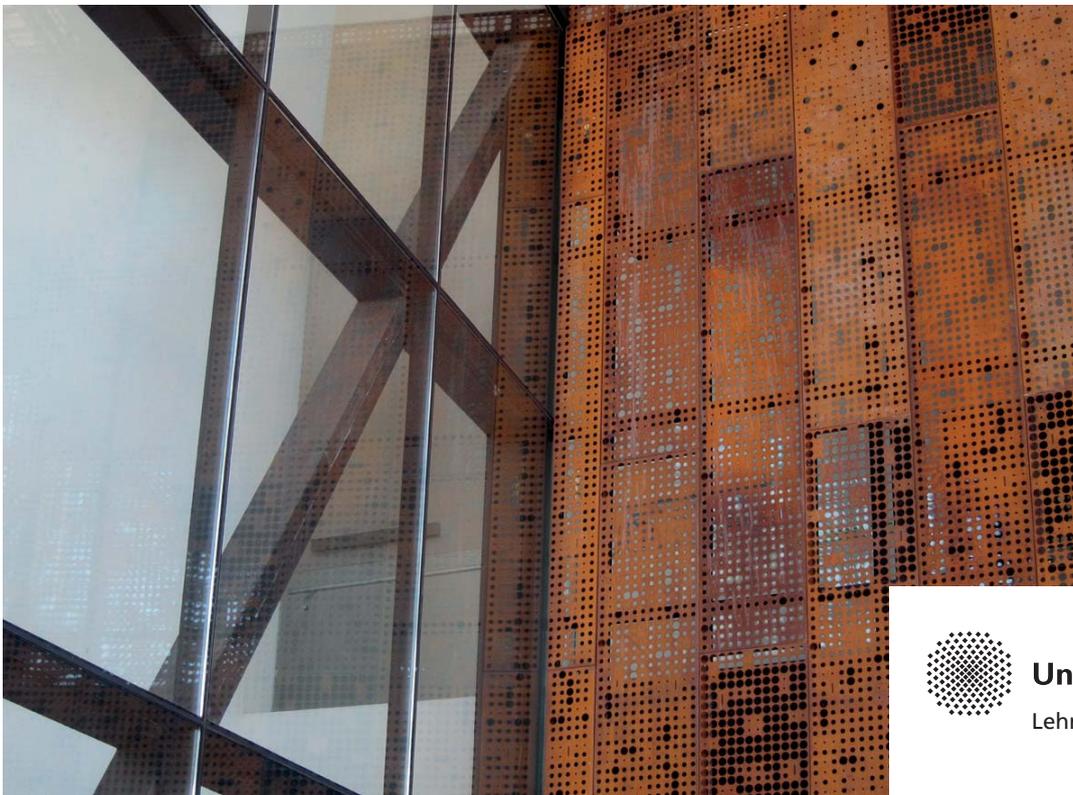
Ökobilanz-Benchmarks für Immobilien

Methode zur Entwicklung zukunftsorientierter Kennwerte für eine lebenszyklusbasierte Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit von Immobilien

FORSCHUNGSERGEBNISSE AUS DER BAUPHYSIK

BAND 20

Herausgeber:
Prof. Dr.-Ing. Klaus Sedlbauer



Universität Stuttgart

Lehrstuhl für Bauphysik



Technische Universität München

Lehrstuhl für Bauphysik

FORSCHUNGSERGEBNISSE AUS DER BAUPHYSIK

BAND 20

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Klaus Sedlbauer

Anna Braune

Ökobilanz-Benchmarks für Immobilien

Methode zur Entwicklung zukunftsorientierter Kennwerte für eine lebenszyklusbasierte Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit von Immobilien

Kontaktadresse:

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart
Telefon 07 11 9 70-00
Telefax 07 11 9 70-33 95
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: 978-3-8396-0851-7

D 93

Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2014

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

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

© by **FRAUNHOFER VERLAG**, 2015

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB
Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon 07 11 9 70-25 00
Telefax 07 11 9 70-25 08
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.

**Ökobilanz-Benchmarks für Immobilien - Methode zur Entwicklung
zukunftsorientierter Kennwerte für eine lebenszyklusbasierte Bewertung der
ökologischen Nachhaltigkeit von Immobilien**

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

Vorgelegt von
Anna Braune
aus München

Hauptberichter: Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Klaus Sedlbauer
Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. Fritz Berner
Tag der mündlichen Prüfung: 19. November 2014

Lehrstuhl für Bauphysik der Universität Stuttgart

2014

Danksagung

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner beruflichen Tätigkeit bei PE INTERNATIONAL AG sowie als Mitglied der „Expertengruppe LCA“ bei der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. (DGNB).

Mein besonders herzlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Klaus Sedlbauer für die sehr konstruktiven, wertvollen und ermutigenden Diskussionen und die Betreuung meiner Arbeit.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Fritz Berner möchte ich sehr für die Bereitschaft danken, für die Arbeit als Mitberichter zur Verfügung zu stehen.

Mein besonderer Dank gilt Dipl.-Ing. Matthias Fischer für die wertvollen fachlichen Diskussionen und seine Unterstützung durch Korrekturlesen. Des Weiteren habe ich mich sehr über die konstruktive Auseinandersetzung meiner Ergebnisse mit den Herren Dr.-Ing. Stefan Albrecht, Dr.-Ing. Michael Held und Dr.-Ing. Bastian Wittstock gefreut. Ebenso möchte ich allen weiteren Mitarbeitern der Abteilung Ganzheitliche Bilanzierung für ihre Diskussionsbeiträge auf den „Dissertations-Seminaren“ danken.

Meinem Kollegen Herrn Johannes Kreißig danke ich ganz herzlich für die erstklassigen jahrelangen Ermutigungen, das „Projekt Dissertation“ durchzuhalten und erfolgreich zu beenden.

Bedanken möchte ich mich auch bei den Mitarbeitern der DGNB, die mir Daten zur Verfügung gestellt haben, ohne die diese Arbeit nicht hätte gelingen können.

Viel Ermutigung und Unterstützung habe ich von meinen Eltern erfahren dürfen. Vielen Dank dafür, ihr Lieben!

Mein allergrößter Dank gilt meinem Mann Marcus Rau, der mich durch Zeiten des Zweifels und Haderns manövriert hat, immer an das Gelingen geglaubt hat und mich mit sagenhafter Geduld in meinem Vorhaben unterstützte. Nun hat unsere kleine Luzia doch noch eine promovierte Mama!

*„Probleme kann man niemals mit derselben Denkweise lösen,
durch die sie entstanden sind.“*

Albert Einstein (1879 - 1955)

Inhalt

Tabellenverzeichnis	7
Abbildungsverzeichnis	10
Nomenklatur, Formelzeichen und Indizes	15
Zusammenfassung	18
Abstract	20
1 Einführung und Aufgabenstellung	22
1.1 Einführung	22
1.2 Problemdarstellung und Zielsetzung	25
1.3 Vorgehensweise bei der Entwicklung der Methode und Aufbau der Arbeit ...	28
1.3.1 Vorgehensweise bei der Entwicklung der Methode	28
1.3.2 Aufbau der Arbeit	30
2 Stand des Wissens	32
2.1 Umweltziele und Umweltindikatoren	32
2.1.1 Grundlagen Umweltziele und Umweltindikatoren	32
2.1.2 Nachhaltigkeitsindikatoren und Ziele der Bundesregierung	36
2.1.3 Umweltziele und Umweltindikatoren der Bau- und Immobilienwirtschaft	39
2.2 Monitoringsysteme für Umweltindikatoren	44
2.2.1 Differenzierung von und Anforderungen an Umweltindikatoren	44
2.2.2 Monitoring von Umweltindikatoren oder Umweltkennzahlen	46
2.3 Benchmarking und ökologische Kennzahlen	48
2.3.1 Definitionen	48
2.3.2 Prozess des Benchmarking und Anforderungen an ökologische Kennzahlen	49
2.4 Die Ökobilanz	51
2.4.1 Ökobilanz und Nachhaltigkeit	51
2.4.2 Gesellschaftlich definierte Ziele für ausgewählte Ökobilanz-Indikatoren	54
2.4.3 Gebäude-Ökobilanzen	56
2.4.4 Verfügbarkeit von Gebäude-Ökobilanz-Ergebnissen	70
2.4.5 Evaluation von Ergebnissen der Anwendung der Gebäude-Ökobilanz- Methode "DGNB Auswahl 1"	72
3 Beurteilung des Wissensstandes	74
3.1 Datenverfügbarkeit und deren Struktur	74
3.2 Zukünftige Entwicklungen im Bereich Gebäude-Ökobilanzen	75

3.2.1	Entwicklungen bei internationalen Gebäude-Zertifizierungssystemen	75
3.2.2	Entwicklungen der Gebäude-Ökobilanz gemäß DGNB	76
3.3	Zusammenfassende Beurteilung des aktuellen Wissenstandes	83
4	Anforderungen an eine Methode zur Entwicklung von Benchmarks für die lebenszyklusbasierte ökologische Immobilienbewertung	86
4.1	Kriterium 1: Problemangemessenheit und politischer Bezug	86
4.2	Kriterium 2: Ganzheitlichkeit der Perspektive	87
4.3	Kriterium 3: Konsistenz	87
4.4	Kriterium 4: Flexibilität	87
4.5	Kriterium 5: Operationalisierbarkeit	87
5	Methode zur Entwicklung von Benchmarks für die lebenszyklusbasierte ökologische Immobilienbewertung	88
5.1	Einführung und Grundstruktur	88
5.1.1	Grundstruktur: Modul 1	89
5.1.2	Grundstruktur: Modul 2	90
5.2	Modul 1: Das übergeordnete Zielsystem	92
5.2.1	Phase 1.1: Die Ermittlung des Ist-Zustands und Rahmensetzung	93
5.2.2	Phase 1.2: Definition des Ziel-Zustandes	97
5.2.3	Phase 1.3: Ableitung angestrebter Sollwert-Entwicklungspfade	107
5.2.4	Ergebnisdarstellung Modul 1	108
5.3	Modul 2: Zielsystem der Ermittlungsperioden	110
5.3.1	Phase 2.1: Definition der Soll-Werte	110
5.3.2	Phase 2.2: Ermittlung der Ist-Werte	116
5.3.3	Phase 2.3: Statusanalysen und Abweichungsanalysen	123
5.3.4	Phase 2.4: Aufstellen von Maßnahmen	131
5.4	Ablaufschema für die Umsetzung der Methode	134
6	Anwendungsbeispiel der Methode	136
6.1	Anwendung Modul 1: Übergeordnetes Zielsystem	136
6.1.1	Anwendung Phase 1.1: Die Ermittlung des Ist-Zustands und Rahmensetzung	136
6.1.2	Anwendung Phase 1.2: Definition des Zielzustands	139
6.1.3	Anwendung Phase 1.3: Ableitung angestrebter Sollwert-Entwicklungspfade	141
6.2	Anwendung Modul 2: Zielsystem der Ermittlungsperioden	143
6.2.1	Anwendung Phase 2.1 (Periode 1): Definition der Soll-Werte	144
6.2.2	Anwendung Phase 2.2 (Periode 1): Ermittlung der Ist-Werte	145

6.2.3	Anwendung Phase 2.3 (Periode 1): Statusanalysen und Abweichungsanalysen	149
6.2.4	Anwendung Phase 2.4 (Periode 1): Aufstellen von Maßnahmen.....	151
6.2.5	Anwendung Periode 2.....	152
7	Bewertung der Methode zur Entwicklung von Benchmarks für die lebenszyklusbasierte ökologische Immobilienbewertung.....	153
7.1	Überprüfung der Methode hinsichtlich den methodischen Anforderungen..	153
7.1.1	Kriterium 1: Problemangemessenheit und politischer Bezug.....	153
7.1.2	Kriterium 2: Ganzheitlichkeit der Perspektive	153
7.1.3	Kriterium 3: Konsistenz	154
7.1.4	Kriterium 4: Flexibilität.....	154
7.1.5	Kriterium 5: Operationalisierbarkeit.....	155
7.2	Überprüfung der Methode hinsichtlich den Ergebnissen der Beispielanwendung.....	155
7.3	Zusammenfassende und selbstkritische Bewertung der Methode	156
8	Zusammenfassung und Ausblick	158
8.1	Zusammenfassung	158
8.2	Ausblick	161
9	Literatur.....	163
10	Anhang	173

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Auszug Nachhaltigkeitsindikatoren und Zielsetzungen der Bundesregierung [21] mit Änderungen durch Fortschrittsbericht 2012 [22]	37
Tabelle 2:	Veröffentlichte Standards des CEN/TC 350	41
Tabelle 3:	Ökologische Nachhaltigkeit von Gebäuden – Indikatoren in der Zertifizierung von Büro- und Verwaltungsgebäuden gemäß des „Deutschen Gütesiegels Nachhaltiges Bauen“ 2009 und Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung [37] [21]	42
Tabelle 4:	Gesellschaftlich definierte Ziele für Themen ausgewählter Ökobilanz-Indikatoren.....	55
Tabelle 5:	Umweltindikatoren für Gebäude gemäß DIN EN 15978, die Umweltauswirkungen beschreiben („Wirkungsindikatoren“).....	59
Tabelle 6:	Umweltindikatoren für Gebäude gemäß DIN EN 15978, die die Verwendung von Ressourcen beschreiben	60
Tabelle 7:	Umweltindikatoren für Gebäude gemäß DIN EN 15978, die Abfallkategorien beschreiben	60
Tabelle 8:	Umweltindikatoren für Gebäude gemäß DIN EN 15978, die aus dem System austretende Abgabeströme beschreiben.....	60
Tabelle 9:	Zieldefinition der DGNB-Ökobilanz-Kriterien NBV09 (abgeleitet aus [67])	70
Tabelle 10:	Mögliche zusätzliche Lebenswegmodule in den Systemgrenzen der Gebäude-Ökobilanz.....	80
Tabelle 11:	Zielwert-Methoden und deren Eignungen.....	104
Tabelle 12:	Charakterisierung der ökologischen Gebäudeperformance, basierend auf der Einordnung der Ist-Werte bezogen auf eine Stichprobe	114

Tabelle 13:	Bestimmung periodenspezifischer Soll-Werte auf Basis der vorläufigen Soll-Werte.....	115
Tabelle 14:	Charakterisierung des Ist-Wert-Abgleichs mit dem Soll-Wert.....	125
Tabelle 15:	Charakterisierung der Stichprobe A für die Erfassung der initialen Ist-Werte.....	137
Tabelle 16:	Initiale Ist-Werte für Ökobilanz-Indikator GWP für Stichprobe A (Initiale Auswahl)	137
Tabelle 17:	Definition des Ziel-Zustands für den Indikator Treibhauspotenzial	141
Tabelle 18:	Angestrebter Entwicklungspfad und Toleranzbereich für den Indikator Treibhauspotenzial	143
Tabelle 19:	Ergebnisse für Phase 2.1 – Definition der Soll-Werte für Periode 1	145
Tabelle 20:	Dokumentation Datenerfassungsumfang und Charakterisierung der Beispielanwendung	147
Tabelle 21:	Ergebnisse für Phase 2.2 – Erfassung der Ist-Werte für Periode 1	148
Tabelle 22:	Indikatoren-Ergebnisse für die „Auswahl 1“ – Ist-Werte (Mittelwerte für N = 24 - 33).....	173
Tabelle 23:	Indikatoren-Ergebnisse für die „Auswahl 1“ – Gesamt-Ist-Werte und Gesamt-Referenzwerte (Mittelwerte für N = 7 - 33).....	174
Tabelle 24:	Eingabeformat der Ökobilanz-Ist-Werte (DGNB LCA Formblatt).....	177
Tabelle 25:	Zeitliche Abfolge der Veröffentlichung relevanter Standards zur Ökobilanz und zum nachhaltigen Bauen	178

Tabelle 26: Ökobilanzergebnisse für durchschnittliche Wärmeerzeugung von Bürobauten gemäß Angaben Statistisches BA 2008 für Ermittlung fWRef	180
Tabelle 27: Primärdaten: Initiale Ist-Werte GWP Gist, Kist und Nist der Stichprobe A.....	183
Tabelle 28: Statistische Datenauswertung: Initiale Ist-Werte GWP Gist, Kist und Nist der Stichprobe A.....	183
Tabelle 29: Primärdaten: Ist-Werte GWP Gist der Beispielanwendung	184
Tabelle 30: Statistische Datenauswertung: Ist-Werte GWP Gist der Beispielanwendung	184

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Überblick über die Grundstruktur der Methode	30
Abbildung 2:	Zusammenhang zwischen Umweltzielen, Umwelthandlungszielen und Umweltindikatorenwerten	33
Abbildung 3:	Einbindung von Indikatoren zwischen Wissenschaft und Politik (abgewandelt nach [16]).....	35
Abbildung 4:	Darstellung der Nachhaltigkeitsindikatoren der Bundesregierung im Indikatorenbericht des Statistischen Bundesamtes (hier Treibhausgasemissionen) [23]	38
Abbildung 5:	Struktur der ISO TC 59 SC 17 Arbeitsgruppen [33]	40
Abbildung 6:	Nachhaltige Planung, Errichtung und Betrieb von Gebäuden – Akteure und Struktur eines Bewertungssystems [39].....	45
Abbildung 7:	Deming-Zyklus zur Steuerung von Kennzahlensystemen	46
Abbildung 8:	Managementmodell der Umweltleistungsbewertung gemäß DIN EN ISO 14031 [46].....	48
Abbildung 9:	Ablaufdiagramm des Prozesses der Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden [13] („Abschnitte“ bezeichnen Kapitel in der Norm)	57
Abbildung 10:	Module für verschiedene Lebenszyklusstadien eines Gebäudes gemäß DIN EN 15978 [13].....	58
Abbildung 11:	Matrizenrechnungsverfahren zur Ermittlung der Umweltindikatoren eines Gebäudes gemäß DIN EN 15978 [13]	59
Abbildung 12:	Prinzipielles Vorgehen zur Ermittlung der Gebäude-Ökobilanz Indikatoren (gemäß DGNB).....	63

Abbildung 13: Theoretische Punktwertung der DGNB am Beispiel Treibhauspotenzial (GWP)	66
Abbildung 14: Theoretische Verschiebung der Gebäudeperformance am Beispiel Treibhauspotenzial (GWP) bei Verschiebung des Referenzwertes (Refneu)	66
Abbildung 15: Verteilung Treibhauspotenzial Gesamtlebenszyklus GWP Gist für „Auswahl 1“ (ohne Ausreißer / Extremwerte)	73
Abbildung 16: Veränderung der Faktoren Nwref und Nsref der DGNB Versionen NBV09 zu NBV12 (DGNB)	77
Abbildung 17: Energieträger für die Raumheizung im Gewerbe, Handel und Dienstleistungs-Sektor für das Jahr 2010, Grafik abgeleitet aus [78].	78
Abbildung 18: Eingesetzte Energieträger für den Energieverbrauch privater Haushalte für Wohnen für das Jahr 2009, Grafik abgeleitet aus [8]	78
Abbildung 19: Überblick über Anforderungskriterien für die Methode zur Entwicklung von Vergleichswerten für die lebenszyklusbasierte ökologische Bewertung von Immobilien	86
Abbildung 20: Überblick über die Grundstruktur der Methode. Die Ziffern beziehen sich auf die in der Methodenbeschreibung für Module und Phasen genutzte Nomenklatur	89
Abbildung 21: Schematischer Ablauf der Anwendung der Methode	92
Abbildung 22: Das übergeordnete Zielsystem (Modul 1)	93
Abbildung 23: Phase 1.1. Methodenelemente für die Ermittlung des Ist-Zustands	94
Abbildung 24: Phase 1.2 Methodenelemente für die Definition des Ziel-Zustandes	98

Abbildung 25:	Prinzip der technisch abgeleiteten Zielwerte	99
Abbildung 26:	Prinzip der statistisch abgeleiteten Zielwerte	100
Abbildung 27:	Prinzip der extern motivierten Zielwerte	101
Abbildung 28:	Prinzip des Setzens ökologischer Zielwerte im ökonomischen Optimum (angelehnt an [38] und von der Autorin ergänzt).....	103
Abbildung 29:	Phase 1.3 Methodenelemente zur Ableitung der angestrebten Indikatoren-Entwicklungspfade	107
Abbildung 30:	Strukturierte Darstellung der Ergebnisse für Modul 1	109
Abbildung 31:	Zielsystem der Ermittlungsperioden (Modul 2)	110
Abbildung 32:	Phase 2.1 Definition der Soll-Werte	111
Abbildung 33:	Konzept für die Definition der vorläufigen Soll-Werte	112
Abbildung 34:	Verteilung von Stichprobenwerten, Bewertung und Bereichsdefinitionen für Maßnahmen.....	114
Abbildung 35:	Phase 2 - Ermittlung der Ist-Situation.....	117
Abbildung 36:	Datenerfassungsblatt für ein Gebäude „Ökobilanz-Kennwerte“	118
Abbildung 37:	Datenerfassungsblatt für ein Gebäude “Charakteristische Kenngrößen”	119
Abbildung 38:	Datenerfassungsblatt für die erfassten Gebäude einer Periode für die charakteristischen Werte.....	121
Abbildung 39:	Datenerfassungsblatt für die erfassten Gebäude einer Periode für die Phasen 2.1 und 2.2	122
Abbildung 40:	Phase 2.3 - Statusanalysen der Ist-Situation und Abweichungsanalyse.....	124

Abbildung 41:	Strukturierte Darstellung der Ergebnisse für Modul 2.3 „Soll-Ist-Abgleich“	126
Abbildung 42:	Konzept der initialen, aus Modul 1 abgeleiteten Soll-Werte- Definition	130
Abbildung 43:	Konzept der periodenspezifischen Soll-Werte als Ergebnis der Analysen der Vorperioden.....	131
Abbildung 44:	Aufstellen von Maßnahmen auf Basis der Abweichungs- und Szenarioanalysen.....	132
Abbildung 45:	Negativ beurteilte Abweichungen vom Entwicklungspfad außerhalb des Toleranzbereichs haben korrigierende Maßnahmen auszulösen	133
Abbildung 46:	Positiv beurteilte Abweichungen vom Entwicklungspfad können korrigierende Maßnahmen auslösen	134
Abbildung 47:	Ablaufschema Modul 1	135
Abbildung 48:	Ablaufschema Modul 2 für Monitoring gesetzter Benchmarks (beispielhaft für die Perioden 1 und 2).....	135
Abbildung 49:	Ergebnisse für Indikator GWP der Stichprobe A der einzelnen Gebäude, inklusive arithmetischem Mittelwert und Median.....	138
Abbildung 50:	Verteilung der Ist-Werte für GWP der Stichprobe A, inklusive Abbildung des arithmetischen Mittelwerts	138
Abbildung 51:	Angestrebter Entwicklungspfad für den Indikator Treibhauspotenzial	142
Abbildung 52:	Angestrebter Entwicklungspfad und Toleranzgrenze für den Indikator Treibhauspotenzial	142
Abbildung 53:	Ergebnis der Beispielanwendung (Periode 1)	148

Abbildung 54: Histogramm der Ergebnisse für das Treibhauspotenzial für die Ist-Situation in Periode 1 mit Angaben zu den Eingruppierungsbereichen A bis F	149
Abbildung 55: Ergebnisse Soll-Ist-Abgleich für Modul 2.3 (Periode 1)	150
Abbildung 56: DGNB-Kriterien mit spezifischen Bedeutungs- und Gesamtgewichtungsfaktoren, Nutzungsvarianten NBV09 (grau hinterlegt) und NBV08	175
Abbildung 57: Vorlage für Definition des Ziel-Zustandes (Phase 1.2)	176
Abbildung 58: Ökobilanz-Modellierung der durchschnittlichen Wärmeerzeugung von Bürobauten gemäß Angaben Statistisches Bundesamt 2008	179
Abbildung 59: Datenerfassungsblatt „Charakterisierung und Umfang“	181
Abbildung 60: Datenerfassungsblatt „Charakteristische Gebäude-Kenngrößen, ausführlich“	182

Nomenklatur, Formelzeichen und Indizes

Abkürzung	Bedeutung
AFNOR	Association Française de Normalisation
ADP	Abiotic Ressources Depletion Potential (Abiotisches Ressourcenabbaupotential)
AP	Acidification Potential (Versauerungspotenzial)
Äquiv.	Äquivalent
BGF	Bruttogrundfläche gemäß DIN 277
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BNB	Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude
BREEAM	Bre Environmental Assessment Method
BUND	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.
C ₂ H ₄	Chemische Formel für Ethen
CEN	Comité Européen de Normalisation
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.
ELCD	European Reference Life Cycle Database
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme
EN	Europäische Normung
EnEV	Energieeinsparverordnung
EPD	Environmental Product Declaration (Umweltproduktdeklaration)
EP	Eutrophication Potential (Eutrophierungspotenzial)
FCKW	Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoff
GaBi	Ökobilanz-Software und Ökobilanz-Datenbanksystem (von „Ganzheitliche Bilanzierung“)
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GWP	Global Warming Potential (Treibhauspotenzial)
HQE	Haute Qualité Environmental
IBU	Institut für Bauen und Umwelt e.V.

ISO	International Standardization Organization
KG	Kostengruppe gemäß DIN 276
LCA	Life Cycle Assessment (LCA)
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MJ	Megajoule
N	Anzahl
NBV08, NBV09, NBV12	Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude 2008 bzw. 2009 oder 2012 (Abkürzungen von Bewertungssystemen der DGNB)
NGF	Nettogrundfläche gemäß DIN 277
NRE	Non-renewable Energy (Nicht-erneuerbare Energie)
NT	Niedertemperatur
ODP	Ozone Depletion Potential (Ozonschichtzerstörungspotenzial, auch Potential in Bezug auf die Zerstörung der stratosphärischen Ozonschicht)
PEe, PEne, PEges	Primärenergie erneuerbar, Primärenergie nicht-erneuerbar, Primärenergie gesamt
(PO ₄) ³⁻	Phosphat-Anion
POCP	Photochemical Ozone Creation Potential (Photochemisches Oxidantienbildungspotenzial, auch Potential zur Bildung von bodennahem Ozon ausgedrückt als fotochemisches Oxidans)
Sb	Elementsymbol für Antimon
SC	Subcommittee (Unterkomitee)
SO ₂	Stickstoffdioxid
TC	Technical Committee
UN	United Nations
UNEP	United Nations Environment Program
WG	Working Group

Formelzeichen und Indizes

E	Umweltwirkungspotenzial Gebäudelebensende (End-of-Life)
G	Umweltwirkungspotenzial Gesamtgebäude
H	Umweltwirkungspotenzial Herstellung der Gebäude
I	Umweltwirkungspotenzial der Instandhaltung
ist	Istwert
K	Umweltwirkungspotenzial für Konstruktion gesamt
m	Median
max	Maximalwert
min	Minimalwert
n	Stichprobenumfang, Anzahl Gebäude
N	Umweltwirkungspotenzial Betrieb
neu	neu ermittelter Wert
Ns	Nutzstrom
Nw	Nutzwärme
Ref	Referenzwert
s	Standardabweichung
t	Zeitpunkt
T	Zeitliche Periode
x	Ist-Werte Gebäude (allgemein)
\bar{x} oder x_{arith}	Arithmetischer Mittelwert der Ist-Werte der Gebäude

Zusammenfassung

Die Umsetzung nachhaltiger Entwicklung hat zum Ziel, die Bedürfnisse der Menschen in Einklang mit verfügbaren ökologischen und wirtschaftlichen Ressourcen zu bringen. Heute ist ein „weiter so wie bislang“ besonders bezüglich der ökologischen Effekte schwer zu vermitteln: Natürliche Ressourcen werden knapp und die Verschmutzung von Luft, Wasser und Boden stößt an die Grenzen natürlicher Regulierungsmöglichkeiten. Der Bau- und Immobiliensektor bietet in Deutschland ein enormes ökologisches Verbesserungspotenzial.

Für die Umsetzung von Maßnahmen zur Reduktion von Umweltwirkungen des Sektors sind klare, dirigierende und Akteurs-spezifische Anleitungen für unser heutiges und zukünftiges Handeln nötig. Besonders unter dem Aspekt betrachtet, dass heutige Entscheidungen während der Planung und Ausführung von Immobilien in der Regel mehrere Generationen betreffen, ist eine viel zukunftsorientiertere Ausrichtung der Planung erforderlich. Aus diesem Grund sollten auf Langfristigkeit ausgelegte übergeordnete ökologische Ziele für Immobilien formuliert und von den verschiedenen Akteuren im Sektor entsprechend genutzt werden.

Seit einiger Zeit werden in der Bau- und Immobilienwirtschaft als Handlungsanleitungen für „ökologisch nachhaltige Gebäude“ Gebäude-Zertifizierungssysteme genutzt. Solche Systeme, wie das „DGNB-Zertifikat“, bedienen sich unter anderem der Methode „Gebäude-Ökobilanz“. Diese liefert aggregierte ökologische Kennwerte, die über die Art, Höhe und Ursprung der potenziellen Umweltwirkungen über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes Auskunft geben können. Woher jedoch kommen Vergleichswerte für diese Kennwerte, die sowohl eine aktuelle Bewertung erlauben als auch langfristige übergeordnete ökologische Nachhaltigkeitsziele verfolgen?

Ziel dieser Arbeit ist, eine methodische Basis zur Entwicklung von zukunftsorientierten Kennwerten für eine lebenszyklusbasierte Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit von Immobilien zu legen. Grundidee ist, durch umfassende Ermittlung und Steuerung von Ökobilanz-Kennzahlen für Gebäude gesellschaftliche oder politische ökologische Ziele für die Bau- und Immobilienwirtschaft umsetzbar zu machen.

Hierzu wurde eine Methode entwickelt, die als Basis zwei prinzipielle Konzepte verbindet: Die Grundlagen der Methodik von Umweltkennzahlen-Managementsystemen zur Formulierung und Steuerung langfristiger Ziele und Gebäude-Ökobilanz-Kennwerte zur Ermittlung lebenszyklusumfassender ökologischer Leistungswerte für Immobilien.

Die Methode verlangt zuerst die langfristig angestrebten ökologischen Ziele für bestimmte Umweltthemen für ausgewählte Immobilientypen konkret zu formulieren. Diese Ziele sind in Form von Zielwerten je Umweltindikator hinsichtlich Höhe der Werte und Zeitpunkt des Erreichens zu definieren. Für die Zielformulierung werden in der Methode verschiedene prinzipielle Herangehensweisen vorgeschlagen: Neben technisch oder statistisch abgeleiteten Zielen können auch Ziele genutzt werden, die von gesellschaftlichen Wünschen oder politischen Festlegungen ausgehen. Um eine umfassende und methodisch einheitliche Erfassung von Kennwerten für Immobilien sicherzustellen, wird in der Methode die Nutzung von Gebäude-Ökobilanz-Kennwerten verlangt. Ausgehend von einer Ausgangssituation für die ökologischen Kennwerte (Ist-Werte) für den gewählten Immobilientyp werden nach der Formulierung des Zielzustandes die potenziellen Entwicklungspfade der Kennwerte zu dem Zielzustand skizziert. Anschließend werden Ermittlungen des jeweiligen Ist-Zustands je Umweltindikator in regelmäßigen zeitlichen Abschnitten durchgeführt, statistisch ausgewertet und der geplanten Zielerreichung je Zeitpunkt gegenübergestellt. Werden relevante Abweichungen des Ist-Zustands zur Zielerreichung identifiziert, sind gegebenenfalls weitere Analysen durchzuführen um mögliche Gründe dieser Abweichungen zu identifizieren. Beruhend auf deren Ergebnisse sind sodann entsprechende Maßnahmen einzuleiten. Die Methode wird anhand eines Beispiels demonstriert. Für Büro- und Verwaltungsgebäude wird auf Basis der Anforderungen des Zertifizierungssystems der DGNB für Gebäude-Ökobilanzen das Umweltthema Klimaschutz aufgegriffen und die Methode getestet.

Aus der Anwendung dieser Methode können politische Entscheidungsträger oder öffentliche oder private Organisationen ein definiertes Vorgehen entnehmen, wie aus übergeordneten Zielvorstellungen abgeleitet langfristige ökologische Ziele gesetzt werden können und diese in Form konkreter Handlungsanleitungen für den Bau- und Immobiliensektor definiert werden können.

Abstract

Realizing the concept of sustainable development aims at conciliating human needs with available environmental and economic resources. Especially with regards to the environmental effects, acting according to “business as usual” nowadays does not seem to be appropriate: Natural resources become more and more scarce and air, water and soil pollution levels exceed the natural potentials to regulate these effects. The building and real estate sector carries an enormous improvement potential. To realize measures that reduce environmental effects of the sector today and in future clear, conducting and stakeholder specific instructions are required. Especially when taking into consideration that today’s decisions during design and construction of a building affect several generations it becomes obvious that much more future oriented processes are necessary. For this reason, overriding and long-term environmental targets for buildings should be formulated and be used by the sector’s different stakeholders respectively.

For some time past the construction and real estate sector uses building certification schemes for the sustainable and environmental assessments of buildings. These schemes, such as the German “DGNB-Certificate”, often make use of environmental Life Cycle Assessments (LCA) for buildings. Such an LCA generally results in aggregated environmental parameters, providing insights into kind, extend and origin of potential environmental effects of the regarded building over the entire life cycle. But how are benchmarks defined for these parameters, which provide both, up-to-date evaluation baselines and allow tracking of overriding and long-term environmental sustainability considerations?

Objective of this thesis is to provide a methodological basis for the development of future-oriented lifecycle-based environmental sustainability assessment of buildings. Main idea behind that is to help reaching societal or political objectives for the building and real estate sector by comprehensively ascertain, monitor and steer Life Cycle Assessments based environmental benchmarks for buildings.

The developed methodology combines two fundamental concepts: Environmental management methodology to formulate and steer long-term targets and environmen-

tal Life Cycle Assessment parameters to ascertain the lifecycle based environmental performance of buildings.

As a first step the method requires the precise formulation of long-term environmental targets for defined environmental issues for selected building types. These targets are to be defined per environmental parameter concerning value and point of time of attainment. For the target definition, different principles are proposed: Besides using targets based on technical options or statistical observations, targets derived from societal ambitions or political commitments. To ensure a comprehensive and methodologically concise collection of building parameters, the method requires the usage of clearly defined “building LCA” parameters. Starting from an initial situation of the environmental parameters (actual values) for the defined building type, the intended long-term targets and the path towards these targets are to be outlined. Ongoing and regularly, up-to-date results are to be assessed statistically and compared against the target achievements. If relevant deviations from the targets are identified, further analyses where appropriate need to be carried out to identify the reasons for the deviations. Based on the analyses’ results respective corrective actions are then to be initiated. The application of the method is demonstrated exemplarily. For office buildings the environmental topic climate change is chosen and tested based on the requirements of the DGNB Certificate for building LCA.

The method is intended to support political decision makers and public or private organizations in defining procedure models on how to define long-term environmental targets from overarching objectives and how to effectively define directives for respective and effective actions for the building and real estate sector.

1 Einführung und Aufgabenstellung

Der Bau- und Immobiliensektor spielt im Streben nach einer nachhaltigen Entwicklung eine außerordentlich große Rolle. Als eine Leitgröße für nachhaltige Entwicklung gilt der Endenergieverbrauch eines Landes. Allein die deutschen Haushalte tragen zu etwa einem Viertel der gesamten, in Deutschland verwendeten Endenergie bei [1]. Mit diesem Energiebedarf gehen enorme Mengen ökologisch relevanter Emissionen in Luft, Wasser und Boden einher. In Zeiten immer knapper werdenden Ressourcen und den damit verbundenen Konflikten sowie global nicht weiter vernachlässigbaren ökologischen Auswirkungen menschlicher Aktivitäten zur Erfüllung von Bedürfnissen sind klare, dirigierende und Akteurs-spezifische Handlungsanleitungen für unser zukünftiges Agieren benötigt. In der Bau- und Immobilienwirtschaft können ökologische Ziele für Immobilien formuliert und genutzt werden, deren Erreichen das Streben nach ökologischer Nachhaltigkeit vorantreiben und umsetzen. Die vorliegende Arbeit beschreibt, wie ein solches zielorientiertes Handeln geplant und organisiert werden kann. Im ersten Kapitel wird grundlegend in das Thema eingeführt, die zu lösenden Probleme werden dargestellt und das konkrete Ziel der Dissertation daraus abgeleitet. Anschließend wird ein Überblick über die Vorgehensweise bei der Entwicklung der Methode und den Aufbau der vorliegenden Arbeit gegeben.

1.1 Einführung

Es wird geschätzt, dass in 40 Jahren etwa ein Drittel mehr Menschen als heute auf der Erde leben werden [2]. Dies stellt die Menschheit vor unglaublich hohe Herausforderungen, da die Grundlage allen Lebens auf der Erde beschränkt ist. Neun Milliarden Menschen wollen dann ihre Bedürfnisse befriedigen. Allen voraus gehen gemäß dem Maslowschen Bedürfnismodell die physiologischen Bedürfnisse wie Essen, Trinken, Schlaf, Atmung und Wärme [3]. Aber auch Sicherheitsbedürfnisse wie Unterkunft, Gesundheit und Schutz vor Gefahren spielen hierin eine tragende Rolle. Nicht zu vernachlässigen sind auch die sozialen und individuellen Bedürfnisse sowie jene zur Selbstverwirklichung.

Allein die Sicherstellung der physiologischen Bedürfnisse für mehr als neun Milliarden Menschen im Jahr 2050 ist eine Aufgabe, die ein „weiter so“ wie heute nicht er-

lauben. Dazu sind die natürlichen Ressourcen wie sauberes Wasser, saubere Luft und nährstoffreiche Nahrung zu knapp, von Verteilungsproblemen dazu noch abgesehen.

Auch wenn in Europa die Entwicklung der Bevölkerungszahl aller Voraussicht nach nicht steigen, sondern abnehmen wird, muss auch hier ein Umdenken stattfinden, damit die Erfüllung der Bedürfnisse nicht zu Lasten anderer Generationen oder anderer Regionen ausgetragen wird. Außerdem kann Deutschland als hochindustrialisierte und technisch weit entwickelte Region mit hohem Außenhandelsvolumen von zukunftsfähigen Innovationen stark profitieren.

Doch was bedeutet Zukunftsfähigkeit? 1996 erschien die weitbeachtete Studie des BUND und Misereor „Zukunftsfähiges Deutschland“ und gilt bis heute als erste Nachhaltigkeitsstrategie für Deutschland [4]. Laut den Verfassern der Nachfolgestudien zielt die Vision von „Zukunftsfähigkeit“ beziehungsweise einer „nachhaltigen Entwicklung“ *„auf nichts weniger als auf einen grundlegenden Kurswechsel in allen Bereichen. Das Ziel ist die Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen, soziale Gerechtigkeit und eine ausgewogene, solide, selbstbestimmte wirtschaftliche und soziale Entwicklung für alle Länder.“* [5]

Für zukunftsfähige Regionen gilt demnach die Prämisse „Beibehaltung natürlicher Lebensgrundlagen für alle Länder“. Der Mensch als Teil dieser Systeme ist gefordert, sein Handeln an die natürlichen Grenzen anzupassen. Prinzipiell lassen sich diese Anpassungen entweder durch eine Steigerung der Suffizienz – also der „Genügsamkeit“ – der Menschen oder durch den effizienteren Einsatz von Ressourcen* erreichen.

Wo soll man in Deutschland also ansetzen, wenn es darum geht, zukunftsorientiert und zukunftsfähig zu handeln, sich an sich ändernde Rahmenbedingungen anzupassen und faire Voraussetzungen für die folgenden Generationen zu schaffen? Der Blick auf einige volkswirtschaftliche Größen hilft: Mit einem Anteil von mehr als 26 % im Jahr 2011 sind die privaten Haushalte der größte Verbraucher von Endenergie [1].

* Sieht man die Fähigkeit der Natur, Emissionen als Senke aufzunehmen, ebenfalls als eine natürliche Ressource, lassen sich sämtliche menschliche Einflüsse auf die Natur als Ressourcenentnahme beschreiben.

Etwa 6 % der Erwerbstätigen waren 2004 in Deutschland in der Bauwirtschaft tätig. Und mit einem Anteil von knapp 12 % an der Gesamt-Bruttowertschöpfung trägt die Immobilienwirtschaft auch gesamtpolitisch gesehen eine besondere Verantwortung [6]. Diese Daten zeigen: Einer der aktivsten Bereiche der deutschen Volkswirtschaft ist die Bau- und Immobilienwirtschaft. Vor dem Hintergrund, bedeutende ökologische Verbesserungen in Deutschland umzusetzen, wirksame Potenziale zu identifizieren und umfassend auszuschöpfen, ist also ein Fokussieren auf die Aktivitäten der deutschen Bau- und Immobilienwirtschaft unentbehrlich. In keinem anderen Sektor ist derart großes unausgeschöpftes Verbesserungspotenzial präsent: In Deutschland ist beispielsweise ein Drittel des Ressourcen- und Energieverbrauchs dem Bau und Betrieb von Gebäuden zuzurechnen [7].

Und wie stellt sich die Entwicklung der vergangenen zehn Jahre dar? Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass gerade im Bereich Wohnen seit 1995 bis heute keine nennenswerte Reduktion des Energieverbrauchs zu verzeichnen ist. Die monetären Ausgaben für Wohnenergie hingegen stiegen in diesem Zeitraum um durchschnittlich mehr als 60 %, zurückzuführen fast ausschließlich auf Preissteigerungen der Energieträger. Dagegen ist die Energieintensität, also der Energieverbrauch pro bewohnter Fläche, währenddessen technik- und verhaltensbedingt um fast 15 % zurückgegangen; ein Beispiel für die oben genannte Anpassung an veränderte Umweltbedingungen durch Effizienzsteigerung. Dies wirft die Frage auf, ob auch Verbesserungen aus Suffizienzsteigerung zu beobachten sind: Die durchschnittliche Wohnfläche im oben genannten Zeitraum ist um fast 14 % angestiegen. Deutliches Zeichen dafür, dass die Ansprüche steigen. [8]

Wie lassen sich nun die relevanten Faktoren und Umsetzungsmethoden ermitteln, die es erlauben, ökologische Verbesserungspotenziale aufzudecken und zielgerichtet zu handeln? Üblicherweise sind ökologisch-orientierte Bauwerke häufig ohne klar messbare Eigenschaften mit eindeutigem Wirkungs-Ursachen-Bezug geplant und ausgeführt. „Tradition“, Überzeugung und Erfahrungen spielen hier oft eine größere Rolle als wissenschaftlich begründbare und quantifizierbare Ergebnisse. Zwar ist weitläufig ein Verständnis für zum Beispiel den Zusammenhang zwischen Ressourcenverbrauch und Klimawandel gegeben, doch ziehen typische Bewertungen von Architekten, Fachplanern, Bauproduktherstellern etc. oftmals nur wenige Kennzahlen

wie „Spezifische Masse“ oder vages Wissen um die „Graue Energie“, also enthaltene Energie von Materialien, ein. Ist heute ein starker Trend zu höherer Komplexität der Planung bei gleichzeitigem Anstieg der Dynamik und Geschwindigkeit der Entscheidungssituationen zu beobachten, stellt sich nun die Frage, wie relevante Informationen in den komplexen Abläufen verankert und transportiert werden können.

Geht man davon aus, dass zukünftig die Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit in der Immobilienwirtschaft durch Nachhaltigkeits- oder Umweltthemen gesteuert wird [9], so wird deutlich, dass Veränderungen in den Prozessen der Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Bauwerken notwendig sind. Zur zielgerichteten Planung und Steuerung von Prozessen eignen sich üblicherweise Kennzahlen oder Indikatoren. Bisher stehen für ökologisch-orientierte Bauwerke nur wenige anerkannte Kennzahlen zur Verfügung, die neben Medienverbräuchen auch die eingesetzten Materialien betrachten und bewertbar machen.

In der Vergangenheit und auch heute noch wurden und werden deshalb größtenteils Maßnahmen ergriffen, die Teilprobleme aufgreifen und keine ganzheitliche Betrachtung der Problembereiche ermöglichen. Den konventionellen Ansätzen des „ökologischen Bauens“ ist gemein, dass sie sich nur auf einzelne Aspekte der Leistung des Gebäudes beziehen. Ein heutiger Denk- und Bewertungsansatz soll und kann jedoch weiter gehen. Auch ermöglicht durch den strukturellen Wandel unserer Gesellschaft von einer Industrie- zu einer Informations- und Wissensgesellschaft, sollten die am Bau Tätigen heute in der Lage sein, alle Informationen für ihre Entscheidungen zur Verfügung zu haben, zusammenzuführen und zu verknüpfen und die möglichen Konsequenzen auch zu verstehen. Es sollte ein Denkansatz sein, der weiter geht, auf einer ganzheitlichen Basis fußt und von geographisch wie auch zeitlich weit reichenden Relationen ausgeht. Ein Denkansatz also, der die relevanten ökologische Faktoren einbezieht und das Bauwerk und die Prozesse während seines Lebensweges mit betrachtet.

1.2 Problemdarstellung und Zielsetzung

Gebäude hinsichtlich der potenziellen ökologischen Auswirkungen zu bewerten, bedeutet nach heutigem Verständnis, einerseits die unterschiedlichen Umweltthemen wie z.B. Klimawandel, Ressourcenverfügbarkeit oder Gewässerschutz, umfassend

zu adressieren. Andererseits wird in der immer stärker globalisierten Welt auch von späteren Eigentümern, verantwortungsvollen Planern oder Kreditgebern verlangt, neben Energieeffizienz und Art der energetischen Ressourcen für die Gebäudekonditionierung auch die Herkunft und Wirkungen der eingesetzten Baustoffe und Produkte, deren notwendige Transporte und Lebensdauern, sowie deren Entsorgung und mögliche Kreislaufführung in Planungsentscheidungen mit einfließen zu lassen.

Die ökologische Bewertung von Gebäuden wird üblicherweise in Form von Auszeichnungen oder Zertifikaten durchgeführt und dem späteren Nutzer oder Eigentümer kommuniziert. Die Anwendung von Nachhaltigkeitszertifikaten für Gebäude steigt in den vergangenen Jahren immer stärker an. Im Rahmen dieser Zertifikate wird die Nachhaltigkeit des Bauwerkes bewertet und in Relation zum z.B. üblichen Durchschnitt oder zur best-verfügbaren Technik gesetzt. Hier seien beispielsweise das deutsche Zertifizierungssystem „DGNB“ genannt oder auch das „LEED System“, welches seinen Ursprung in den USA hat [10], [11]. Hauptcharakter des DGNB Systems ist die angestrebte Leistungsbewertung von Gebäuden bezogen auf definierte und quantifizierte Nachhaltigkeitsthemen. Die ökologische Bewertung im DGNB System wird unter anderem mithilfe von Ergebnissen einer „Gebäude-Ökobilanz“ durchgeführt. [10]

Mit den Ergebnissen einer Gebäude-Ökobilanz ist ein Planer heute in der Lage, unterschiedliche Umweltkennwerte für den gesamten Gebäude-Lebenszyklus zu ermitteln. Das heißt, von der Extraktion der Rohstoffe, über Herstellung, Einbau und Austausch der Bauprodukte, Energie- und Wasserbedarf in der Nutzung bis hin zum Abriss, Rezyklierung, Weiterverwendung oder Ablagerung aller eingesetzten Materialien und Stoffe, werden alle erfassbaren und relevanten Stoff- und Energieströme erfasst und hinsichtlich ihrer potenziellen Wirkungen zu Kennwerten aggregiert. Diese Kennwerte können dann in Relationen gesetzt werden, um Planern Kenntnis über die tatsächliche Art und Höhe der potenziellen Umweltwirkungen und über den Ursprung dieser Wirkungen geben zu können. [7], [12]

Woher jedoch kommen Vergleichswerte für diese Kennwerte? Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit ein Planer Vergleichswerte für sein konkretes

Bauvorhaben anwenden kann? Und wie können Vergleichswerte dabei helfen, übergeordnete Umweltziele für eine Branche oder einen Teil der Branche zu erfüllen?

Ziel dieser Arbeit ist, eine methodische Basis zur Entwicklung von zukunftsorientierten Kennwerten für eine lebenszyklusbasierte Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit von Immobilien zu legen. Dabei wird die standardisierte Methodik der „Gebäude-Ökobilanz“ gemäß DIN EN 15978 („Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode“, [13]) als Grundlage für die Definition von Umweltindikatoren zur Erfassung potenzieller Umweltwirkungen von Gebäuden mit einem eigens definierten, jedoch üblichen Regelfolgenden Managementsystem zum Beobachten und Steuern der betrachteten Umweltindikatoren verknüpft. Dabei dient die Definition des Umweltindikatoren-Systems der Festlegung des Umfangs der zu betrachtenden potenziellen Umweltwirkungen von Immobilien (Umweltthemen und einzubeziehende Bereiche des Gebäude-Lebenszyklus) und der Kennwertbildung. Zur Erhöhung der Flexibilität kann sowohl die Auswahl der Umweltthemen und der entsprechenden Umweltindikatoren je Anwendungsfall angepasst werden, genauso wie die einzubeziehenden Bereiche des Gebäude-Lebenszyklus.

Das Managementsystem zum Beobachten und Steuern der Ergebnisse von regelmäßig durchgeführten umfassenden Erhebungen der Kennwerte beinhaltet neben der Definition der Anzahl und Dauer der Erfassungszyklen (Zwischenperioden), die Definition des angestrebten Zielzustands der betrachteten Umweltindikatoren, sowie die Festlegung von Schwellenwerten für das Einleiten notwendiger Maßnahmen bei potenzieller Zielverfehlung. Des Weiteren werden potenzielle Maßnahmen qualitativ dargestellt.

Aus der Anwendung dieser Methode können politische Entscheidungsträger, öffentliche oder private Organisationen des Bau- und Immobiliensektors ein definiertes Vorgehen ableiten, wie übergeordnete ökologische Ziele für konkrete Immobilientypen erreicht werden können. Die Identifikation der Ist-Situation und die Ausformulierung langfristiger ökologischer Ziele stehen am Anfang der Methode und erfordern eine Auseinandersetzung der Akteure mit übergeordneten politischen Zielen, technischen Möglichkeiten und potenziellen ökologischen Grenzen.

1.3 Vorgehensweise bei der Entwicklung der Methode und Aufbau der Arbeit

In den folgenden zwei Abschnitten wird die Vorgehensweise bei der Entwicklung der Methode beschrieben sowie der Aufbau der vorliegenden Arbeit dargestellt.

1.3.1 Vorgehensweise bei der Entwicklung der Methode

Basis für die Entwicklung der Methode bilden zwei prinzipielle Konzepte: Kennzahlen aus der Anwendung von Gebäude-Ökobilanzen und Umweltkennzahlen-Managementsysteme zur Zielerreichung langfristiger Ziele. Grundidee ist, durch eine umfassende und klar definierte Ermittlung und langfristig ausgelegte Steuerung von Ökobilanz-Kennzahlen wie Treibhauspotenzial, Primärenergie oder Versauerungspotenzial pro zur Verfügung gestellter Immobilienfläche gesellschaftliche oder politisch-strategische Ziele für die Immobilienwirtschaft umsetzbar zu machen.

Die Entwicklung der Methode wird aus diesem Grund unterstützt durch die Darstellung des heutigen Wissensstandes, um politisch angeregte Umweltziele und Umweltindikatoren der Bau- und Immobilienwirtschaft, Umweltkennzahl-Monitoringsysteme und Benchmarking ökologischer Kennzahlen sowie die Gebäude-Ökobilanz und deren Anwendung in der Praxis.

Aus diesem Wissen und der Beurteilung der praktischen Anwendung der Gebäude-Ökobilanz und Datenverfügbarkeit sowie unter Beurteilung möglicher zukünftiger Entwicklungen in dieser Disziplin, werden für die Entwicklung der Methode fünf Anforderungskriterien abgeleitet. Diese Anforderungskriterien werden nach Anwendung der entwickelten Methode an einem Beispiel überprüft und deren Erfüllung bewertet.

Der Rahmen für die Methode ist, ausgehend von einer statistisch erfassten Ausgangssituation wie zum Beispiel „durchschnittliche Menge Treibhauspotenzial je Gebäudeflächeneinheit und Jahr“ einen anzustrebenden langfristigen Zielzustand zu definieren und den Weg zu diesem langfristigen Zielzustand, ausgedrückt in Kennzahlwerten für bestimmte Zeitpunkte, zu skizzieren. Diese Kennzahlen folgen den methodischen Grundsätzen der DIN EN 15978 [13]. Die entwickelte Methode erlaubt jedoch, sowohl die Auswahl der Umweltindikatoren als auch die Festlegungen für die

in die Erfassung einzubeziehenden Bereiche des Gebäude-Lebenszyklus flexibel an die jeweiligen Notwendigkeiten der Anwender anzupassen.

Die Anwendung der Methode erfordert nach der Rahmensetzung, in definierten regelmäßigen zeitlichen Abschnitten (Zwischenperioden) den jeweiligen Ist-Zustand mit Hilfe statistischer Ermittlungen zu überprüfen und dem angestrebten Zielwert der Zwischenperiode gegenüber zu stellen. Werden als relevant identifizierte Abweichungen vom angestrebten Zielwert identifiziert, sind gegebenenfalls tiefergehende Analysen zur Identifikation der Gründe für die Abweichungen durchzuführen und auf deren Ergebnisse beruhend Maßnahmen zur Korrektur einzuleiten. Am Ende einer jeden Zwischenperiode werden die Zielwerte für die neue Zwischenperiode auf Basis des angestrebten Zielwerts und des bis dahin Erreichten gegebenenfalls korrigiert und festgelegt.

Die Methode selbst folgt der in Abbildung 1 dargestellten Grundstruktur. Die Grundstruktur beinhaltet das „Übergeordnete Zielsystem“ (dargestellt in grün) und das „Zielsystem der Zwischenperioden“ (dargestellt in blau). Das Zielsystem der Zwischenperioden soll als Schleife so oft wiederholt werden, bis der anfangs festgelegte Zeitpunkt für den Ziel-Zustand erreicht ist.

Die vorliegende Arbeit beinhaltet eine Beispielanwendung, anhand derer überprüft wird, ob die Methode anwendbar ist und ob die Anforderungskriterien erfüllt werden. Die Beispielanwendung wird für Bürogebäude (Neubau) für das Umweltthema Klimawandel anhand des Umweltindikators „Treibhauspotenzial“ durchgeführt.

Die Vorgehensweise bei der Entwicklung der Methode schließt mit einer kritischen Auseinandersetzung und Bewertung der Methode anhand der definierten Anforderungskriterien und anhand der Ergebnisse der Beispielanwendung ab. Zum Schluss werden die Ergebnisse der Arbeit zusammengefasst.

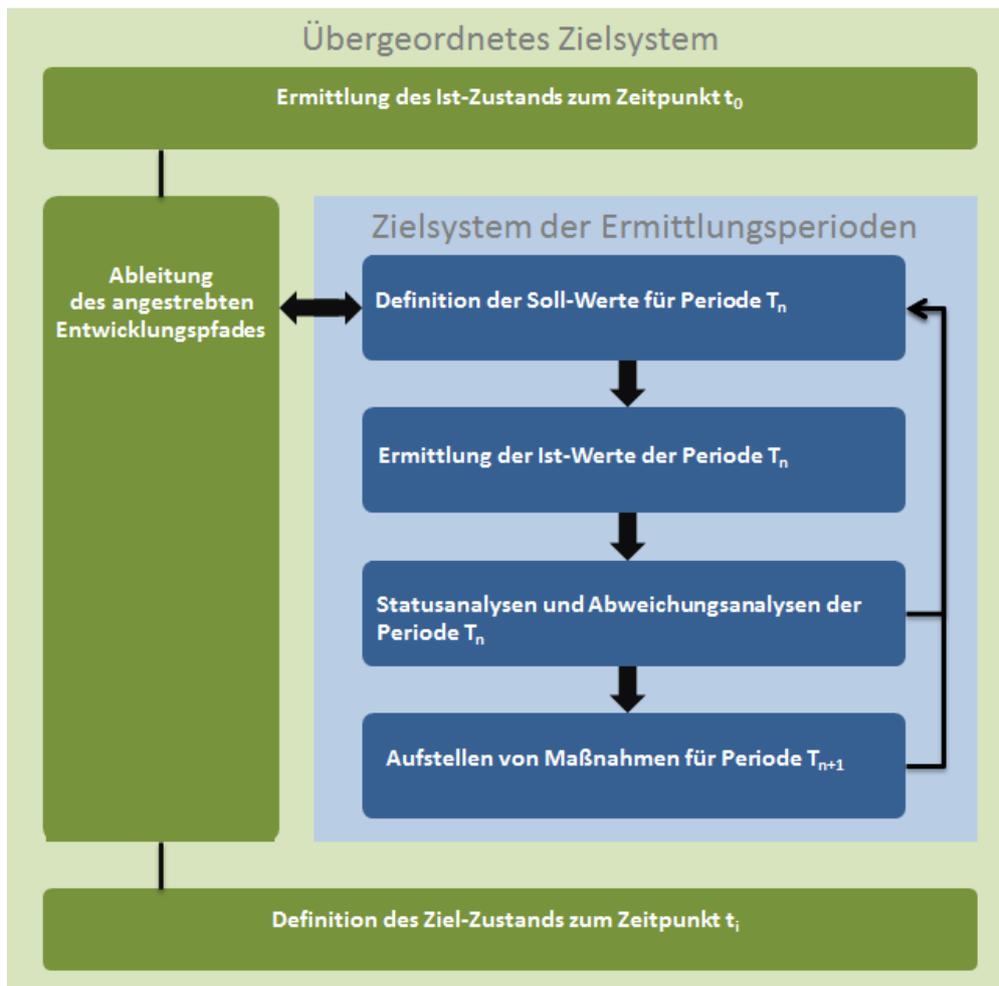


Abbildung 1: Überblick über die Grundstruktur der Methode

1.3.2 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit ist in acht Kapitel gegliedert. Nach einer Einführung in das Thema wird die Aufgabenstellung in Kapitel 1 beschrieben. Der für die Fragestellung relevante Stand des Wissens wird in Kapitel 2 abgebildet. Darin werden Grundlagen zu Umweltzielen und Umweltindikatoren dargelegt und Monitoringsysteme für ebendiese Indikatoren beschrieben. Die Themen Benchmarking und ökologische Kennzahlen werden anschließend erörtert. Eine Darstellung des Fachgebiets „Ökobilanzen“, mögliche Ziele für Ökobilanz-Indikatoren, die Methode der Gebäude-Ökobilanz und beispielhafte Anwendungsergebnisse schließen die Beschreibung des Stands des Wissens ab. Im folgenden Kapitel 3 wird eine Beurteilung des Wissenstandes vor allem aus dem Blickwinkel der Datenverfügbarkeit und zukünftiger Entwicklungen vorgenommen.

Alsdann stellt Kapitel 4 die Anforderungen an die Methode dar. Fünf Kriterien sind identifiziert, die von der Methode erfüllt werden müssen: Problemangemessenheit und politischer Bezug, Ganzheitlichkeit der Perspektive, Konsistenz, Flexibilität und Operationalisierbarkeit. In Kapitel 5 wird die entwickelte Methode umfassend beschrieben. Nach einer Einführung in die Darstellung der Grundstruktur der Methode mit ihren zwei Modulen folgt die Beschreibung des ersten Moduls. Dieses beinhaltet die Definition des übergeordneten Zielsystems. Modul 2, welches je nach Definition des übergeordneten Systems mehrfach angewandt wird und die Schritte zum Erreichen von Zwischenzielen beinhaltet, wird danach erläutert.

In Kapitel 6 wird folgend eine Beispielanwendung dargestellt. Am Beispiel des Klimapotenzials von Büro- und Verwaltungsgebäuden wird die Methode angewandt. Anschließend wird die Methode in Kapitel 7 einer kritischen Bewertung unterzogen. Dies geschieht sowohl anhand der in Kapitel 4 definierten Kriterien als auch in Bezug auf die Ergebnisse der Beispielanwendung. Kapitel 8 fasst die Ergebnisse der gesamten Arbeit zusammen und gibt im Ausblick Hinweise auf mögliche, auf der Methode aufbauende, Weiterentwicklungen.

2 Stand des Wissens

Ziel dieser Arbeit ist, eine methodische Basis zur Entwicklung von zukunftsorientierten Kennwerten für eine lebenszyklusbasierte Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit von Immobilien zu legen. Dazu bedarf es zum Einen, sich mit den fachlich anerkannten Regeln zur Quantifizierung von potenziellen Umweltwirkungen von Immobilien und den im gesellschaftlichen Kontext langfristig angestrebten Umweltzielen auseinanderzusetzen. Zum anderen ist es jedoch auch notwendig, ein auf diese Langfristigkeit ausgelegtes System zum Beobachten und Steuern von Umweltkennzahlen aufzusetzen und anzuwenden. Die Grundlagen, die für die Entwicklung der Methode erforderlich sind, werden im folgenden Kapitel beschrieben. Dieses Kapitel stellt zuerst für die Themen „Umweltziele und Umweltindikatoren“, „Monitoringsysteme für Umweltindikatoren“ sowie „Benchmarking und ökologische Kennzahlen“ das Grundlagenwissen dar. Abschließend wird für das Thema „Ökobilanz“ mit einem Fokus auf die Anwendung für Gebäude der für die Entwicklung der Methode relevante Stand des Wissens beschrieben.

2.1 Umweltziele und Umweltindikatoren

Wesentliche Basis für die Methode ist die Verwendung von Umweltzielen und Umweltindikatoren. Umweltziele sind als definierte Vorgaben für Umweltbelastungen und Umweltqualität zu verstehen: Sie stellen die Grundlage für die Begründung notwendiger Aktivitäten dar [14]. Umweltindikatoren hingegen ermöglichen eine Überprüfung gesetzter Umweltziele. Welche Umweltziele und Umweltindikatoren die deutsche Bundesregierung und die deutsche Bau- und Immobilienwirtschaft verfolgen und nutzen, wird in den folgenden drei Unterkapiteln dargestellt.

2.1.1 Grundlagen Umweltziele und Umweltindikatoren

Die Umweltpolitik definiert üblicherweise Umweltziele für bestimmte Themenfelder. Prinzipielles Vorgehen hierfür ist, dass zur Abbildung der Ziele adäquate Umweltindikatoren auf Basis verfügbarer Daten festgelegt, Umweltziele für diese definiert und für die Erreichung dieser Umweltziele werden sogenannte Umwelthandlungsziele aufgesetzt werden. Anschließend findet die Festlegung entsprechender Maßnahmen statt und die quantitative Kontrolle mittels Situationsanalysen. [15]

Diese Zusammenhänge sind in Abbildung 2 entsprechend dargestellt.



Abbildung 2: Zusammenhang zwischen Umweltzielen, Umwelthandlungszielen und Umweltindikatorenwerten

In der Umweltpolitik gibt es eine lange Historie in der Definition von Umweltzielen, Umweltindikatoren und Maßnahmen. Besonders für die beiden ersten ist im Bereich der ökologischen Bewertung von Gebäuden keine stringente Anwendung zu beobachten. Die Anlehnung an bereits etablierte Begriffsdefinitionen und auch Vorgehensweisen bei der Ermittlung und konkreten Definition wird stark empfohlen. Der folgende Abschnitt listet die mit Umweltzielen und Indikatorensystemen geläufigsten Begriffe aus der umweltpolitischen Disziplin auf. [16]

- Umweltqualitätsziele = charakterisieren eine bestimmten, sachlich, räumlich und zeitlich festzulegenden, angestrebten Zustand der Umwelt auf globaler, regionaler oder lokaler Eben. Sie enthalten sowohl naturwissenschaftliche als auch gesellschaftliche-ethische Elemente und werden objekt- oder medienbezogen für Mensch und / oder Umwelt bestimmt. Sie sollen der Bewertung der Umweltsituation dienen, zur Prioritätensetzung beitragen (insbesondere bei der Entwicklung langfristiger Strategien), politische Entscheidungen / Abwägungen transparenter und nachvollziehbarer machen, Konsens und Akzeptanz für umweltpolitische Ziele schaffen, als leicht vermittelbare Begründung für konkrete Anforderungen / Maßnahmen dienen sowie Erfolgskontrolle von durchgeführten Maßnahmen ermöglichen. [16]
- Umwelthandlungsziele = beschreiben erforderliche Verringerungen bzw. Veränderungen von Umwelteinwirkungen, die zum Erreichen der Umweltquali-

tätsziele nötig sind. Deshalb sollen sie möglichst quantitativ überprüfbar und aktivitätsorientiert sein. [16]

- Umweltindikatoren = ermöglichen eine Überprüfung der Umweltziele auf Grundlage einer „intersubjektiven“ Situationsanalyse. Unterscheidung von Umweltindikatoren ist möglich gemäß Raum, Zeit und Sachbezug. Sie sind Kenngrößen zur Abbildung und Kennzeichnung von komplexen Sachverhalten (= Indikandum) oder komplexen Systemen und erlangen ihre Funktion nur in einem bestimmten Verwendungszusammenhang. Für den Umweltpolitischen Bereich kann folgender Definition gefolgt werden: „Es handelt sich um gemessene bzw. berechnete, d.h. letztendlich beobachtbare, quantifizierte Kennziffern, die als Teile von zweckorientierten Indikatorensystemen Aussagen über Zustand und Entwicklung der Umwelt ermöglichen sollen.“ [15]
- Umweltindikatorensysteme = stellen Indikatoren systematisch nach bestimmten konzeptionellen Ansätzen dar. Wichtig beim Aufbau von Umweltindikatorensystemen ist das Verständnis für mögliche Interaktionen zwischen den Zielen, die sowohl funktional zusammenhängen können, Zielkonflikte oder Zielsynergismen beinhalten können. [16]
- Normative Indikatoren = „Indikatoren, die einen direkten Bezug zu politischen Zielen bzw. Referenzwertsetzungen oder sonstigen Bewertungen im wissenschaftlichen Bereich aufweisen. Sie weisen damit im Vergleich zu deskriptiven Indikatoren einen deutlich größeren Gehalt an normativer Ladung auf. Häufig setzen normative Indikatoren den Ist-Zustand in einem Handlungsfeld in Beziehung zu den entsprechenden politischen Zielen (Soll-Ist-Vergleich) und können dadurch eine gewisse Warnfunktion wahrnehmen.“ [16]

Experten der Umweltpolitik schlagen heute bereits vor, dass die Indikatorenentwicklung sich nicht allein an Zielstrukturen orientieren muss, sondern sich primär auf die Beobachtungsbereiche beziehen sollen, über die mit Hilfe von Indikatoren über längere Zeiträume hinweg Aussagen erstellt werden können. Umweltindikatoren sind das Bindeglied zwischen gesellschaftlich definierten Umweltzielen und der abbildbaren ökologischen Qualität. [17]

Neben den oben beschriebenen Umweltindikatoren existieren noch Umweltkennzahlen. Diese bezeichnen üblicherweise Indikatoren, die auf betrieblicher (Mikro-) Ebene zur Erfassung der Umwelteffekte und Maßnahmen des Unternehmens verwendet werden (meist als Teil des betrieblichen Umweltmanagements). [18]

Prinzipiell kann im Prozess der Zielbildung auf ein Modell zurückgegriffen werden, welches die Strukturierung von Umweltzielen hinsichtlich der drei Dimensionen Inputs, Outputs und Wirkungen erlaubt [17]:

- Input-orientierte Umweltziele betreffen Rohstoff-, Wasser-, Energie- und Flächenverbrauch
- Output-orientierte Umweltziele betreffen Abfälle, Emissionen, Stoffeinträge
- Wirkungsorientierte Umweltziele betreffen die Qualität von Ökosystemen und ihren Bestandteilen

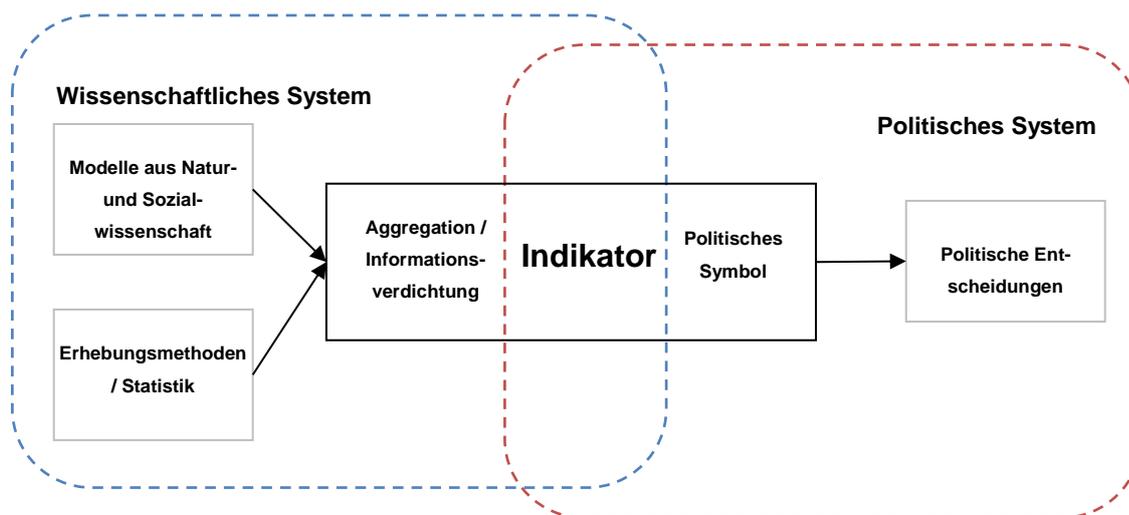


Abbildung 3: Einbindung von Indikatoren zwischen Wissenschaft und Politik (abgewandelt nach [16])

Bei der Definition umweltpolitischer Ziele, die prinzipiell am Anfang steht, bevor Instrumentarien wie Indikatoren ausgewählt werden, ist zu beachten, dass

- der Vollzug der Ziele erleichtert wird, wenn möglichst einvernehmlich die Ziele gebildet werden,
- die Verursacher von Problemen an der Problemlösung beteiligt werden,
- die Zielvorgaben für unterschiedliche Akteure konkretisiert werden sollten. [19]

Indikatorentypen für den Umweltbereich lassen sich prinzipiell wie folgt unterscheiden [16]:

- Belastungsindikatoren geben in aggregierter Form das Ausmaß aktueller Belastungen für die Umwelt an (pressure); Beispiel: Jährliche Kohlendioxid-Äquivalente der Treibhausgasemissionen
- Zustandsindikatoren erlauben die Beurteilung des Zustands der Umwelt (state); Beispiel: Geschwindigkeit der Änderung der globalen Oberflächentemperatur
- Maßnahmenindikatoren geben wieder, wie Gesellschaft und Politik auf Umweltveränderungen reagieren (response); Beispiel: Entwicklung von Energiebedingten Steuern

2.1.2 Nachhaltigkeitsindikatoren und Ziele der Bundesregierung

Als hochrangigstes Ziel der deutschen Umweltpolitik wird das Umsetzen des Konzeptes zur Nachhaltigen Entwicklung formuliert. Im Aktionsprogramm der Agenda 21 forderten die Vereinten Nationen ihre Mitgliedsstaaten bereits 1992 auf, Aktionspläne und Programme aufzusetzen, die helfen, die Umweltprobleme der Mitgliedsstaaten anzugehen und einer Lösung zuzuführen. [20]

Aus diesem Grunde legte die Bundesregierung deshalb 2002 die Nationale Nachhaltigkeitsstrategie „Perspektiven für Deutschland“ vor. Diese Strategie wird fortlaufend weiterentwickelt, es werden Fortschrittsberichte veröffentlicht und Berichte über die Entwicklung von Indikatoren. Zur Messbarmachung der Strategie wurden Nachhaltigkeitsindikatoren zu 21 Themen mit insgesamt 38 Zielen definiert. In der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung werden Schlüsselindikatoren ausgewertet. Für diese Schlüsselindikatoren werden fortlaufend Ziele definiert. Sie werden regelmäßig ausgewertet und deren Entwicklung bewertet. [21], [22]

Die Indikatoren der Bundesregierung entstammen den sogenannten „Umweltökonomischen Gesamtrechnungen“. Diese werden vom Statistischen Bundesamt durchgeführt und in Berichten zu Umweltindikatoren regelmäßig veröffentlicht. Die Entwicklung der Indikatoren wird, wie in Abbildung 4 dargestellt, für alle oben genannten In-

dikatoren veröffentlicht und mittels der „Wettersymbole“ hinsichtlich ihrer Entwicklung bewertet.

Tabelle 1: Auszug Nachhaltigkeitsindikatoren und Zielsetzungen der Bundesregierung [21] mit Änderungen durch Fortschrittsbericht 2012 [22]

	Thema	Indikator	Ziel (mit Änderungen Fortschrittsbericht 2012 - kursiv)
1a	Ressourcenschonung Ressourcen sparsam und effizient nutzen	Energieproduktivität	<i>Primärenergieverbrauch im Vergleich zum Jahr 2008 um 20 % bis 2020 und 50 % bis 2050 senken</i>
1b		Rohstoffproduktivität	Verdopplung von 1994 bis 2020
2	Klimaschutz Treibhausgase reduzieren	Treibhausgasemissionen	<i>Bis 2050 eine Senkung der Treibhausgase um 80-95 % im Vergleich zu 1990</i>
3a	Erneuerbare Energien Zukunftsfähige Energieversorgung ausbauen	Brutto-Endenergieverbrauch (früher „Anteile erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch“)	<i>Anteil von 18 % bis 2020 erreichen. Anteil Erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch 60 % bis zum Jahr 2050</i>
3b		Anteile erneuerbarer Energien am Stromverbrauch	<i>Anteil Erneuerbarer Energien am Stromverbrauch mindestens 35 % bis 2020 und mindestens 80 % bis 2050 (Basis 1990)</i>
4	Flächeninanspruchnahme Nachhaltige Flächennutzung	Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche	Reduzierung des täglichen Zuwachses auf 30 ha bis 2020
5	Artenvielfalt Arten erhalten - Lebensräume schützen	Artenvielfalt und Landschaftsqualität	Anstieg auf den Indexwert 100 bis 2015
12a	Landbewirtschaftung In unseren Kulturlandschaften umweltverträglich produzieren	Stickstoffüberschuss	Verringerung bis auf 80 kg/ha landwirtschaftlich genutzter Fläche bis 2010, weitere Absenkung bis 2020
12b		Ökologischer Landbau	Erhöhung des Anteils des ökologischen Landbaus an der landwirtschaftlich genutzten Fläche auf 20% in den nächsten Jahren
13	Luftqualität Gesunde Umwelt erhalten	Schadstoffbelastung der Luft	Verringerung auf 30% gegenüber 1990 bis 2010

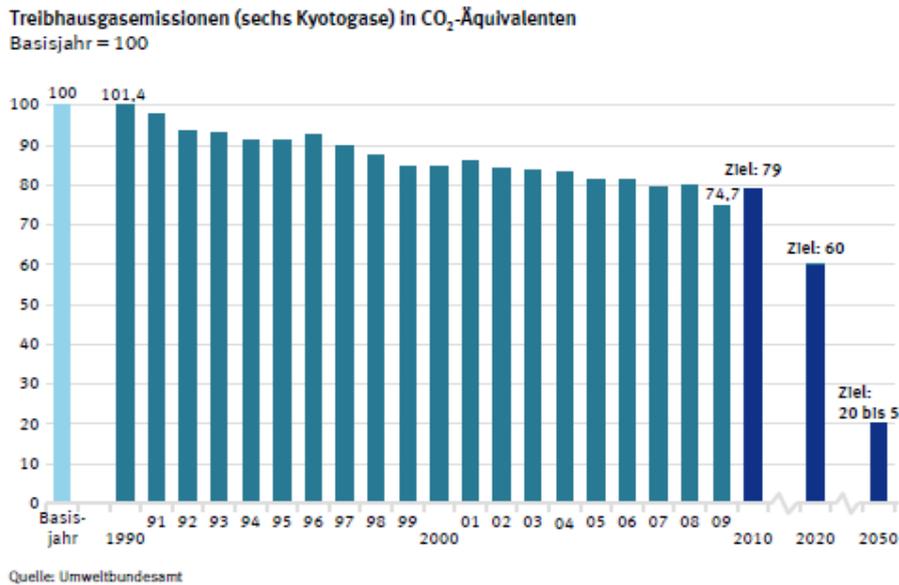


Abbildung 4: Darstellung der Nachhaltigkeitsindikatoren der Bundesregierung im Indikatorenbericht des Statistischen Bundesamtes (hier Treibhausgasemissionen) [23]

Diese Wettersymbole weisen auf folgende Entwicklungen hin [23]:

- „Sonnig“: Zielwert des Indikators ist erreicht oder verbleibende „Wegstrecke“ würde bis zum Zieljahr bewältigt (Abweichung weniger als 5 %).
- „Leicht bewölkt“ Indikator entwickelt sich in die richtige Richtung, aber im Zieljahr verbleibt / verbliebe bei unveränderter Fortsetzung der durchschnittlichen jährlichen Entwicklung noch eine Wegstrecke von 5 bis 20 % bis zur Erreichung des Zielwerts.
- „Bewölkt“ Indikator entwickelt sich in die richtige Richtung, aber im Zieljahr verbleibt / verbliebe bei unveränderter Fortsetzung der durchschnittlichen jährlichen Entwicklung noch eine Wegstrecke von mehr als 20 % bis zur Erreichung des Zielwerts.

„Gewitter“ Indikator entwickelt sich in die falsche Richtung, Wegstrecke zum Ziel würde sich bei unveränderter Fortsetzung der durchschnittlichen jährlichen Entwicklung weiter vergrößern.

2.1.3 Umweltziele und Umweltindikatoren der Bau- und Immobilienwirtschaft

Wird die Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung als Basis für das Setzen von Umweltzielen für Immobilien herbeigezogen, so sollten zuerst die in Tabelle 1 genannten Ziele in umsetzbare Ziele für die Bau- und Immobilienwirtschaft übertragen werden. Eine derartig abgeleitete Zielsetzung hat bislang in Deutschland noch nicht stattgefunden. Die bisherigen Aktivitäten beschränken sich auf einzelne Themengebiete, wie z.B. Vorgaben zur Senkung des gebäudebezogenen Energieverbrauchs (Energieeinsparverordnung), Vorgaben zur Erfüllung von Mindestanforderungen für den Anteil erneuerbarer Energien im Gebäudebetrieb (Erneuerbare Energie Gesetz). Weitere Ziele sind vereinzelt auf freiwilliger Unternehmens-Ebene zu finden oder werden lokal sehr begrenzt definiert und kontrolliert.

Zu Umweltindikatoren für die Bau- und Immobilienwirtschaft finden auf internationaler Ebene verschiedene Standardisierungsaktivitäten zum Thema „Nachhaltiges Bauen“ statt. Sowohl auf ISO als auch auf CEN Ebene werden Normen entwickelt, die die Quantifizierung von Nachhaltigkeitsaspekten von Immobilien vereinheitlichen sollen. Im Normenausschuss Bauwesen des Deutschen Instituts für Normung e.V. (DIN) ist der Spiegelausschuss zu ISO/TC 59/SC 17 und CEN/TC 350 der „NA 005-01-31 AA“ eingesetzt [24], [25], [26] [27].

In 2002 wurde vom für das Bauwesen zuständige technische Komitee der ISO (TC 59) beschlossen, ein Normungsprojekt für das Nachhaltige Bauen zu starten. Die Arbeit daran erfolgt in fünf verschiedenen Arbeitsgruppen (Working Groups, WG, siehe Abbildung 5). WG 1 arbeitet am Thema „Allgemeine Grundsätze und Terminologie“. Ergebnis der WG 1 ist die „ISO 15392:2008 Sustainability in building construction - General principles“, die spezifische Grundsätze für nachhaltiges Bauen enthält [28]. WG 2 beschäftigt sich mit „Nachhaltigkeitsindikatoren“. In der ISO 21929-1:2011 „Sustainability in building construction -- Sustainability indicators -- Part 1: Framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings“ werden die Indikatoren aufgelistet, die mindestens in Bewertungs- und Zertifizierungssystemen

men beinhaltet sein sollen [29]. WG 3 beschäftigt sich mit „Umweltdeklarationen von Bauprodukten“. Sie hat die „ISO 21930:2007 Sustainability in building construction - Sustainability indicators - Part 1: Framework for development of indicators for buildings“ erarbeitet [30]. Sie gibt Grundlagen für die Formulierung von Produkt-Kategorie-Regeln (PCR Dokumenten) für Bauproduktgruppen an. WG 4 beschäftigt sich mit der Bewertung der Wirkungen von Gebäuden auf die Umwelt („Umweltverhalten von Gebäuden“). In der “ISO 21931-1 Sustainability in building construction – Framework for the assessment of the environmental performance of construction works – Part 1: Buildings” wurden die Grundlagen einer Beschreibung der Umweltqualität von Gebäuden formuliert [31]. WG 5 beschäftigt sich mit dem Thema „Ingenieurbauwerke“ und soll in einer künftigen ISO 21929-2 “Sustainability in building construction – Sustainability indicators – Part 2: Framework for the development of indicators for civil engineering works” münden [32]. [24]



Abbildung 5: Struktur der ISO TC 59 SC 17 Arbeitsgruppen [33]

Auf Europäischer Ebene ist eine ähnliche Struktur gewählt worden. Seit der Mandatierung 2004 arbeiten Experten im CEN/TC 350 an der Erstellung von Normen für das nachhaltige Bauen. Die bislang veröffentlichten Standards hierzu umfassen die in Tabelle 2 aufgelisteten Dokumente. Fokus war bislang das Schaffen von Rahmenwerken für das nachhaltige Bauen sowie die Erfassung und Berechnung der ökologischen Performance von Produkten und Gebäuden. An der Umsetzung (v.a.

an den Berechnungsregeln) der sozialen und der ökonomischen Performance wird weiterhin gearbeitet.

Parallel zu den Arbeiten auf internationaler Ebene wurde in Deutschland bereits im Januar 2001 der erste „Leitfaden Nachhaltiges Bauen“ veröffentlicht [34]. Im Dezember desselben Jahres wurde dann der „Runde Tisch Nachhaltiges Bauen“ gegründet. Dieser ist als ein „Gremium zur Unterstützung des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) für Regelungen des Nachhaltigen Bauens des Bundes eingerichtet worden“ [35].

Tabelle 2: Veröffentlichte Standards des CEN/TC 350

Standard	Titel (original, englisch)
CEN/TR 15941:2010	Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Methodology for selection and use of generic data
EN 15643-1:2010	Sustainability of construction works - Sustainability assessment of buildings - Part 1: General framework
EN 15643-2:2011	Sustainability of construction works - Assessment of buildings - Part 2: Framework for the assessment of environmental performance
EN 15643-3:2012	Sustainability of construction works - Assessment of buildings - Part 3: Framework for the assessment of social performance
EN 15643-4:2012	Sustainability of construction works - Assessment of buildings - Part 4: Framework for the assessment of economic performance
EN 15804:2012	Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products
EN 15942:2011	Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Communication format business-to-business
EN 15978:2011	Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method

Am „Runden Tisch Nachhaltiges Bauen“ durchgeführte Forschungsarbeiten lieferten die Grundlagen für die Quantifizierung und Bewertung der Nachhaltigkeit von Bauwerken in Deutschland. Darauf aufbauend haben im Jahr 2007 Gründungsmitglieder der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. (DGNB) Grundlagenarbeit für ein Zertifizierungssystem für Büro- und Verwaltungsgebäude begonnen. Die DGNB wurde im Juni 2007 gegründet und hat im Folgejahr die ersten Pilotprojekte für die Auszeichnung von Gebäuden mit hoher Nachhaltigkeitsperformance durchgeführt. Im Januar 2009 wurden die ersten Gebäude mit dem „Deutschen Gütesiegel Nachhaltiges Bauen“ ausgezeichnet. [36]

Als Ergebnis der Definitionsarbeit durch den „Runden Tisch Nachhaltiges Bauen“ des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und den Arbeiten der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. (DGNB) ist 2008 ein gesellschaftlicher Konsens erarbeitet worden, der auch für die in Tabelle 3 genannten Umweltthemengebiete ein Indikatorensystem zur Quantifizierung bietet [37].

Tabelle 3: Ökologische Nachhaltigkeit von Gebäuden – Indikatoren in der Zertifizierung von Büro- und Verwaltungsgebäuden gemäß des „Deutschen Gütesiegels Nachhaltiges Bauen“ 2009 und Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung [37] [21]

Umweltthema	Thema in der Nachhaltigkeitsstrategie („Nachhaltigkeitspostulat“)	Umwelt-Themenbereich	Indikator „Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen“	Einheit	Quantifizierungsbasis (Gebäude)
Klimawandel	Treibhausgase reduzieren	Anthropogen erzeugten Treibhauseffekt reduzieren	Treibhauspotenzial (GWP)	kg CO ₂ -Äqu./m ² * a	Gebäude-Ökobilanz
Ozonloch	Gesunde Umwelt erhalten	Zerstörung der Ozonschicht in der Stratosphäre vermindern	Ozonschichtzerstörungspotenzial (ODP)	kg R11-Äqu./m ² * a	Gebäude-Ökobilanz
Sommer-smog	Gesunde Umwelt erhalten	Bildung von bodennahen photochemischen Oxidantien reduzieren	Photochemisches Oxidantienbildungspotenzial (POCP)	kg Ethen-Äqu. /m ² * a	Gebäude-Ökobilanz

Umweltthema	Thema in der Nachhaltigkeitsstrategie („Nachhaltigkeitspostulat“)	Umwelt-Themenbereich	Indikator „Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen“	Einheit	Quantifizierungsbasis (Gebäude)
Saurer Regen	Gesunde Umwelt erhalten	Versauerung von Böden und Gewässern reduzieren	Versauerungspotenzial (AP)	kg SO ₂ -Äqu./m ² * a	Gebäude-Ökobilanz
Überdüngung	Landbewirtschaftung (in Nachhaltigkeitsstrategie nur auf Landwirtschaft bezogen)	Überdüngung (Nährstoffeintrag) von Gewässern und Böden reduzieren	Eutrophierungspotenzial (EP)	kg PO ₄ ³⁻ -Äqu./m ² * a	Gebäude-Ökobilanz
Ökotoxizität und Humantoxizität	Nicht vorhanden	Risiken für Gesundheit und Umweltschutz	Risiken für die lokale Umwelt	Einhaltung von Anforderungen für Baustoffe und Materialien	Nachweis definierter ökologischer Kriterien für Baustoffen und Materialien
Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft	Nicht vorhanden	Biodiversität in Wäldern erhalten	Wirkungen auf die lokale Umwelt	Zertifikate für Holz	Massenanteil Zertifikate für genutzte Holzbaustoffe
Wärmeinselseffekte in Städten	Nicht vorhanden	Effekte von Mikroklimata in Städten reduzieren	Albedoeffekt	Ohne Einheit	Dokumentation von Eigenschaften ohne Zielerreichungsgrad
Energieverbrauch	Ressourcensparsam und effizient nutzen	Verfügbarkeit von Energieträgern sicherstellen	Primärenergie nicht erneuerbar	MJ PE nicht erneuerbar/m ² * a	Gebäude-Ökobilanz
Erneuerbare Energien	Zukunftsfähige Energieversorgung ausbauen	Abhängigkeit von begrenzt verfügbaren Energieträgern reduzieren	Gesamtprimärenergie und Anteil erneuerbare Primärenergie	MJ PE gesamt / m ² * a und Anteil erneuerbar an gesamt	Gebäude-Ökobilanz
Wasserverbrauch	Nicht vorhanden	Sicherstellung von Trinkwasserqualität und -quantität	Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	m ³ Trinkwasser / a	Kalkulation Wasserkennwert
Flächenverbrauch	Nachhaltige Flächennutzung	Ressourcenschonung - Flächen	Flächeninanspruchnahme	Nutzungsart / statistische Zuordnung	Statistische Zuordnung der Grundfläche

Soll die Bewertung der ökologischen Qualität der Aktivitäten in der Bau- und Immobilienwirtschaft auch ökologische Erfolge bringen, so ist zu beachten, dass die Verursacher potenzieller Umweltschäden von bewerteten (= regulierten) Emissionen, Ressourcenverbräuchen und anderen ökologischen Effekten auf nicht bewertete (= unregulierte) ausweichen. Solche Substitutionen sollten langfristig vermieden werden. Auch aus diesem Grund ist anzunehmen, dass sich die Bewertungsmaßstäbe in Zukunft weiterentwickeln werden. [38]

2.2 Monitoringsysteme für Umweltindikatoren

Umweltindikatoren sowie deren kontinuierliche Überwachung sind wesentliche Elemente einer quantitativen Zieldefinition und der Überprüfung der Zielerreichung. Sie werden im Folgenden adressiert.

2.2.1 Differenzierung von und Anforderungen an Umweltindikatoren

Die in Tabelle 3 beschriebenen Gebäude-Ökobilanz-Indikatoren bilden gemeinsam ein Umweltindikatorensatz bzw. ein Umweltindikatorensystem. Die ermittelten Indikatoren-Ergebnisse lassen sich als rein beschreibende Indikatoren bezeichnen. Die Zielerreichungsgrade bzw. die Verhältnisse Indikator-Ergebnisse zu den jeweiligen Referenzwerten sind hingegen laut Definition von F. Müller und H. Wiggering in [16] als zielbezogene Indikatoren einzustufen. Diese zielbezogenen Indikatoren werden auch „Performance-Indikatoren“ genannt (Schäfer et al. in [16], Seite 168).

In Abbildung 6 ist dargestellt, wie ein Nachhaltigkeitsbewertungssystem für Bauwerke strukturell aufgebaut sein kann und welche Akteure zur Informationsbereitstellung als Basis zur Bewertung beitragen sollten.

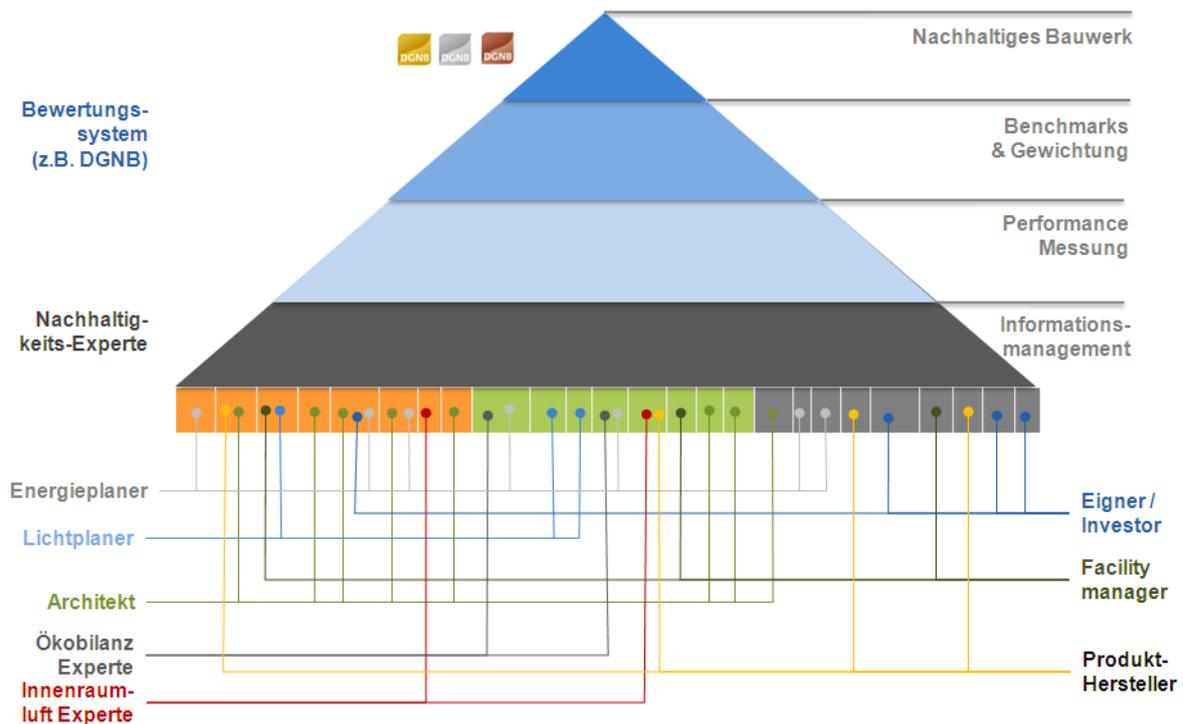


Abbildung 6: Nachhaltige Planung, Errichtung und Betrieb von Gebäuden – Akteure und Struktur eines Bewertungssystems [39]

Abgeleitet aus allgemeinen Anforderungen an Umweltindikatoren (siehe 2.1.1 oben) müssen auch die Gebäude-Ökobilanz-Indikatoren erfüllen, dass

- das Verhältnis zwischen Indikator und Indikandum eindeutig ist,
- die Indikatoren die Zielgrößen repräsentativ und korrekt unter inhaltlichen, räumlichen und zeitlichen Aspekten darstellen,
- die Indikatoren eine eindeutige Wirkungszuordnung bestätigen,
- das Ausgangsmodell für die Indikatorenableitung konsistent und transparent ist,
- die Indikatorenwerte richtig, verifizierbar, verlässlich und reproduzierbar sind,
- die genutzten Aggregationsmechanismen nachvollziehbar und passend sind,
- die Indikatoren strategisch, konzeptionell und methodisch zu anderen Kenngrößen und Indikatorensystemen sind,
- die Indikatorenwerte mit vertretbarem Aufwand erfassbar sind. [16]

Diese Anforderungen sind Grundvoraussetzung dafür, dass ein Monitoringsystem für Gebäude-Ökobilanz-Indikatoren für die Verbesserung der ökologischen Performance von Immobilien zielführend eingesetzt werden kann.

2.2.2 Monitoring von Umweltindikatoren oder Umweltkennzahlen

Monitoring von Umweltindikatoren oder Umweltkennzahlen wird häufig gemäß des „Deming-Zyklus“ oder „PDCA-Zyklus“ operationalisiert [40]. Dieser Kreislauf findet die Grundlage im betrieblichen Management und wird häufig bei der Nutzung kennzahlenbasierter Steuerung von Prozessen eingesetzt. Ein „Deming-Zyklus“ besteht aus vier Elementen, die sukzessive ausgeführt werden: Plan – Do – Check – Act. Angewandt wird das Konzept üblicherweise im Rahmen eines Umweltmanagements gemäß ISO 14001 [41]. Ziel der Anwendung des Konzeptes im Umweltmanagement ist die kontinuierliche Verbesserung der Umweltleistung von Organisationen. [42]

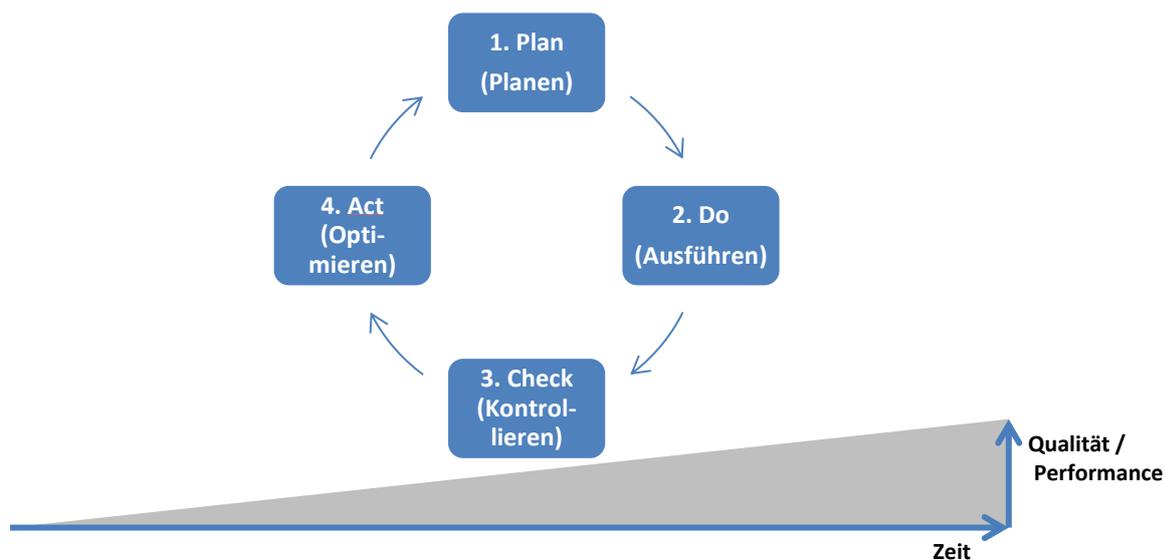


Abbildung 7: Deming-Zyklus zur Steuerung von Kennzahlensystemen

- 1. Plan:** Aufsetzen eines Kennzahlensystems, Bestimmung des Umfangs und Definition der angestrebten Ziele in Form von Soll-Werten und Abweichungstoleranzen
- 2. Do:** Ermitteln, Messen und Sammeln der Ist-Werte für den definierten Umfang

- 3. Check:** Analysieren und Visualisierung der Ist-Werte hinsichtlich definierter Zielerreichung, Aufdeckung von Abweichungen durch den Vergleich der vordefinierten Soll-Werte mit den gemessenen Ist-Werten
- 4. Act:** Zeitnahe Entwicklung eines Maßnahmenkataloges bei Abweichung der Ist-Werte von den Soll-Werten

In der „DIN EN ISO 14031 Umweltmanagement – Umweltleistungsbewertung – Leitlinien“ [43] sind Vorgaben zur Erstellung, Planung und Umsetzung von Umweltleistungsmessungen erstellt (siehe Abbildung 8). Diese beziehen sich zwar auf Unternehmen, die übergeordneten Strukturen lassen sich jedoch auch auf andere Bewertungsgegenstände übertragen.

Im Rahmen der EG-Öko-Audit-Verordnung („EMAS III“) [44] und ISO 14001 Zertifizierungen [45] findet ein kontinuierliches Monitoring von Umweltkennzahlen statt. Die Zielsetzung der EG-Öko-Audit-Verordnung ist die *„Förderung der kontinuierlichen Verbesserung des betrieblichen Umweltschutzes“* [44]. *„Die ISO 14001 zielt auf die Installation eines effektiven Umweltmanagementsystems, mit dessen Hilfe zum einen die wesentlichen Umweltaspekte der Organisation hinsichtlich ihrer Prozesse, Produkte und Dienstleistungen erfasst und gemessen, und zum anderen kontrolliert und beeinflusst werden können“* [45]. [42]

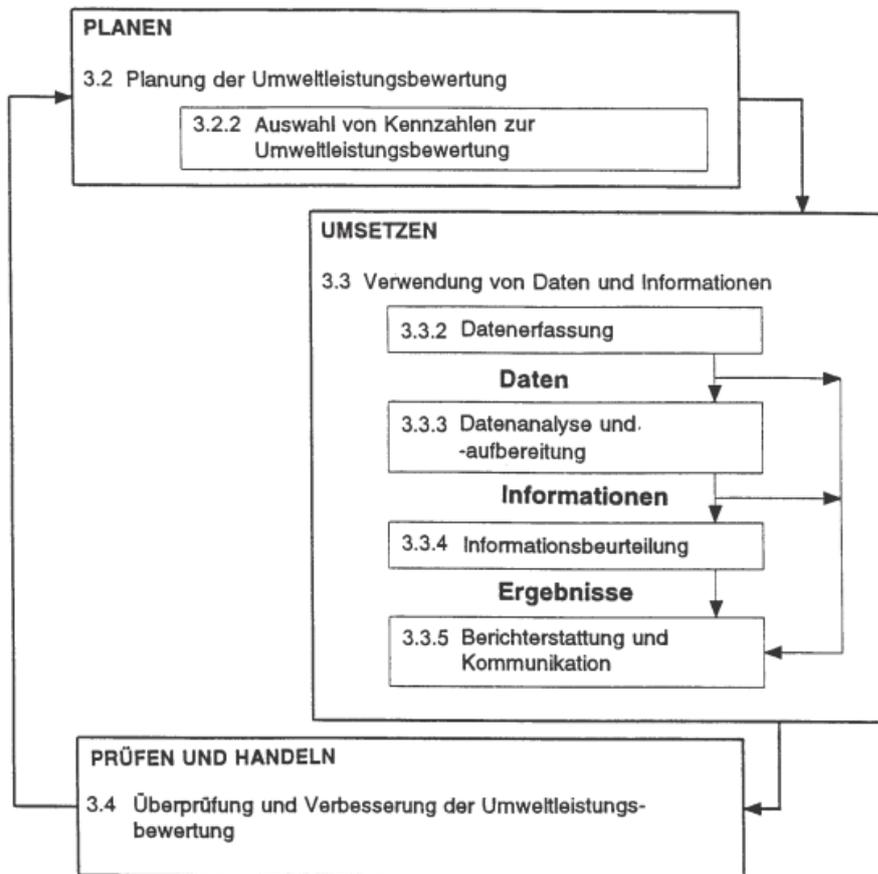


Abbildung 8: Managementmodell der Umwelleistungsbewertung gemäß DIN EN ISO 14031 [46]

2.3 Benchmarking und ökologische Kennzahlen

Das Konzept des Benchmarking von ökologischen Kennzahlen ist wesentliches Element einer quantitativen Überprüfung der Zielerreichung. Dieses wird im folgenden Kapitel adressiert.

2.3.1 Definitionen

Benchmarking ist ein Instrument der Wettbewerbsanalyse. Es bezeichnet laut [47] den „kontinuierlichen Vergleich von Produkten, Dienstleistungen sowie Prozessen und Methoden mit (mehreren) Unternehmen, um die Leistungslücke zum sog. Klassenbesten (...) systematisch zu schließen. Grundidee ist es, festzustellen, welche Unterschiede bestehen, warum diese Unterschiede bestehen und welche Verbesserungsmöglichkeiten es gibt.“ Benchmarking zielt darauf ab, „durch externe und inter-

ne Unternehmensvergleiche (...), Stärken und Schwächen eines Unternehmens zu identifizieren und es auf diesem Wege zu Höchstleistungen zu führen“. [48]

Benchmarks werden als Kennzahlen verstanden, mit denen ein Unternehmen sich, seine Produkte oder seine Dienstleistungen mit anderen Marktteilnehmern und deren Produkten oder Dienstleistungen vergleichen kann. Im Rahmen eines Benchmarkings können auch ökologische Kennzahlen eingesetzt werden.

In der Betriebswirtschaftslehre werden Kennzahlen im Rechnungswesen oder im Controlling genutzt für die Planung, Steuerung und Kontrolle von Unternehmen. Laut [49] sollen Kennzahlen *„in stark verdichteter Form auf eine relativ einfache Weise über einen betrieblichen Tatbestand informieren“*. Übertragen auf Umweltkennzahlen werden diese *„als Zahlen verstanden, die Information über umweltrelevante Tatbestände beinhalten“*. Im Umwelt-Controlling insbesondere im Zusammenhang mit der Umweltleistungsbewertung von Unternehmen wird die Bildung von ökologischen Kennzahlen als wichtiges Instrument eingesetzt. [50]

Es gibt absolute und relative ökologische Kennzahlen, wobei letztere durch ihre Verhältnisbildung häufiger eingesetzt werden. Verhältniszahlen machen es möglich, Zeitreihen zu bilden und externe Vergleiche durchzuführen. Prinzipiell kann zwischen Umweltleistungs- und Umweltzustandskennzahlen unterschieden werden. Umweltzustandsindikatoren stellen Informationen über den Zustand der Umwelt dar (Beispiel: Höhe des Grundwasserspiegels). Umweltleistungsindikatoren hingegen stellen die Umweltleistung von Unternehmen auf Management- oder operativer Ebene dar (Beispiel: Emittierte Schadstoffe pro Tonne produziertes Produkt). [43]

2.3.2 Prozess des Benchmarking und Anforderungen an ökologische Kennzahlen

Folgende Schritte sollten beim „konventionellen“ unternehmensbezogenen Benchmarking durchgeführt werden [47]:

- (1) Auswahl des Objektes (Produkt, Methode, Prozess), das analysiert und verglichen werden soll.

- (2) Auswahl des Vergleichsunternehmens. Dabei ist wichtig, festzulegen, welche Ähnlichkeiten zur Gewährungsleistung der Vergleichbarkeit gegeben sein müssen.
- (3) Datengewinnung (Analyse von Sekundärinformationen; Gewinnung von Primärinformationen, z.B. im Rahmen von Betriebsbesichtigungen).
- (4) Feststellung der Leistungslücken und ihrer Ursachen.
- (5) Festlegung und Durchführung der Verbesserungsschritte.

Die Erstellung von Kennzahlen soll einer generellen Regel folgen: Kennzahlen sollen Zahlen bereitstellen, die Information über umweltrelevante Tatbestände beinhalten. Anforderungen an (ökologische) Kennzahlen sind [51]:

- Informationsverdichtung
- Genauigkeit
- Richtungsstabilität
- Aktualität
- Transparenz
- Reproduzierbarkeit
- Handlungsbezug
- Vorsorgeorientierung
- vertretbarer Erhebungsaufwand

Ökologische Benchmarks nutzen also der Identifikation von Unterschieden der ökologischen Performance, können der Aufdeckung der Gründe der Unterschiede dienen und bieten die Möglichkeit, Verbesserungen zu erkennen.

2.4 Die Ökobilanz

Die Ökobilanz (englisch Life Cycle Assessment, LCA) ist gemäß DIN EN ISO 14040 die „Zusammenstellung und Beurteilung der Input- und Outputflüsse und der potenziellen Umweltwirkungen eines Produktsystems im Verlauf seines Lebensweges“ [52]. Von der „Wiege bis zur Bahre“ eines Produktes oder einer Dienstleistung werden alle Emissionen in Luft, Wasser und Boden und alle benötigten Ressourcen aufsummiert. Danach werden diese Interaktionen der Technosphäre mit der Ökosphäre charakterisiert und zu Indikatoren zusammengefasst. Die Aggregationsstufen dieser Indikatoren sind wie folgt definiert [52]:

- Sachbilanz-Ebene (Sachbilanz = Katalog der Elementarflüsse),
- Wirkungsindikatoren-Ebene (Wirkungsindikator = Anwendung von Umweltwirkungsfaktoren je Elementarfluss und Aufsummierung der charakterisierten Ergebnisse)
- Wirkungsendpunkt-Ebene (Wirkungsendpunkt = Eigenschaft oder Aspekt der natürlichen Umwelt, der menschlichen Gesundheit oder der Ressourcen, die oder der ein Umweltthema identifiziert, das Grund zur Besorgnis darstellt)

Ökobilanzen werden heute häufig in der Industrie in Forschung und Entwicklung bei der Produkt- oder Prozessentwicklung eingesetzt, in der Forschung bei der Charakterisierung von Umweltwirkungen, in Marketing und Kommunikation bei der Identifikation von relevanten Umweltkennzahlen von Produkten.

2.4.1 Ökobilanz und Nachhaltigkeit

Das übergeordnete Ziel der Bewertung von Gebäuden hinsichtlich Nachhaltigkeitskriterien, wie der hier betrachteten ökologischen Kriterien, sollte vor allem mit dem Gedanken des nachhaltigen Wirtschaftens übereinstimmen. Der Bericht der UN World Commission on Environment and Development definierte 1987 im sogenannten Brundtland Report nachhaltiges Wirtschaften wie folgt: „*Development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs*“. Im Brundtland Report wird jedoch auch ausgeführt dass es keine einheitliche Blaupause für verschiedene Länder und Regionen für die Umsetzung von Nachhaltigkeit geben wird: „*No single blueprint of sustainability will be found, as*

economic and social systems and ecological conditions differ widely among countries. Each nation will have to work out its own concrete policy implications. Yet irrespective of these differences, sustainable development should be seen as a global objective.” (Seite 39) [53]

In den Kontext des nachhaltigen Wirtschaftens entsprechend diesem gängigen Verständnis eingebettet, lassen sich verkürzt folgende Vorgaben für heutiges nachhaltiges Handeln ableiten, wobei die erste Vorgabe entsprechend Definition im Brundtland Report vorrangig gegenüber der zweiten ist:

- (1) aktuelle Bedürfnisse befriedigen und gleichzeitig intergenerative Gerechtigkeit sicherstellen,
- (2) ökologische und soziale Kriterien bedeutungsmäßig den ökonomischen gleichstellen.

Wird ein nachhaltiges Gebäude angestrebt müsste demnach in Planungs-, Bau- Bewirtschaftungsprozessen eines Gebäudes jede Entscheidung bezüglich der ersten Handlungsvorgabe (1) wie folgt hinterfragt und positiv beantwortet werden:

- Erfüllen Art der Rohstoffe, Herstellung, Transport und Einbau der gewählten Produkte, technischer oder planerischer Lösungen nicht nur die aktuellen direkten Bedürfnisse der Wirtschaftenden sondern auch die möglichen Bedürfnisse der zukünftig Wirtschaftenden und davon indirekt Betroffenen?
- Erfüllen die Leistungen der gewählten Produkte, technischen oder planerischen Lösungen im Gebäude nicht nur die aktuellen Bedürfnisse des Bauherrn sondern auch mögliche Bedürfnisse zukünftiger Nutzer und davon indirekt Betroffenen über den erwarteten Zeitraum der Nutzung des Gebäudes?
- Erfüllen gewählte Produkte, technische oder planerische Lösungen den Anspruch an komplette Rückführung in den technischen Kreislauf nach dem erwarteten Zeitraum der Nutzung?

Bezüglich der zweiten Handlungsvorgabe (2) wäre danach zu hinterfragen, ob die Dimensionen Ökologie und Soziales gleichgewichtet in Entscheidungsprozesse einbezogen sind:

- Haben die Anforderungen an die ökologische Performance der gewählten Produkte, technische oder planerische Lösungen den gleichen Stellenwert wie die Kosten- und der Nutzen?
- Haben die Anforderungen an die soziale Performance der gewählten Produkte, technische oder planerische Lösungen den gleichen Stellenwert wie die Kosten- und der Nutzen?

Aus dem Versuch diese Fragen für ein Bauvorhaben, ein fertiggestelltes Gebäude oder eine Immobilienbewirtschaftung durchweg mit „Ja“ zu beantworten lässt sich ableiten, dass aus heutiger Sicht kein einziges Gebäude als nachhaltiges Gebäude entsprechend der reinen Definition der Sachverständigen der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (Autoren des Brundtland Reports) zu bewerten wäre. Gründe sind zum einen das Unwissen über die Bedürfnisse und Möglichkeiten zukünftiger Generationen, besonders unter Anbetracht der Langfristigkeit von gebäudebezogenen Entscheidungen in der Bau- und Immobilienwirtschaft mit Gebäudelebensdauern von 20 – 100 Jahren. Zum anderen sind die heutigen ökologischen und sozialen Auswirkungen unseres Wirtschaftens extrem vielfältig und bislang nur punktuell erfassbar. Diese Unwissenheit erlaubt folglich lediglich ein „nachhaltiger als heute“ Wirtschaften, nicht jedoch ein „nachhaltiges Wirtschaften“ entsprechend der reinen Lehre.

Entsprechend dieser Argumentation könnte argumentiert werden, dass der heute gängige Begriff „Nachhaltiges Bauen“ in die Handlungsanleitung „Nachhaltigeres Bauen“ übertragen werden sollte.

Als Instrument für Entscheidungsunterstützung hebt das United Nations Environment Program (UNEP) die Relevanz des „Life Cycle Thinking“ wie folgendem Zitat von Klaus Töpfer, ehemaligem Executive Director der UNEP, entnehmbar hervor:

“Consumers are increasingly interested in the world behind the product they buy. Life cycle thinking implies that everyone in the whole chain of a product’s life cycle, from cradle to grave, has a responsibility and a role to play, taking into account all the relevant external effects. The impacts of all life cycle stages need to be considered comprehensively when taking informed decisions on production and consumption patterns, policies and management strategies.” [54]

Das akteurs-, zeit- und regionenübergreifende Konzept der Lebenszyklusbetrachtungen kann also als Konzept für die Umsetzung von Nachhaltigkeitszielen betrachtet werden.

2.4.2 Gesellschaftlich definierte Ziele für ausgewählte Ökobilanz-Indikatoren

Von den in Tabelle 3 gelisteten zwölf ökologischen Indikatoren für Gebäude werden sieben Indikatoren mit Hilfe einer Gebäude-Ökobilanz quantifiziert. Gebäude-Ökobilanzen werden also zur Erreichung von übergeordneten Nachhaltigkeitszielen eingesetzt. Aus diesem Grund konzentriert sich die vorliegende Arbeit auf die Anwendung der Methodik der Gebäude-Ökobilanz.

Die in der Gebäude-Ökobilanz eingesetzten Ökobilanz-Indikatoren können teilweise mit übergeordneten gesellschaftlichen / politischen Zielen verknüpft werden. Die Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung [21] gibt für einen Teil der Indikatoren Zielwerte vor. Einige Zielwerte für Indikatoren lassen sich mittelbar aus Grenz- oder Zielwerten in gültigen Verordnungen ableiten (z.B. Ozonabbaupotenzial). Der Zusammenhang zwischen diesen Indikatoren ist in Tabelle 4 abgebildet.

Tabelle 4: Gesellschaftlich definierte Ziele für Themen ausgewählter Ökobilanz-Indikatoren

Ökobilanz-Indikator	Wirkrichtung	Themenbereich	Gesellschaftliches / politisches Ziel
Treibhauspotenzial	verringern	Klimawandel	Europa: Klimaschutzziele des Parlaments: Im Jahr 2020 20% Reduktion in Vergleich zu 1990 [55] Deutschland: Klimaschutzziele der Bundesregierung: Im Jahr 2020 40% Reduktion im Vergleich zu 1990 [22]
Ozonabbaupotenzial	verringern	Ozonloch, Abbau der stratosphärischen Ozonschicht	Global: Montreal-Protokoll 1989: Verbot Produktion einer Vielzahl von ozonschichtzerstörenden Substanzen [56]
Photochemisches Oxidantienbildungspotenzial	verringern	„Sommersmog“, Gesundheits-einschränkende Effekte beim Menschen (Respiration, allergische Reaktionen), Schädigung von Pflanzen	Laut EU Luftqualitätsrichtlinie langfristiger Zielwert Ozon: 120 µg/m ³ dürfen an höchstens 25 Tagen im Kalenderjahr überschritten werden [57]
Versauerungspotenzial	verringern	„Saurer Regen“, Waldsterben	70% Reduktion der Luftschadstoffbelastung ggü. 1990 für Schwefeldioxid (SO ₂), Stickstoffoxide (NO _x), Ammoniak (NH ₃) und flüchtige organische Verbindungen (NMVOC) als ungewichtetes Mittel der Indizes der genannten Luftschadstoffe [23]
Eutrophierungspotenzial	verringern	Überdüngung von Gewässern und Böden, Fischsterben, Extensives Algenwachstum	Deutschland: Außer der Düngeverordnung von 2007, kein dezidiertes Ziel für Industrie
Primärenergie nicht erneuerbar	verringern	Ressourcenschonung, Abhängigkeit von Importen verringern	Deutschland: 20% Reduktion Primärenergie bis 2020 gegenüber 2008 [23]
Anteil Primärenergie erneuerbar an Gesamtprimärenergie	steigern	Nicht erneuerbare Energieträger substituieren, lokale und regionale sowie weniger umweltbelastende Energiegewinnung fördern	Deutschland: Anteil erneuerbare Energie am Brutto-Endenergiebedarf in Deutschland bis 2020 bei 18% [23]

2.4.3 Gebäude-Ökobilanzen

2.4.3.1 Generelle Methodik der Gebäude-Ökobilanzen

Prinzipiell sieht die Methodik der Gebäude-Ökobilanz vor, die Methodik der Ökobilanz gemäß DIN EN ISO 14040 [52] und DIN EN ISO 14044 [58] auf den Bewertungsgegenstand „Bauwerk“ anzuwenden. Also eine „Zusammenstellung und Beurteilung der Input- und Outputflüsse und der potenziellen Umweltwirkungen eines Produktsystems im Verlauf seines Lebensweges“ [52]. Mit „Produktsystem“ ist bei der Gebäude-Ökobilanz ein Gebäude gemeint.

Als Teil der Normungsaktivitäten des CEN/TC 350 ist – wie 2.1.3 oben ausgeführt – ein Standard für die Gebäude-Ökobilanz erstellt worden. Dieser Standard beschreibt das in der Europäischen Norm festgelegte Bewertungsverfahren für die quantitative Beurteilung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden, basierend auf einem Lebenszyklusansatz [59].

Entsprechend des Zwecks der Anwendung der Gebäude-Ökobilanz wird der Bewertungsgegenstand festgelegt. Die Beschreibung des Bewertungsgegenstandes umfasst die Definition der funktionellen Einheit, des Betrachtungszeitraums, der Systemgrenzen sowie eine Beschreibung des Gebäudemodells. Für alle Lebenszyklusphasen werden anschließend Szenarien definiert. Die Vordergrunddaten werden dann genutzt, um das Gebäude über seinen Lebenszyklus zu quantifizieren. Diese Daten zum Gebäude werden im folgenden Schritt mit Umweltdaten verknüpft. Auf dieser Basis lassen sich dann Umweltindikatoren und Umweltparameter für das Gebäude ermitteln und aggregieren. Zur Gebäude-Ökobilanz gehört ein Bericht, der die Berechnung dokumentiert und die Ergebnisse darstellt, um die anschließende Überprüfung durch Dritte zu ermöglichen. Der Ablauf ist in Abbildung 9 dargestellt.

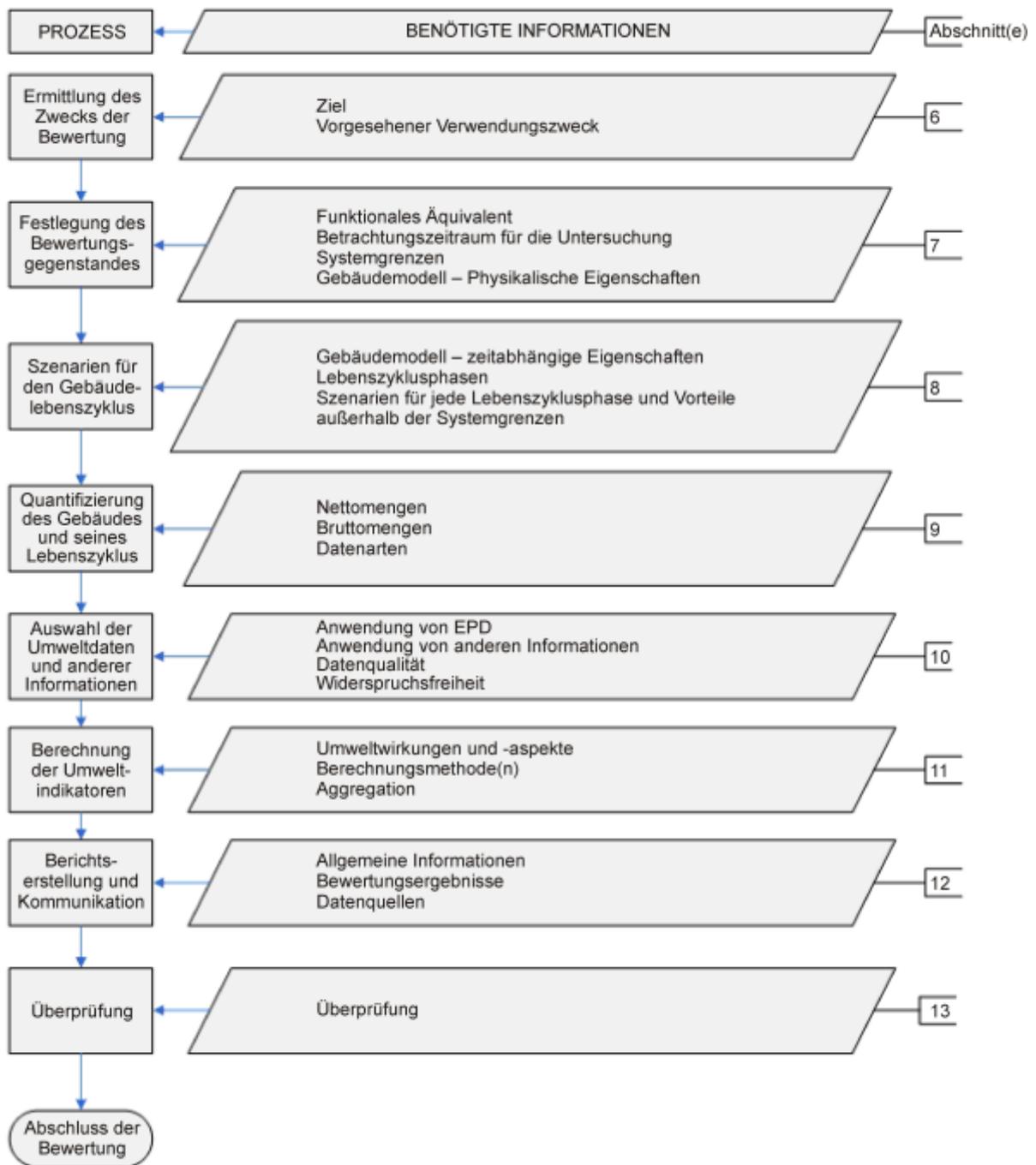


Abbildung 9: Ablaufdiagramm des Prozesses der Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden [13] („Abschnitte“ bezeichnen Kapitel in der Norm)

Die Strukturierung des Gebäudelebenszyklus ist gemäß DIN EN 15978 [13] in Modulen organisiert (siehe Abbildung 10). Für die Informationsmodule der zugrunde liegenden Ökobilanz-Daten gilt gemäß DIN EN 15804 die gleiche Strukturierung [59].

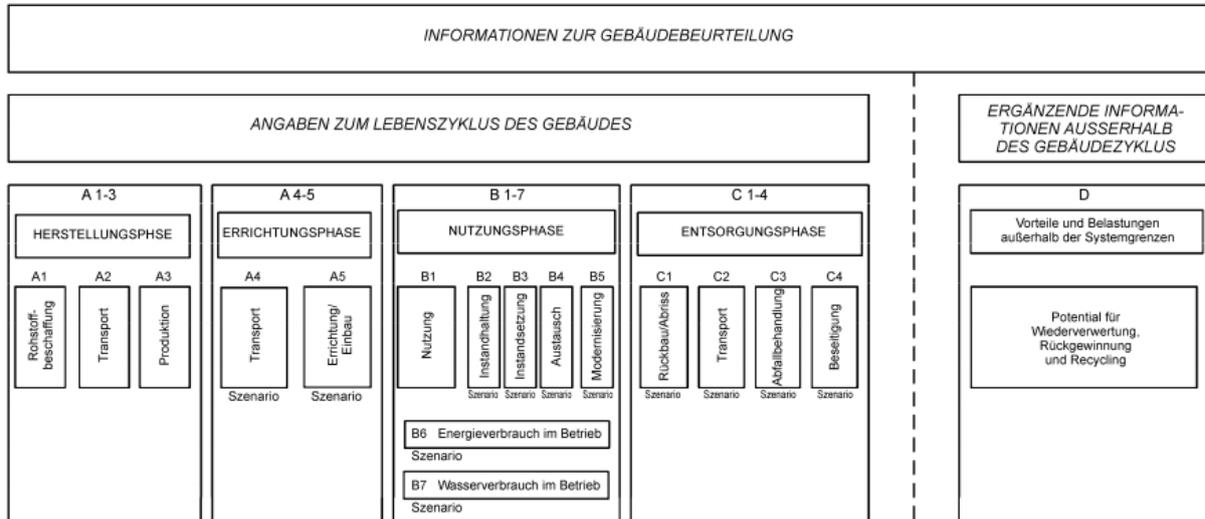


Abbildung 10: Module für verschiedene Lebenszyklusstadien eines Gebäudes gemäß DIN EN 15978 [13]

2.4.3.2 Umwelt-Indikatoren für Gebäude-Ökobilanzen

Die Ermittlung von Umweltindikatoren für Gebäude auf Basis einer Gebäude-Ökobilanz erfolgt über ein Matrizenrechnungsverfahren (siehe Abbildung 11).

Die Gebäude-Ökobilanz gemäß DIN EN 15978 fordert die Ermittlung sämtlicher in den folgenden Tabellen 5 bis 8 vorgegebenen Indikatoren. Die gleichen Indikatoren werden von Umweltproduktdeklarationen gemäß DIN EN 15804 gefordert. [59], [13]

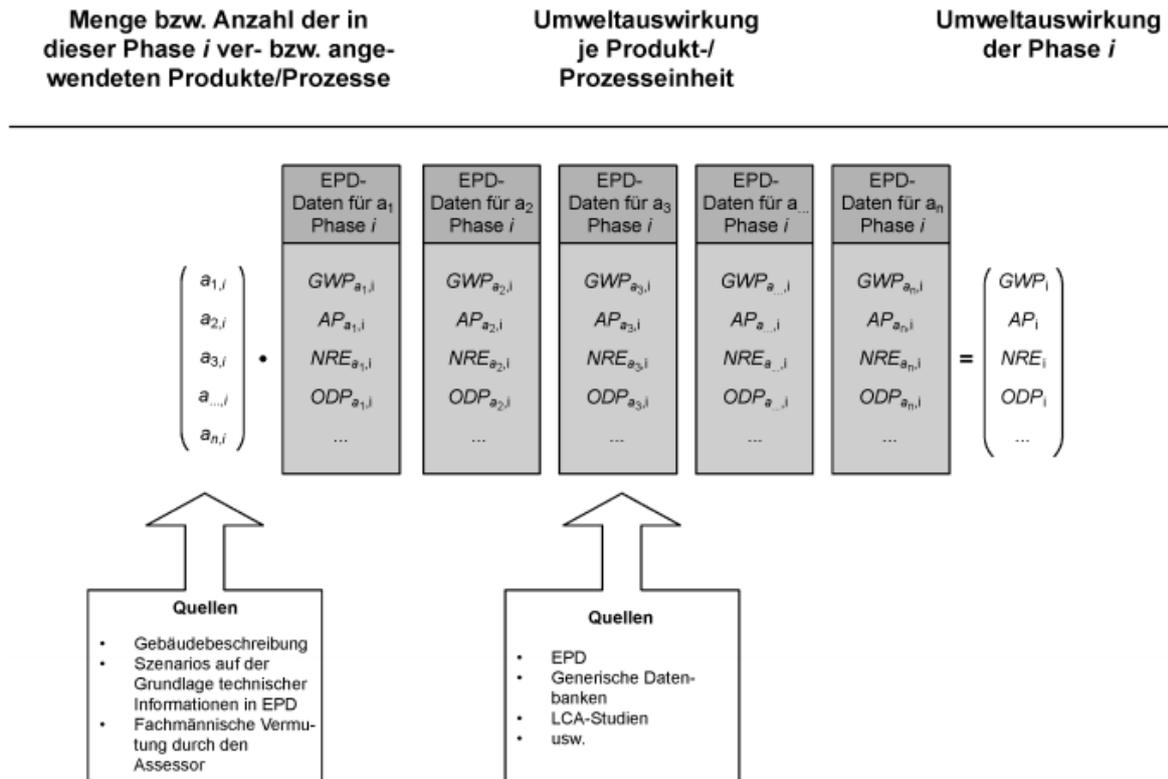


Abbildung 11: Matrizenrechnungsverfahren zur Ermittlung der Umweltindikatoren eines Gebäudes gemäß DIN EN 15978 [13]

Tabelle 5: Umweltindikatoren für Gebäude gemäß DIN EN 15978, die Umweltauswirkungen beschreiben („Wirkungsindikatoren“)

Indikatoren, die Umweltauswirkungen beschreiben	Einheit
Treibhauspotenzial, GWP	kg CO ₂ äquiv.
Potenzial in Bezug auf die Zerstörung der stratosphärischen Ozonschicht, ODP	kg FCKW 11 äquiv.
Potenzial in Bezug auf die Versauerung von Wasser- und Boden, AP	kg SO ₂ - äquiv.
Eutrophierungspotenzial, EP	kg (PO ₄) ³⁻ äquiv.
Potenzial zur Bildung von bodennahem Ozon ausgedrückt als photochemisches Oxidans, POCP	kg Ethen äquiv.
Abiotisches Ressourcenabbaupotenzial für Elemente, ADP-Elemente	kg Sb äquiv.
Abiotisches Ressourcenabbaupotenzial für fossile Brennstoffe, ADP-Brennstoffe	MJ

Tabelle 6: Umweltindikatoren für Gebäude gemäß DIN EN 15978, die die Verwendung von Ressourcen beschreiben

Indikatoren, die die Verwendung von Ressourcen beschreiben	Einheit
Verwendung von erneuerbaren Primärenergieressourcen, ohne Energieressourcen, die als Rohstoff dienen	MJ, Heizwert
Verwendung von erneuerbaren Primärenergieressourcen, die als Rohstoff dienen	MJ, Heizwert
Verwendung von nicht erneuerbaren Primärenergieressourcen, ohne Energieressourcen, die als Rohstoff dienen	MJ, Heizwert
Verwendung von nicht erneuerbaren Primärenergieressourcen, die als Rohstoff dienen	MJ, Heizwert
Verwendung von Sekundärmaterialien	kg
Verwendung von erneuerbaren Sekundärbrennstoffen	MJ
Verwendung von nicht erneuerbaren Sekundärbrennstoffen	MJ
Verwendung von Frischwasser, netto	m ³

Tabelle 7: Umweltindikatoren für Gebäude gemäß DIN EN 15978, die Abfallkategorien beschreiben

Indikatoren, die Abfallkategorien beschreiben	Einheit
Entsorgter gefährlicher Abfall	kg
Entsorgter ungefährlicher Abfall	kg
Entsorgter radioaktiver Abfall	kg

Tabelle 8: Umweltindikatoren für Gebäude gemäß DIN EN 15978, die aus dem System austretende Abgabeströme beschreiben

Indikatoren, die aus dem System austretende Abgabeströme beschreiben	Einheit
Komponenten für die Wiederverwendung	kg
Materialien für das Recycling	kg
Materialien für die Energierückgewinnung (keine Abfallverbrennung)	kg
Exportierte Energie	MJ je Energieträger

2.4.3.3 Gebäude-Ökobilanzen – Einsatz in der Planung

Die Anwendung der Gebäude-Ökobilanz hat zum einen zum Ziel, die Perspektive „Gebäude-Lebenszyklus“ in die ökologische Bewertung mit aufzunehmen, und somit Verschiebungen potenzieller Umweltlasten in nicht-betrachtete Lebenswegphasen zu verhindern. Ökologisch motivierte Entscheidungen zugunsten oder zulasten nur einzelner Phasen sollen damit gehemmt werden. Ein typisches Beispiel wäre der Verzicht auf Metalle wie Aluminium, die in der Herstellung absolut höhere potenzielle Umweltlasten aufweisen als die für funktionelle Einheiten anderer Materialien, jedoch in der Lebenswegphase „Recycling“ für andere Systeme eine ökologische Gutschrift in Form negativer Umweltpotenziale bringen. Der Einbezug aller Phasen (inklusive Verwertung und Verwendung für andere Systeme) wird durch die Ökobilanz ermöglicht. Zum anderen kann die Gebäude-Ökobilanz eingesetzt werden, um mehrere Umweltindikatoren und ökologische Parameter parallel zu ermitteln und somit bei Anwendung Verschiebungen von Umweltproblemen zwischen unterschiedlichen Problemfeldern zu verhindern.

Da die Methode der Gebäude-Ökobilanz heute noch als sehr aufwändig von Planern betrachtet wird, da geeignete Tools nicht oder nur begrenzt zur Verfügung stehen, wird sie selten umfassend in der Planung eingesetzt.

2.4.3.4 Berechnung von Gebäude-Ökobilanzen gemäß DGNB

Das erste deutsche Nachhaltigkeits-Zertifizierungssystem für Gebäude war das „Deutsche Gütesiegel Nachhaltiges Bauen“ vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB e.V.). Im Januar 2009 wurden die ersten Gebäude mit diesem Siegel ausgezeichnet. Die Grundlagen für das gemeinsame System wurden im Jahr 2007 gelegt. In 2008 erarbeiteten Forschungsnehmer im Auftrag des BMVBS und DGNB die festgeschriebenen Kriterien für das System „NBV08, Pilotphase“ aus. Zu diesem Zeitpunkt war die DIN EN 15978 noch nicht veröffentlicht. Aus diesem Grund weicht die Methode der Gebäude-Ökobilanz gemäß DGNB NBV08 stark von der DIN EN 15978 ab.

Die Novellierung des DGNB Systems, veröffentlicht 2012, nähert sich der DIN EN 15978 bereits stark an [10]. Trotzdem sind noch Abweichungen vorhanden. Diese Abweichungen umfassen u.a.:

- Außenarbeiten sind bei DGNB nicht Teil des Bewertungsgegenstands; Gründe hierzu fehlen
- Der Bezug zwischen Bezugsstudienzeitraum von 50 Jahren und geforderter Nutzungsdauer der tatsächlichen Gebäude fehlt bei DGNB; Anwendung der Anpassung über Faktorenmethode gemäß Absatz 7.3 DIN EN 15987 ist nicht erlaubt
- Systemgrenzen umfassen bei DGNB (vereinfachtes und vollständiges Verfahren) nicht den gesamten Lebenszyklus; Module A4, B1, B5, B7, C1, C2 nicht betrachtet, A5, B2 nur in Ausnahmen, B4 nur teilweise (ohne Transport, Prozess des Austauschs und Abfallmanagement); die gemäß DIN EN 15978 geforderten Gründe hierfür sind bei DGNB nicht geliefert
- Keine Berücksichtigung von Netto- und Bruttomengen bei DGNB der eingebauten Produkte gemäß Absatz 9.3 DIN EN 15978
- DGNB fordert nicht den Gesamtumfang der Umweltindikatoren gemäß DIN EN 15978, sondern eine Auswahl (dies hängt mit der Informationsverfügbarkeit in EPD und Ökobilanz-Datenbanken zusammen); die gemäß DIN EN 15978 geforderten Gründe hierfür sind bei DGNB nicht explizit dargestellt
- Qualifikation der Prüfer durch DGNB ist nicht explizit beschrieben

Insgesamt jedoch lässt sich das System „NBV12“ (Neubau Büro und Verwaltung 2012) der DGNB als weitgehend konform mit der DIN EN 15978 beschreiben.

Das prinzipielle Vorgehen zur Ermittlung der Umweltindikatoren für ein Gebäude gemäß DGNB ist in Abbildung 12 dargestellt. Die ermittelten Indikatorenwerte („Umweltauswirkungen Gebäude-Lebenszyklus“) werden anschließend zur Berechnung der DGNB Bewertungspunkte mit von DGNB vorgegebenen Benchmarks verglichen.

Der Bezugsstudienzeitraum beträgt bei DGNB 50 Jahre (Ausnahme Industriebauten 20 Jahre). Es wird in der Betriebsphase Energiebedarf gemäß DIN 18599, jedoch kein Wasserbedarf, ermittelt.

Die Hintergrunddaten für die Berechnung der Gebäude-Ökobilanz sollen sowohl bei BNB als auch bei DGNB bevorzugt Umweltdeklarationen von Bauprodukten (Environmental Product Declaration, EPD) entnommen werden. EPD sind seit der Veröffentlichung der EN 15804 in großem Maße standardisiert. DGNB und BNB verweisen auf die Norm. Sind keine EPD vorhanden, sind Datensätze aus der Ökobau.dat, der deutschen Ökobilanz-Datenbank für Bauprodukte, veröffentlicht beim Bundesministerium für Bau, Verkehr und Stadtentwicklung, zu verwenden [60], [61].

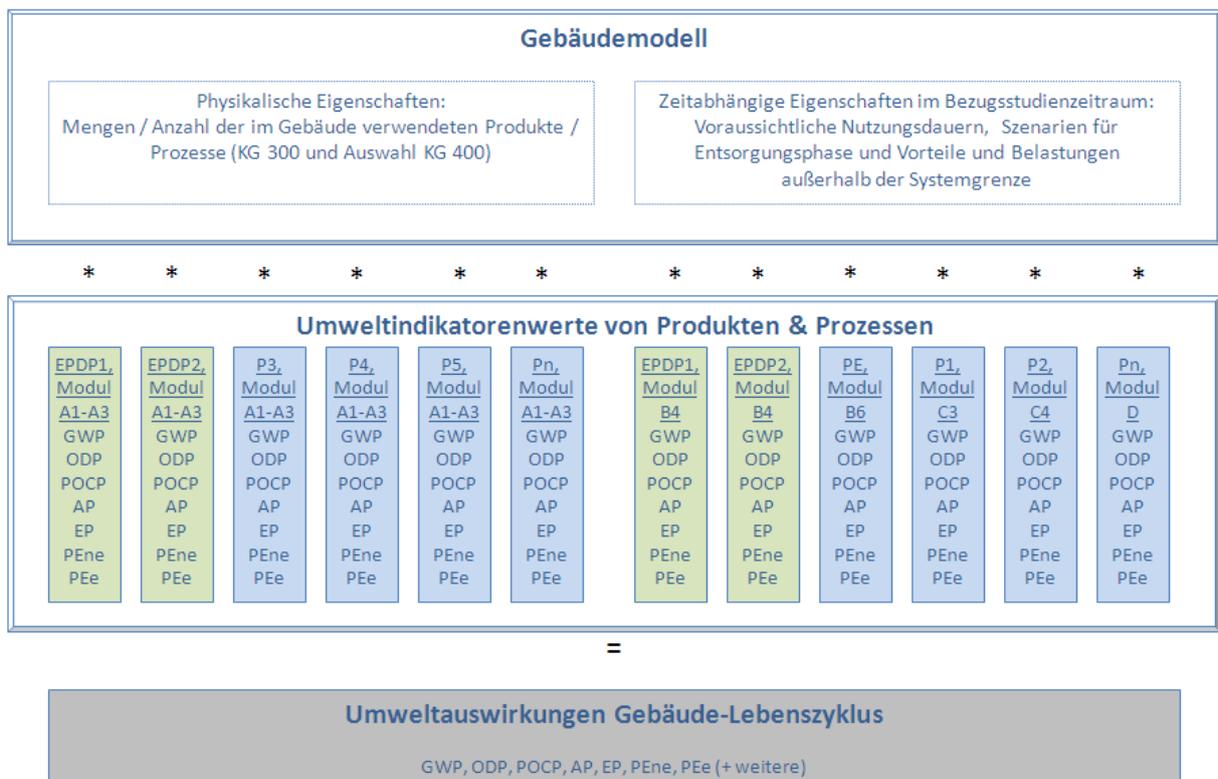


Abbildung 12: Prinzipielles Vorgehen zur Ermittlung der Gebäude-Ökobilanz Indikatoren (gemäß DGNB)

Die Motivation für Produkthersteller, eigene spezifische EPD zu veröffentlichen wird gestützt durch folgende Argumente [62]:

- Qualitativer Nutzen von EPDs:
 - o Marketing und Kommunikation unterstützen

- Verlässlichkeit von Informationen durch externe Verifizierung darstellen
 - Übergreifende Produktverantwortung darstellen
 - Risikobewertung unterstützen
 - Kundenerwartungen verstehen und adressieren
 - Nachhaltiges supply chain management unterstützen
- Quantitativer Nutzen von Ökobilanz-Ergebnissen in EPDs:
- Veröffentlichung und Identifikation von Umweltkennzahlen
 - Integration von Produktkennzahlen in Ökobilanz-Datenbanken
 - Integration von Produktkennzahlen in Gebäude-Ökobilanz-Tools
 - Ökologische Produktgestaltung (Eco-Design) unterstützen
 - Alternativenbewertungen vornehmen
 - Produktbezogene Kennzahlen für Umweltmanagement bereitstellen

Bislang wurden bereits über 280 Projekte gemäß DGNB zertifiziert (Stand 26. Januar 2014) [63]. Für jedes Projekt muss entsprechend der DGNB Regeln eine Gebäude-Ökobilanz berechnet werden (Ausnahme Stadtentwicklungsprojekte).

2.4.3.5 Bewertung von Gebäude-Ökobilanz-Ergebnissen – Die Gebäude-Ökobilanz und der Performance-Ansatz

Die Nachhaltigkeits-Performance von Immobilien lässt sich über die Anwendung von Zertifizierungssystemen wie DGNB / BNB, LEED oder BREEAM ermitteln [10], [11], [64]. Übergeordnetes Ziel im Rahmen einer Zertifizierung von Gebäuden ist, Gebäude mit einer hohen Nachhaltigkeitsleistung auszuzeichnen. LEED und BREEAM sind in den 1990er Jahren entwickelt worden und greifen in ihrer Methodik in vielen Bewertungsbereichen auf die Abfrage von Immobilien- oder Produkteigenschaften zurück und bewerten deren Beachtung positiv durch Vergabe von Punkten und deren Nicht-Beachtung durch Nicht-Vergabe von Punkten. DGNB / BNB haben 2009 eine neue Methodik eingeführt, die eine Performance-Bewertung und nicht eine Maßnahmen-Bewertung darstellt. Beispielsweise wird die Berechnung eines sogenannten Wasserkennwertes gefordert, der gegen einen Referenzwert gestellt wird und somit

zu einer Bewertung führt. Wie der Wasserkennwert des ausgeführten Gebäudes erreicht wird, ist den Planern offen gelassen. Einziges Ziel für die Planer ist, den Referenzwert zu unterschreiten. Diese Bewertungsmethodik ist die sogenannte Performance-Bewertung. Hingegen lässt sich die Bewertung nach LEED beispielsweise als Maßnahmenbewertung beschreiben, da primär durchgeführte Maßnahmen abgefragt und hinsichtlich ihrer Durchführung oder Nichtdurchführung bewertet werden [65]. [66]

Ergebnisse einer nach streng definierten Regeln berechneten Gebäude-Ökobilanz mit einem Referenzwert zu vergleichen entspricht ebenfalls dem Performance-Ansatz. Im DGNB / BNB System wird diese Berechnung gefordert. Für die ökologische Leistung ist im Rahmen einer gemeinschaftlichen Entwicklung zwischen BMVBS und DGNB im Jahre 2008 definiert worden, dass die Gebäude-Ökobilanz eine im Rahmen der Nachhaltigkeitsdefinition anzuwendende Methode ist. Für sieben Auswertegrößen (Indikatoren) wurden daraufhin Rechenregeln und Bewertungsmaßstäbe erstellt. Ziel ist, Gebäude mit überdurchschnittlichen Leistungen in der Gebäude-Ökobilanz auszuzeichnen.

Ein prinzipielles Ziel der DGNB / BNB-Bewertung lautet, die Gebäude auszuzeichnen, deren Leistung oberhalb des aktuellen Standes der Technik bzw. der Gesetzgebung liegt. Dieser Punkt ist definiert als der Referenzwert. Die höchste Bewertung erhalten die Gebäude, die weit über den gesetzlichen Anforderungen stehen bzw. den Best-Practice darstellen. Abgeleitet aus der ursprünglichen „Mission“ der DGNB ist übergeordnetes Ziel der Auszeichnung, die Nachfrage nach Gebäuden mit Auszeichnung bzw. mit hoher Auszeichnung zu steigern, die bei den ausgezeichneten Gebäuden angewandten Techniken und Lösungen darzustellen und der Öffentlichkeit zu kommunizieren und damit den Durchschnitt der geplanten und gebauten Gebäude hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeitsperformance zu verbessern (siehe Abbildung 13 und Abbildung 14).

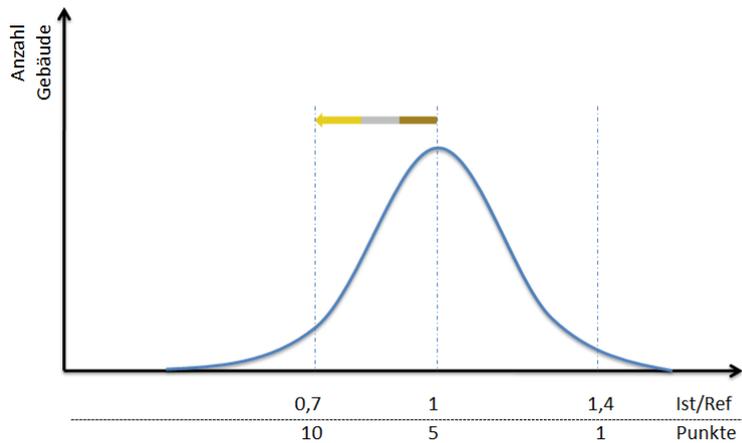


Abbildung 13: Theoretische Punktwertung der DGNB am Beispiel Treibhauspotenzial (GWP)[†]

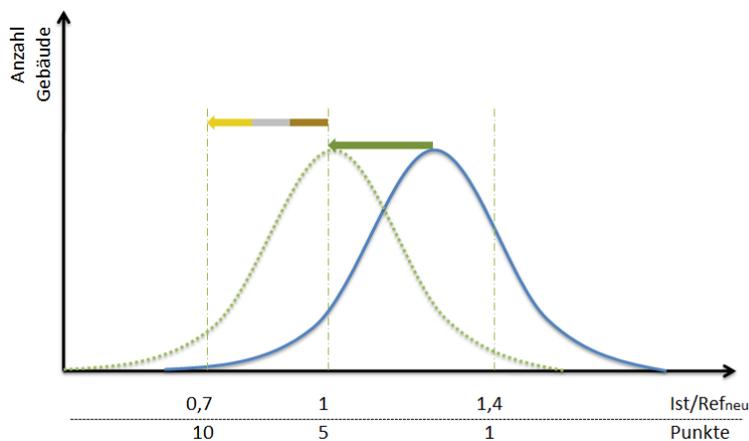


Abbildung 14: Theoretische Verschiebung der Gebäudeperformance am Beispiel Treibhauspotenzial (GWP) bei Verschiebung des Referenzwertes (Ref_{neu})

Daraus abgeleitet zeigt sich, dass die Auszeichnung einerseits dem Stand der Technik folgt, andererseits, dass „Best-Practice“ als jeweils aktuelles Ziel definiert ist. Hier stellt sich die Frage, ob diese Sichtweise auch mit übergeordneten gesellschaftlichen oder politischen Zielen übereinstimmt. Betrachtet man die Indikatorauswahl genauer, so zeigt sich, dass für einige der Indikatoren sehr wohl bereits politische Leitwerte definiert wurden (siehe Tabelle 4). Diese Ziele könnten als Vorlage für die mittel- bzw. langfristigen Zieldefinitionen fungieren. Ein weiteres prinzipielles Ziel der Bewertung von Gebäuden ist also, politisch und gesellschaftlich definierte Ziele zu

[†] Ist/Ref bedeutet das Verhältnis der ermittelten Ist-Werte (hier für den Indikator Treibhauspotenzial - GWP) zu dem definierten Referenz-Wert. Bei Ist/Ref = 1 werden 50% der Bewertungspunkte erhalten, bei Ist/Ref = 0,7 in diesem Fall 100% der Bewertungspunkte. Im DGNB System NBV09 ist die Skala der Bewertungspunkte von 0 bis 10.

unterstützen. Diese Ziele können und sollten also bei der Definition von kurz-, mittel- und langfristigen Ziele herangezogen werden und bei der Ermittlung von Ziel-Zuständen übergeordnet „Pate stehen“.

Bei der Auswertung von Gebäude-Ökobilanz-Indikatoren muss prinzipiell darauf geachtet werden, dass diese Indikatoren deskriptiver Natur sind und eine Prognosefähigkeit aus diesem Grund nicht gegeben ist. Laut D. Schäfer et. al in [16] erlaubt die Auswertung solcher Indikatoren auf der hier analysierten Ebene in der Regel keine Kausalanalyse. Hier wäre ein Rückgriff auf systematische, theoretisch begründbare und empirisch umsetzbare Modelle sowie Informationen über verursachende Faktoren und deren Entwicklung von Nöten. Diese Erkenntnis ist besonders wichtig bei der Steuerung der Indikatoren.

2.4.3.6 Bewertung von Gebäude-Ökobilanzen gemäß DGNB

Mit Hilfe des Bewertungssystems der DGNB (Nutzungsvariante NBV09), welches einem Gebäude auf einer Skala von 0 bis 10 Bewertungspunkte pro Kriterium im Rahmen einer Zertifizierung vergibt, werden Gebäude ausgezeichnet[‡]:

- Mit einer hohen Auszeichnung (Gold) werden Gebäude belohnt, die mehr als 80% Gesamterfüllungsgrad aufweisen,
- mit Silber werden Gebäude mit einem Gesamterfüllungsgrad zwischen 65% und 79,9% ausgezeichnet,
- Gebäude mit einem Gesamterfüllungsgrad zwischen 50% und 64,9% erhalten eine Bronze-Auszeichnung [67].

Konsequenterweise sind die Referenz-, Grenz- und Zielwerte innerhalb der einzelnen Kriterien typischerweise definiert als Durchschnitt (Referenzwert), best-verfügbare Technik (Zielwert) und gesetzlicher Mindeststandard (Grenzwert) [66].

Neben den Definitionen zur Bewertung innerhalb der Kriterien, findet sowohl bei der DGNB als auch beim BNB eine übergeordnete Gewichtung der Kriterien innerhalb

[‡] Nebenbedingungen: In allen ergebnisrelevanten Themengebieten muss ein bestimmtes Basisniveau – der Mindesterfüllungsgrad – erreicht werden, um die jeweilige Auszeichnung zu erhalten. Für Gold ist ein Mindesterfüllungsgrad von mindestens 65 % in fünf Themengebieten notwendig. Für Silber ist ein Mindesterfüllungsgrad von mindestens 50 % und für Bronze 35 % notwendig.

der Gruppe „Ökologische Qualität“ statt. Da die „Ökologische Qualität“ wiederum im Gesamtsystem einen Gewichtungsschlüssel enthält (22,5 %), ließen sich die einzelnen Kriterien auch aus Gesamtsystemsicht gewichten. Diese Art der Gewichtung ist im Anhang für die DGNB-Nutzungsvarianten NBV09 und NBV08 dargestellt. Die Gewichtungsschlüssel der beiden Varianten unterscheiden sich nicht stark voneinander, jedoch gerade die Kriterien der Gebäude-Ökobilanz sind verändert. So sind die Bedeutungsfaktoren für ODP und POCP in der Variante NBV08 je 0,5, wohingegen sie in der NBV09 bei 1 liegen. Insgesamt können die sieben Ökobilanzkriterien in der Variante NBV08 12,7 % zum Gesamtergebnis beitragen, in der Variante NBV09 13,5 %. Die Verschiebung kommt zum einen von der Wegnahme eines Kriteriums (Mikroklima) in der Gruppe „Ökologische Qualität“, zum anderen durch die Aufwertung der beiden Kriterien ODP und POCP. [67], [68]

Den Kriterien GWP und PEne wurden jeweils hohe Bedeutungsfaktoren (3) zugeteilt. Sie können somit zu je 3,46 % (NBV08) bzw. je 3,38 % (NBV09) zum Gesamtergebnis beitragen. Als Begründung könnte die hohe politische und gesellschaftliche Relevanz der Umweltthemen gelten: Klimawandel und Abhängigkeit von Ressourcenimporten reduzieren. Diese Begründungen sind jedoch nicht dokumentiert. Der Gesamtprimärenergiebedarf, der zum Einem Energieeffizientes Bauen und Betreiben als auch hohe Anteile erneuerbarer Energien im Bau und Betrieb der Gebäude fördert, hat einen Bedeutungsfaktor von 2 und kann somit zu 2,31 % (NBV08) bzw. 2,25 % (NBV09) zum Gesamtergebnis beitragen. [67], [68]

Im Kontext der Gebäudebewertung werden im DGNB-System die Gebäude-Ökobilanz sieben Ökobilanz-Indikatoren pro zertifiziertes Gebäude ermittelt, die einzeln und mit unterschiedlichen Gewichtungsfaktoren in die Bewertung der Nachhaltigkeits-Gebäudeperformance eingehen. Die Ziele der Anwendung der Gebäude-Ökobilanz sind bei der DGNB (Nutzungsvariante NBV09) wie folgt definiert [67]:

- **Fünf Bewertungspunkte** erhält ein Gebäude für das Erreichen des sogenannten **Referenzwerts**. Dieser bildet folgende Summe ab: „Durchschnitt der Konstruktion“, abgeleitet aus einer Studie zu Ökobilanzen von Bürogebäuden, plus „maximal zugelassener Energiebedarf des Betriebs“, abgeleitet aus den Anforderungen der Energieeinsparverordnung EnEV (Endenergiebedarf Refe-

renzgebäude, für den Wärmebedarf erfüllt mit einem Mix von 50% Erdgas und 50% Heizöl NT[§], für den Strombedarf erfüllt mit dem deutschen Strom-Mix). Der Referenzwert stellt in der Gebäude-Ökobilanz gemäß DGNB also eine Kombination aus „durchschnittliche Performance“ und „gesetzlicher Grenzwert“ dar.

- Unterhalb des **Grenzwertes** erhält ein Gebäude **einen Bewertungspunkt**. Der Grenzwert ist definiert als das 1,4-fache (gilt für GWP, PEne, PEges), bzw. 1,7-fache (gilt für AP), bzw. 2-fache (gilt für POCP und EP), bzw. 10-fache (gilt für ODP) des Referenzwertes.
- Oberhalb des **Zielwertes** erhält ein Gebäude **zehn Bewertungspunkte**. Der Zielwert ist für alle Ökobilanzkriterien definiert als das 0,7-fache des Referenzwertes.

Zur Begründung der Faktoren wird für den Grenzwert ein erhöhter Energiebedarf und höheren spezifischen Emissionen der Wärmegewinnung sowie einem höheren Wert für die Herstellung angegeben. Für den Zielwert wird jeweils die Verschärfung der Energieeinsparverordnung (EnEV) zur Begründung herangezogen. Der Konstruktionswert ist hier dem Referenz-Konstruktionswert gleichgesetzt. ** [67]

Diese Begründungen lassen sich auch wie in Tabelle 9 dargestellt als eine Zieldefinition formulieren.

§ Hinweis: Für die DGNB Nutzungsvariante NBV12 ist die Referenzwert-Bildung von der Expertengruppe LCA der DGNB für Wärme dem arithmetischen Mittel der GaBi Datensätze für Gas-Brennwert, Gas-Niedertemperatur, Öl-Brennwert und Öl-Niedertemperatur ermittelt worden.

** Aus DGNB-Kriterium GWP [67]: „Der Faktor 1,4 errechnet sich aus gegenüber dem Referenzwert um 15 % erhöhten Bedarf, möglichen höheren spezifischen Emissionen der Wärmegewinnung (10%) und einem 80% höheren Wert für die Herstellung. Der Faktor 0,7 berechnet sich aus einer Reduktion von 15 % und 30 % für den Anteil Nutzung (Strom und Wärme) d.h. EnEV 2012 und einem gleichbleibendem Wert für die Konstruktion.“

Tabelle 9: Zieldefinition der DGNB-Ökobilanz-Kriterien NBV09 (abgeleitet aus [67])

Zieldefinition DGNB NBV08	Grenzwert (1 Punkt)	Referenzwert (5 Punkte)	Zielwert (10 Punkte)
Konstruktion	1,8-facher Referenzwert (nur Konstruktion)	Durchschnittliche Konstruktion, ermittelt aus ca. 50 Bürogebäuden	Wie Referenzwert (nur Konstruktion)
Betrieb	1,15-facher Energiebedarf ggü. Referenzwert (Betrieb) und 1,1-fache höhere Wärmegewinnung	Referenzgebäude EnEV, Wärmebedarf mit 50% Erdgas / 50% Heizöl NT, Strombedarf mit Strom-Mix	30% Reduktion Energiebedarf als Anpassung an kommende Energieeinsparung (EnEV 2012)
Gesamt	R_{NBV08} 1,4-fach (GWP, PEne, PEges) 1,7-fach (AP) 2-fach (POCP, EP) 10-fach (ODP)	Referenzwert (Ref_{NBV08})	Ref_{NBV08} 0,7-fach

2.4.4 Verfügbarkeit von Gebäude-Ökobilanz-Ergebnissen

Ökobilanzen von Produkten werden seit Jahrzehnten durchgeführt. Die Methodik und die damit einhergehende Konsistenz von Ökobilanzdaten der „Hintergrundsysteme“ haben sich jedoch erst im vergangenen Jahrzehnt gefestigt. Zu dieser Festigung haben sowohl die Betreiber von Ökobilanz-Datenbanken wie ecoinvent oder GaBi, als auch übergeordnete Organisationen wie der „European Reference Life Cycle Database“ (ELCD) der Europäischen Kommission oder das Bundesbauministerium als veröffentlichende Stelle der Ökobau.dat beigetragen [69], [70], [71], [61].

Seit der letzten Dekade werden vermehrt Ergebnisse von Ökobilanzen von gesamten Gebäuden kommuniziert. Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse lässt sich jedoch schwer herstellen bzw. beweisen, da weder die Dokumentation noch die Regelung zur Berechnung der Ergebnisse vereinheitlicht ist. Erst seitdem die Verfügbar-

keit von Produkt- und Dienstleistungs-Ökobilanz-Datenbanken für Anwender stärker gegeben ist und seit der Veröffentlichung und Vereinheitlichung von Regeln zur Berechnung von Gebäude-Ökobilanzen gibt es eine Basis für den Vergleich von Gebäude-Ökobilanz-Ergebnissen. Ein Versuch, die Anwendung von Gebäude-Ökobilanzen zu vereinheitlichen, wurde im Rahmen des von der Europäischen Kommission initiierten Projekts „EeBGuide - Operational Guidance for Life Cycle Assessment Studies of the Energy Efficient Buildings Initiative“ im Jahr 2012 durchgeführt [72]. Im „EeBGuide Guidance Document Part B: Buildings“ stehen einheitliche methodische Festlegungen und Vorlagen zur Verfügung.

Da die Disziplin an sich relativ jung ist und die Datenverfügbarkeit erst seit wenigen Jahren gegeben ist, sind zum jetzigen Zeitpunkt erstens relativ wenige und zweitens wenige vergleichbare Ergebnisse von Gebäude-Ökobilanzen zu finden. Vereinzelt Ergebnisse von Gebäude-Ökobilanzen lassen sich seit vielen Jahren in der Literatur finden. Doch einheitlich und vergleichbar sind die wenigsten der Studien.

Die „IMPRO-Building“ Studie („Environmental Improvement Potentials of Residential Buildings“) war eine der ersten Studien, in der einer gleichen Systematik folgend Gebäude-Ökobilanzen für mehr als 70 Gebäudetypen in Europa berechnet wurden [73]. Im gleichen Jahr wurde die Studie „Orientierungswerte für die Bewertung von Hochbauten – erste Stufe: Bürogebäude“ veröffentlicht [74]. Diese Studie legte den Grundstein für die Referenzwerte des Deutschen Gütesiegels Nachhaltiges Bauen. Im Jahr 2006 bereits veröffentlichte das Öko-Institut e.V. im Endbericht zum Forschungsprojekt „Klimapolitische Eckpunkte für die Novelle des Energieeinsparungsgesetzes (EnEG)“ Ergebnisse zu Primärenergiegehalten von Gebäuden und wies darauf hin, dass die Herstellphase bei weiterer Verschärfung der Energiezielwerte höheren Einfluss im Gesamtlebenszyklus nimmt [75].

Zum jetzigen Zeitpunkt ist die Anwendung der Gebäude-Ökobilanz bei der DGNB am konsequentesten im Sinne der Performance-Bewertung und im Sinne der Europäischen Normungswerke (siehe 2.4.3.3) vorangetrieben. Mit mehr als 320 Projekten, die teils zertifiziert, teils vorzertifiziert sind, ist das DGNB-Zertifikat in der Anwendung der Gebäude-Ökobilanz führend [76]. Das System wurde 2009 zuerst für Büro- und Verwaltungsgebäude eingeführt. Aus diesem Grund ist, neben der guten Datenver-

fügbare, in dieser Arbeit das DGNB-System für Bürobauten ausgewählt, die Ergebnisse der Anwendung zu diskutieren.

2.4.5 Evaluation von Ergebnissen der Anwendung der Gebäude-Ökobilanz-Methode "DGNB Auswahl 1"

Die Expertengruppe Ökobilanzen der DGNB hat eine Auswertung von Ergebnissen von Gebäude-Ökobilanzen durchgeführt. Die Datenerfassung schließt insgesamt 35 Bürogebäude ein. Die Ökobilanz-Werte für die Gebäude wurden alle gemäß der gleichen Systematik durchgeführt. Die Daten wurden im Rahmen von DGNB Zertifizierungen von ausgebildeten Auditoren ermittelt und von der DGNB für die Grundlagen- und Entwicklungsarbeit der DGNB Expertengruppe zusammengetragen. Die Ergebnisse der 35 Gebäude wurden von der DGNB qualifiziert und extreme Ausreißer wurden in der Auswertung der Expertengruppe nicht in die Durchschnittsbildung übernommen. Die Ausreißer betreffen unterschiedliche Indikatoren, so dass eine unterschiedliche Anzahl von Gebäuden in die Ermittlung der Durchschnittswerte einbezogen wurde. Das Ermittlungs- und Bewertungssystem ist die Gebäude-Ökobilanz gemäß DGNB und die Bewertung nach dem DGNB NBV08-Nutzungsprofil. Die Datenerfassung wurde über zwei Jahre durchgeführt (2009 bis 2011) und beinhaltet 35 Bürogebäude. Je nach Indikator wurden 23 bis 30 Ist-Werte erfasst.

Ermittelt wurden zum einen die durchschnittlichen Ist-Indikatoren-Ergebnisse der Bürogebäude. Zum anderen wurden die durchschnittlichen von der DGNB bestimmten (dynamischen) Referenzwerte ermittelt und den Ist-Ergebnissen gegenübergestellt^{††}. Die Ergebnisse sind der im Anhang zu findenden Tabelle 22 zu entnehmen. Des Weiteren wurde der Konstruktions-Anteil der verschiedenen Indikatoren ermittelt, welches einen ersten Aufschluss über die Zusammensetzung der Indikatoren-Ergebnisse erlaubt. Durchschnittlich liegt der Anteil der Konstruktion bei den ermittelten Werten bei 21 % bis 52 %. Diese Werte liegen prinzipiell im Erwartungsbereich, vor allem bei den Indikatoren, die durch den Einsatz fossiler Energieträger dominiert sind. Die Ergebnisse sind der im Anhang zu findenden Tabelle 23 zu entnehmen.

^{††} Die Referenzwerte der Gebäude-Ökobilanz gemäß DGNB werden anhand eines statischen Wertes für die Konstruktion addiert mit einem dynamischen Wert für den Betrieb pro Gebäude ermittelt. Der dynamische Wert basiert auf Emissions- und Ressourcen-Faktoren je berechneter Referenz-Endenergiemenge gemäß DIN 18599.

Werden die Verhältnisse Ist-Werte zu Referenzwerten betrachtet, so liegen alle Kriterien bis auf Primärenergiebedarf erneuerbar unter den Referenzwerten (siehe Tabelle 23). Für Primärenergie erneuerbar gilt es (im Gegensatz zu den anderen Gebäude-Ökobilanz-Indikatoren), höhere Werte als den Referenzwert zu erhalten. Die Verteilung der ermittelten Werte ist in Abbildung 15 dargestellt.

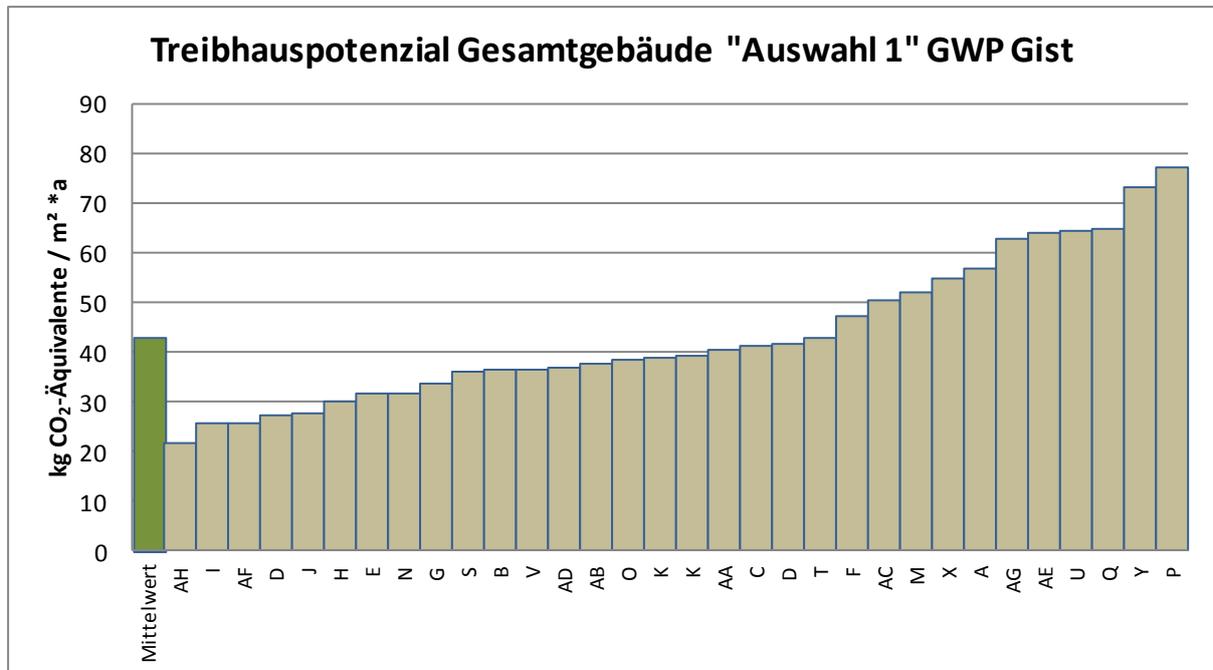


Abbildung 15: Verteilung Treibhauspotenzial Gesamtlebenszyklus GWP Gist für „Auswahl 1“ (ohne Ausreißer / Extremwerte)

3 Beurteilung des Wissensstandes

Nach der Darlegung des Wissensstandes und der Grundlagen bezüglich Umweltzielen und Umweltindikatoren, Monitoringsystemen für Umweltindikatoren und Benchmarking von ökologischen Kennzahlen sowie der Ökobilanz im Kontext der Bau- und Immobilienwirtschaft, wird dieses Wissen im Folgenden Kapitel sowohl zusammenfassend als auch bezüglich zweier zusätzlich für die Entwicklung der Methode relevanter Aspekte beurteilt. Diese zusätzlichen Aspekte sind „Datenverfügbarkeit und Struktur verfügbarer Daten“ und zu erwartende zukünftige „Entwicklungen im Bereich Gebäude-Ökobilanzen“. Die Beachtung des letzteren Aspekts für die Methode ist relevant, da sich die Methode der relativ jungen Disziplin „Gebäude-Ökobilanz“ bedient und deshalb auf zu erwartende Entwicklungen reagieren können muss.

3.1 Datenverfügbarkeit und deren Struktur

Für die Entwicklung der Methode ist eine Auseinandersetzung mit den aktuell verfügbaren Daten aus berechneten Gebäude-Ökobilanzen wichtig. Die Gebäude-Ökobilanz ist in Deutschland - konsistent gemäß klar definierter Regelsetzung und innerhalb eines Bewertungssystems - bislang im Rahmen von DGNB Zertifikaten am häufigsten angewandt und umgesetzt (Stand 26. Januar 2014: 278 vergebene DGNB Zertifikate für Gebäude). Die Detailauswertungen der Büro- und Verwaltungsgebäude, die gemäß BNB, dem weitestgehend adäquaten Bewertungssystem des BMVBS, evaluiert wurden, sind öffentlich nicht verfügbar. Da die Anzahl jedoch weit geringer ist als die bei der DGNB geprüften, wird im Folgenden auf die Daten der DGNB und der Erstanwendung der Methodik „Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen“ aus dem Jahr 2009 verwiesen.

Die benötigten Daten der zertifizierten Gebäude liegen aktuell wie folgt vor:

Ist-Werte:

- Eingereichte digitale Versionen, nach Abgaben sortierte Compact Disks
- Bei Nachreichungen typischerweise in ausgedruckter Form (nicht digital)
- Ausgewählte Daten in Datenblatt Ist-Werte Ökobilanz NBV08 (Stand 19.08.2011)

Bewertungspunkte:

- Datenblatt Punkte-Ergebnisse der Ökobilanz-Kriterien aller eingereichter und geprüfter Projekte

Gebäude-Charakteristika:

- Digital oder ausgedruckt pro Projekt
- sehr ausführliches Datenblatt für Kostenbenchmarks-Ermittlung, ausgefüllt für ausgewählte Projekte (nicht vollständig bezogen auf Projekte und Daten)

Die Struktur der Datenerfassung, die eine langfristige Kontrolle und Steuerung der Ist-Werte erlaubt, sollte demnach optimiert werden. Es wird bei der DGNB aktuell eine Datenbank für die Erfassung der Ist-Werte, der Bewertungspunkte und der Gebäude-Charakteristika erstellt, die derartige zukünftige Untersuchungen erleichtert.

3.2 Zukünftige Entwicklungen im Bereich Gebäude-Ökobilanzen

Für die Entwicklung der Methode ist es wichtig, sich mit der Dynamik der methodischen Festlegungen der noch jungen Disziplin Gebäude-Ökobilanz auseinander zu setzen. Die heutige Anwendung der Gebäude-Ökobilanz ist noch als „Randerscheinung“ in Planung, Ausführung und Betrieb von Gebäuden zu bezeichnen. Durch die steigende verbesserte Datenverfügbarkeit für die einzelnen Module oder Lebenswegphasen, die politischen Gewichtungen von Themenfeldern wie „CO₂-Fußabdruck“ und Bereitstellung von zeitgemäßen Berechnungswerkzeugen für Planer wird die Gebäude-Ökobilanz an Akzeptanz gewinnen und höchstwahrscheinlich zukünftig Bestandteil einer konventionellen Planung von Gebäuden oder anderen Bauwerken gehören [12]. Generell wird es nach Einschätzungen von Experten durch die Standardisierung der Methodik, der verbesserten Hintergrunddatenlage und dem Bereitstellen von Gebäude-Ökobilanz-Tools zur vereinfachten Berechnung zu einer stark vermehrten Anwendung in der Baubranche kommen [12].

3.2.1 Entwicklungen bei internationalen Gebäude-Zertifizierungssystemen

Im Kontext von Zertifizierungen wird der Gebäude-Ökobilanz auch in den Zertifizierungssystemen LEED (Leadership in Energy and Environmental Design, USA) und BREEAM (Bre Environmental Assessment Method, Großbritannien) zukünftig größe-

re Gewichtung zufallen [11], [64], [77]. Hierzu tragen stark die oben beschriebenen internationalen Standardisierungsaktivitäten auf ISO- und CEN-Ebene bei (siehe Kapitel 2.1.3).

3.2.2 Entwicklungen der Gebäude-Ökobilanz gemäß DGNB

Im Folgenden werden einige mögliche Entwicklungen bezüglich der Gebäude-Ökobilanz im Bewertungssystem der DGNB diskutiert.

3.2.2.1 Verschärfung der DGNB-Anforderungen

Die Referenzwerte der Gebäude-Ökobilanz setzen sich aus einem dynamischen Teil für den Betrieb / die Nutzung (N_{ref}) und einem statischen Teil für die Konstruktion (K_{ref}) zusammen.

Die Referenzwerte für den Betrieb (N_{ref}) beziehen zwei Faktoren ein:

1. Unterschreitung des Energiebedarfs des Referenzgebäudes gemäß Energieeinsparverordnung gegenüber dem berechneten Ist-Gebäude
2. Emissions- und Primärenergie-Faktoren für den Strom- und Wärmebedarf des Referenzgebäudes

Unterschreitung des Energiebedarfs des Referenzgebäudes gemäß Energieeinsparverordnung gegenüber dem berechneten Ist-Gebäude

Die Energieeinsparverordnung verlangt in Zukunft höhere Energieeffizienz von Gebäuden. Die DGNB referenziert in den Nutzungsvarianten NBV08 und NBV09 bereits auf diese Verschärfung, indem die Referenzwerte sich auf den jeweils geltenden Standard beziehen und bei der NBV08-Version ein Reduktionsfaktor von 0,85 des Betriebs-Referenzwertes eingeführt worden ist, um die Zielgröße des Betriebs beider Varianten anzugleichen. In der Version NBV12 wird weiterhin die Berechnung des Endenergiebedarfs gemäß EnEV 2009 gefordert. Damit ist keine inherente Veränderung des Benchmarks gekoppelt. [37], [67], [10]

Emissions- und Primärenergie-Faktoren für den Strom- und Wärmebedarf des Referenzgebäudes

Die Faktoren für den Strombedarf (N_{sref}) sind erstmals 2008 ermittelt worden. Die Version 2012 enthält bereits der Situation neu angepasste Faktoren. Da sich in

Deutschland die Zusammensetzung der Stromversorgung ständig ändert, werden sich auch in zukünftigen Versionen die Faktoren N_{sref} anpassen. Für GWP und PE_{ne} ist hier erst auf sehr lange Sicht mit einer Verringerung der Werte zu rechnen, da die auslaufende Kernkraftnutzung zur Erzeugung von Strom aktuell stark mit Erdgas kompensiert wird, und erst in einigen Jahren stärker auf Energieträgern aus regenerativen Quellen aufbauen wird. [37], [67], [10]

Die Faktoren für den Wärmebedarf (N_{wref}) sind erstmals ebenfalls 2008 festgelegt worden und beruhen auf der Annahme, dass im Referenzfall 50 % der Wärme mit Erdgas und 50 % der Wärme mit Heizöl-NT gewonnen wird. Die Faktoren N_{wref} wurden entsprechend dieser Annahme mit Hilfe Emissions- bzw. Primärenergiefaktoren dieser beiden Heizarten berechnet und kumuliert dargestellt. Die Version 2012 enthält bereits neu berechnete Faktoren, basierend auf der Annahme, dass die thermische Energie für die Heizwärme einen Mix aus 25% Gas-NT, 25% Öl-NT, 25% Gas-Brennwert und 25% Öl-Brennwert Erzeugung abbildet. Die Faktoren wurden berechnet aus den entsprechenden Umweltprofilen der GaBi Datenbank 2011.

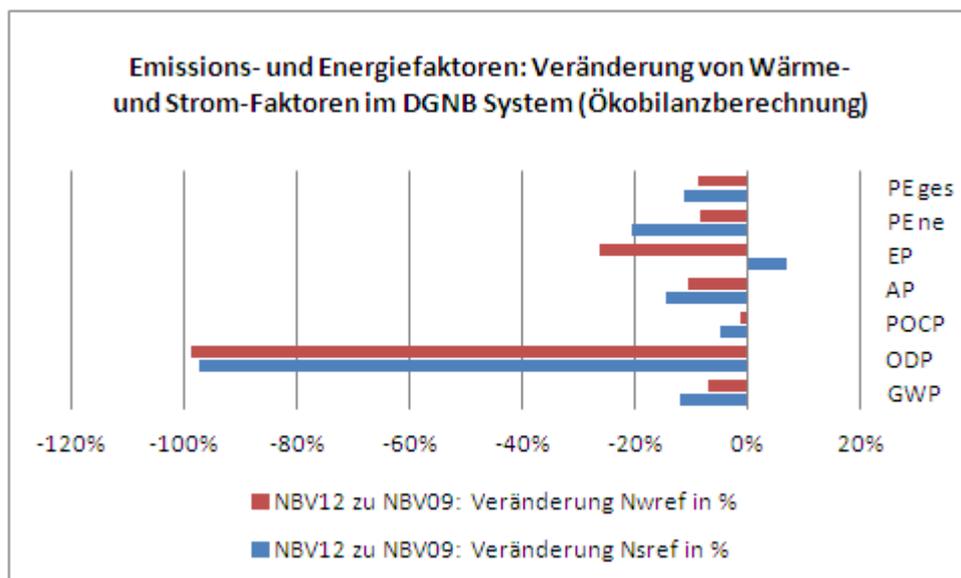


Abbildung 16: Veränderung der Faktoren N_{wref} und N_{sref} der DGNB Versionen NBV09 zu NBV12 (DGNB)

Bei genauerer Betrachtung der verwendeten Heizenergie zeigt sich, dass die Annahme auch in zukünftigen Versionen an jeweils aktuellere Daten angepasst werden sollte. Erhebungen des Statistischen Bundesamtes und der Arbeitsgemeinschaft

Energiebilanzen e.V. (siehe Abbildung 17) bieten hierfür eine geeignete Grundlage [78], [8]

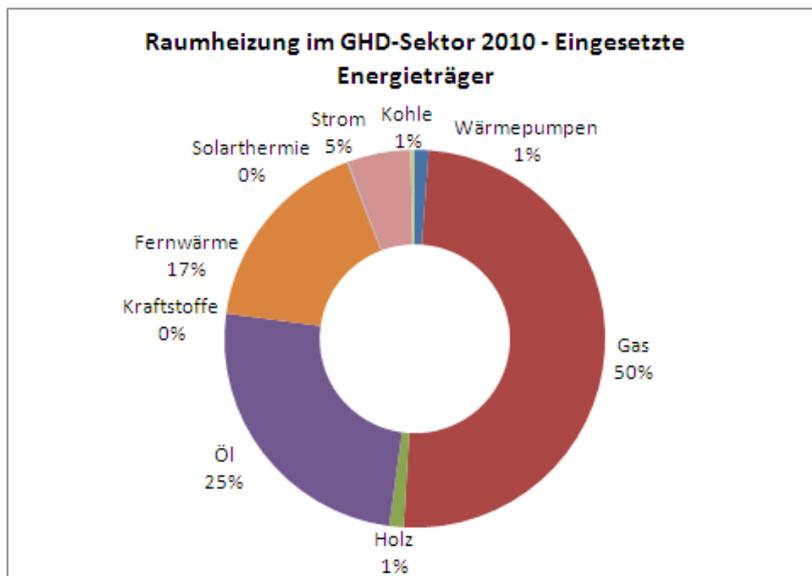


Abbildung 17: Energieträger für die Raumheizung im Gewerbe, Handel und Dienstleistungs-Sektor für das Jahr 2010, Grafik abgeleitet aus [78].

Auch die Aufteilung der eingesetzten Energieträger in privaten Haushalten liefert Informationen über die Entwicklung der Werte des Faktors $Nwref$: Neben Gas und Öl spielt Fernwärme eine wichtige Rolle (siehe Abbildung 18)

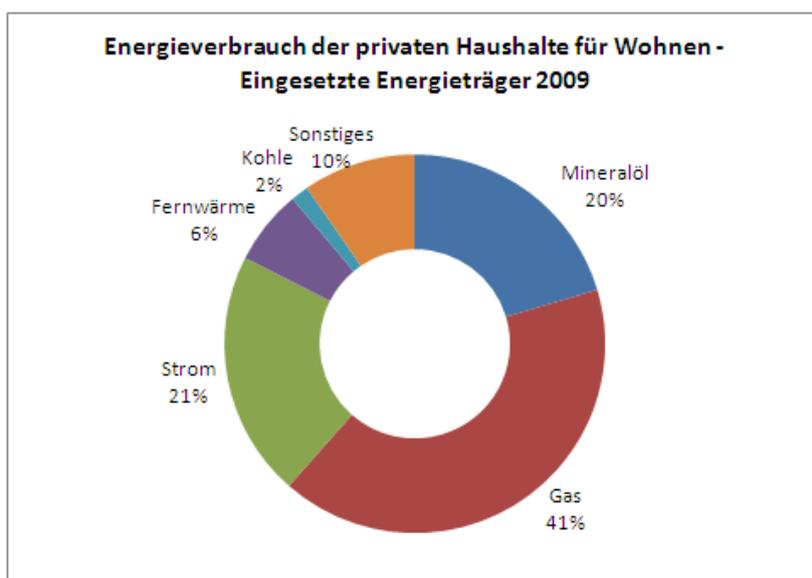


Abbildung 18: Eingesetzte Energieträger für den Energieverbrauch privater Haushalte für Wohnen für das Jahr 2009, Grafik abgeleitet aus [8]

3.2.2.2 Ausweitung der Systemgrenzen

Die im DGNB System NBV09 festgelegten Systemgrenzen der Gebäude-Ökobilanz beziehen folgende Lebenswegphasen ein (Bezeichnung in Klammern: Module gemäß EN 15978):

- Produkte (A1 bis A3)
 - o Gewinnung von Rohmaterialien, Aufbereitung
 - o Transport zum Hersteller
 - o Fabrikation / Herstellung der Produkte
- Nutzungsphase (B3 (für Oberflächen), B4 und B6)
 - o Reparaturen (Oberflächen)
 - o Instandsetzung / Austausch
 - o Energiebedarf im Betrieb
- Lebensende (C3 und C4)
 - o Abfallbehandlung und Aufbereitung
 - o Ablagerung von Abfällen
- Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenzen (D)
 - o Recyclingpotenziale der Metallprodukte
 - o Gutschriften und Lasten aus der thermischen Verwertung von Holz- und Kunststoffprodukten

Das vollständige Verfahren der DGNB erlaubt ein Abschneidekriterium für einzelne Produkte von 1 % anzusetzen, insgesamt dürfen nicht mehr als 5 % abgeschnitten werden, bezogen auf die Ergebnisse der Umweltindikatoren. [67]

Das vereinfachte Verfahren der DGNB, welches hauptsächlich angewandt wird,

- erlaubt einen reduzierten Umfang der eingebauten Produkte einzubeziehen (definiert über Außenwände, Kellerwände, Fenster, Dach, Geschossdecken, Bodenplatte, Geschossdecken über Luft, Fundamente, Innenwände, Stützen, Türen, Wärmeerzeugungsanlagen)
- erlaubt über Schichtdefinitionen die für diese Schicht vorhandenen Flächen als Multiplikator zu verwenden und damit Anschlüsse zu vernachlässigen

- erfordert den Einbezug eines Faktors 1,1 auf die ermittelten Ist-Konstruktionswerte [67].

Mit Verbesserung der Ökobilanz-Datenlage und nach Einführung der Methodik bei den Anwendern, kann nun von einer Situation ausgegangen werden, dass die Systemgrenzen prinzipiell verändert werden können. Module (gemäß DIN EN 15978, [13]), die zukünftig in die Betrachtung integriert werden könnten, da sie erwartungsgemäß einen nicht zu vernachlässigenden ökologischen Einfluss auf das Gesamtergebnis haben, sind in Tabelle 10 wiedergegeben. Eine Einschätzung des Aufwandes für den Anwender und eine Einschätzung der momentanen Datenlage ist entsprechend wiedergegeben.

Tabelle 10: Mögliche zusätzliche Lebenswegmodule in den Systemgrenzen der Gebäude-Ökobilanz

Lebenswegmodul (Nr. entsprechend DIN EN 15978)	Benötigte Information	Aufwand für Anwender (Schätzung)	Verfügbarkeit LCA-Datensätze (Stand 2012)	Ökologische Relevanz (Schätzung)
Vorbereitende Arbeiten	Aushub, Umfang der Bodenarbeiten	mittel	Verfügbar	gering
Technische Gebäudeausrüstung (TGA)	Massen der gesamten TGA	hoch, da meist Angaben in kg gefordert sind	Teilweise verfügbar	mittel
Transport zur Baustelle (A4)	Transportentfernungen Hersteller zur Baustelle	mittel, wenn von Händler zu Baustelle anerkannt	Verfügbar	mittel: Höherer 1-stelliger %-Bereich bez. auf Herstellung
Installation / Einbau im Gebäude (A5)	Verschnitte	gering	Verfügbar (Mehraufwand Produkt)	gering: niedriger 1-stelliger %-Bereich bez. Herstellung
	Energiebedarf auf der Baustelle	Mittel wenn kumulierter Energiebedarf genutzt, hoch für produktbezogene Erfassung	Verfügbar	offen
	Einsatz von Hilfsmitteln	hoch	Teilweise verfügbar	offen
	Emissionen während des Einbaus	hoch	Nicht verfügbar	offen
Benutzung oder Anwendung der Produkte (B1)	Relevant für Bauteile, wo Abrieb oder (wetterbedingte) Korrosion zu Emissionen führen oder während der Nutzung ausstoßen	Gering wenn Hersteller entsprechende Module anbieten, sehr hoch für eigene Erfassung	Nicht verfügbar	von gering bis sehr hoch (Beispiel Kältemittelverlust)

Lebenswegmodul (Nr. entsprechend DIN EN 15978)	Benötigte Information	Aufwand für Anwender (Schätzung)	Verfügbarkeit LCA-Datensätze (Stand 2012)	Ökologische Relevanz (Schätzung)
Wartung (B2)	Technischer Aufwand für Wartung pro Bauteil und Zyklen (z.B. Energiebedarf pro Jahr)	Gering wenn Wartung elektrische Energie erfordert, hoch, wenn weitere Informationen (Schmieröl etc.) gefordert werden	Nicht verfügbar	sehr gering
Reparatur (B3)	Technischer Aufwand für Reparatur pro Bauteil, Reparaturzyklen und Eintrittswahrscheinlichkeit	Sehr hoch, da statistische Grundlage und technischer Aufwand nachgewiesen sein müsste	Nicht verfügbar	gering
Instandsetzung / Aufwertung (B5)	Technischer Aufwand für Instandsetzung pro Bauteil, Instandsetzungszyklen und Eintrittswahrscheinlichkeit für Aufwertung sowie Szenario für Aufwertung	Sehr hoch wenn statistische Grundlage nachgewiesen werden muss sowie Szenario für Aufwertung ermittelt sein muss	Nicht verfügbar	hoch
Energiebedarf der Nutzer	Szenario für Energiebedarf der Nutzer	mittel	Verfügbar	hoch
Wasserbedarf und Abwasser während der Nutzung (B7)	Szenario für Wasserbedarf, Abwassermenge	gering, wenn Kriterium 14 der DGNB als Grundlage genommen wird	Verfügbar	hoch
Transport der Nutzer zum Gebäude	Anzahl der Nutzer, Szenarien über Transportmodi und Entfernungen	mittel	Verfügbar	Hoch bis sehr hoch, jedoch häufig als „außerhalb der Systemgrenzen“ definiert [79]
Abriss / Rückbau (C1)	Szenario für Abriss/ Rückbau: Energiebedarf (Strom / Diesel)	gering wenn durchschnittl. Wert genommen wird	Verfügbar (Strom, Diesel), nicht verfügbar: Emissionen durch Arbeiten (Staub)	gering
Transport zur Entsorgung (C2)	Szenario für Entfernungen	gering wenn durchschnittl. Wert genommen wird	Verfügbar	gering

Daraus lassen sich folgende Empfehlungen ableiten: Aus Relevanzgründen sollte zukünftig zum einen der Transport der Materialien zur Baustelle integriert werden, zum anderen Verschnitte auf der Baustelle, wo auftretend, auch in der Ökobilanz be-

trachtet werden. Sollte die Standardisierung im Themengebiet Energiebedarf auch den Nutzerstrom fordern, so wird dieser in die Systemgrenzen entsprechend integriert werden. Wichtig ist jedoch hierbei, dass der direkte Gebäudebezug aufgehoben ist. Entsprechend verhält es sich auch bei einer eventuellen Integration des Wasserbedarfs und Abwasseraufkommens in die Systemgrenzen der Ökobilanz: Hier spielt bei Bürogebäuden vor allem die Behandlung der Abwässer, resultierend aus der organischen Belastung durch die Nahrungsaufnahme der Nutzer die größte Rolle. Der direkte Gebäudebezug ist hier jedoch nicht gegeben, weshalb entsprechend auf die alleinige Gebäudenutzung allokierte Daten bereitgestellt werden müssten. Weitere Module werden wegen Aufwand- und Relevanzgründen aller Wahrscheinlichkeit nach kurz- oder mittelfristig nicht in die Systemgrenzen einbezogen.

Relevant ist jedoch der Einbezug der Technischen Gebäudeausrüstung in die Systemgrenzen. Da einerseits jedoch die Datenlage bezüglich Ökobilanzkennwerte nicht ideal ist und andererseits die Massenermittlung auf die Datensätze abgestimmt stattfinden müsste (meist in kg), ist der Aufwand für die Anwender ohne entsprechende Werkzeuge sehr hoch.

3.2.2.3 Veränderung der Bedeutungsfaktoren

Die Bedeutungsfaktoren werden sich sehr wahrscheinlich kurz- oder mittelfristig nicht ändern. Sie wurden in einem Konsens-Prozess unter Beteiligung von Vertretern der Bau- und Immobilienwirtschaft (Runder Tisch Nachhaltiges Bauen) und Wissenschaftlern sowie Vertretern der DGNB 2008 festgelegt und 2009 adaptiert. Eine starke Veränderung der Faktoren wird aktuell nicht diskutiert.

3.2.2.4 Veränderung des Umfangs bewerteter Indikatoren

Eine Konformität des DGNB Systems zur DIN EN 15978 wird sich auf den betrachteten Indikatorenumfang der DGNB auswirken. Zu den bereits angewandten sieben Indikatoren werden weitere (oben dargestellt) für die Nachhaltigkeits-Bewertung von Gebäuden aufgenommen werden. Da für die Berechnung der Kennwerte auch Daten vorliegen müssen, wird sich in Zukunft die Struktur von Datenbanken wie der „Öko-bau.dat“ des BMVBS und Umweltdeklarationen von Bauprodukten erst anpassen müssen, bevor die Indikatoren auch in die Zertifizierung einfließen können. Im Sep-

tember 2013 wurde die „Ökobau.dat 2013“ veröffentlicht, die der Methodik der DIN EN 15804 folgt. Auch werden Umweltproduktdeklarationen (EPD) für Bauprodukte heute fast ausschließlich konform mit der DIN EN 15804 bereitgestellt.

Für die neu hinzukommenden Indikatoren wird aktuell in der DGNB Expertengruppe Ökobilanzen diskutiert, ob die Einführung neuer Indikatoren entsprechend der ursprünglichen Einführung der ODP- und POCP-Kennwerte durchgeführt wird: Eine Periode zur Datensammlung, ohne Bewertung der Ergebnisse. Dazu führt die DGNB in ihrem Nutzungsprofil NBV12 aus: *„Zukünftig sollen in dem Kriterium „Ökobilanz – Ressourcenverbrauchsbedingte Indikatoren“ auch Indikatoren wie Abiotischer Ressourcenverbrauch, Wasserverbrauch, Landverbrauch etc. ermittelt werden. Hierzu muss jedoch erst die entsprechende Daten- bzw. Bewertungsbasis geschaffen werden.“* [10]

3.3 Zusammenfassende Beurteilung des aktuellen Wissenstandes

Verglichen mit zum Beispiel Konsumgütern haben Immobilien üblicherweise sehr lange Nutzungsdauern. Heutige Entscheidungen wirken noch in 50 oder in weitaus mehr Jahren nach. Bei der Beurteilung der ökologischen Auswirkungen von Immobilien über den gesamten Immobilienlebenszyklus ist zu erkennen, dass die Betriebsphase heute in der Regel die größten Umweltwirkungen aufweist, die Konstruktion, aber auch die Instandhaltung und das Lebensende der eingesetzten Materialien ebenfalls signifikante Beiträge zu den Gesamtumweltwirkungen der Immobilien leisten. Der Anteil der Materialien wird in naher Zukunft jedoch stark wachsen. Dies ist durch die stetig verschärften Anforderungen an Energieeffizienz zu erklären. Die Planung von Immobilien hinsichtlich ökologischer Ziele erfordert deshalb den Einbezug einer langfristigen Perspektive. Ökobilanzen gemäß dem europäischen Normungsansatz für die gebaute Umwelt resultieren in Indikatoren, die größtenteils konsistent zu politisch definierten Zielen für Belastungsindikatoren der Bundesregierung sind. Für Immobilien oder andere „Produkte“ der Bauindustrie ist die Methode der Gebäude-Ökobilanz als Quantifizierungsmethode von Umweltwirkungen anerkannt und in entsprechenden Normen in ihrer Anwendung klar festgelegt. Ergebnisse von Gebäude-Ökobilanzen werden bei der Bewertung von Immobilien eingesetzt, zum

Beispiel in Rahmen von Nachhaltigkeitszertifizierungen gemäß DGNB. Erste Auswertungen von konsistent berechneten Ergebnissen von Gebäude-Ökobilanzen zeigen, dass die ermittelten Mittelwerte teilweise weit von den zu Vergleichs- und Bewertungszwecken eingesetzten Benchmarks abweichen.

Es ist ebenfalls zu beobachten, dass ein großer gesellschaftlicher Konsens über die Verringerung von Umweltauswirkungen unseres Handelns besteht und dass deshalb umweltpolitische Ziele gesetzt werden, die diese Umweltwirkungen einschränken sollen. Werden diese beiden Beobachtungen miteinander verknüpft, so wird deutlich, dass bereits heute sehr viel ambitioniertere Umweltziele für Immobilien gesetzt werden müssten, um dem Grundsatz nachhaltigen Handelns hinsichtlich einer „Generationengerechtigkeit“ entsprechen zu können. Um ökologisch motivierte Ziele für eine Region oder ein Land, einen Sektor oder einen Teil eines Sektors, eine Industrie oder ein Produkt einer Industrie zu erreichen, ist ein adäquates Instrument die Anwendung eines ökologischen Indikatorensystems. Politisch definierte ökologische Ziele sind zum Beispiel in der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung oder in Europäischen Leitlinien zu finden. Die Ziele sind mehrheitlich in Form von Zielwerten für Belastungsindikatoren definiert, die in aggregierter Form das Ausmaß aktueller Belastungen für die Umwelt angeben. Die Anwendung eines ökologischen Indikatorensystems sollte ein Erfassen und Steuern (Monitoring) von Indikatorenwerten beinhalten, um zielorientiert wirken zu können. Bestandteil eines ökologischen Indikatorensystems können ökologische Benchmarks sein, an denen sich die erfassten Indikatorenwerte vergleichen lassen.

Bislang existiert für angewandte Indikatorensysteme, die Gebäude-Ökobilanzen in Deutschland nutzen, kein Monitoring-System. Die Benchmarks, denen sich die Indikatorensysteme bedienen, sind weder mit politisch definierten, zu erreichenden Zielen, abgestimmt, noch beruhen sie auf anderweitig definierten langfristig zu erreichenden Zielwerten. Die Anzahl der Immobilien, für die gemäß einer einheitlichen Methodik Ökobilanzergebnisse ermittelt wurden, ist sehr gering. Erst seit Frühjahr 2012 existiert ein entsprechendes Normenwerk, das die Einheitlichkeit der Ergebnisse und damit deren Vergleichbarkeit unterstützen kann. Zusätzlich dazu erlaubt die aktuell durchgeführte Art der Datenerfassung von Gebäude-Ökobilanzen zwar die Identifikation von Unterschieden zu den Ergebnissen anderer Immobilien, aber un-

terstützt nur wenig die Aktivitäten, qualifizierte Rückschlüsse auf die Gründe der Unterschiede der Ergebnisse zu ziehen oder gar Möglichkeiten zur Verbesserung aufzudecken.

Der aktuelle Wissensstand zeigt auf, dass eine auf langfristige gesellschaftliche Umweltziele ausgerichtete ökologische Bewertung von Immobilien heute nicht durchgeführt wird und eine wissenschaftliche Grundlage hierfür fehlt. Die relativ neu eingeführte Methode der „Gebäude-Ökobilanz“ ermöglicht zwar das Erfassen der potenziellen Umweltwirkungen auf Ebene einzelner Immobilien, wie sich die erreichten Gebäude-Ökobilanz-Indikatorenwerte jedoch in den Kontext langfristiger gesellschaftlicher Ziele einordnen lassen, wird heute mangels fehlender Methodik nicht durchgeführt. Dies macht die Notwendigkeit der in dieser Arbeit entwickelten Methode deutlich.

4 Anforderungen an eine Methode zur Entwicklung von Benchmarks für die lebenszyklusbasierte ökologische Immobilienbewertung

Die Anforderungen an die Methode lassen sich durch die in Abbildung 19 dargestellten Kriterien beschreiben. Die Evaluation der Methode in Kapitel 7 wird diese Kriterien erneut aufgreifen und die entwickelte Methode anhand des Erreichens der Kriterien bewerten.



Abbildung 19: Überblick über Anforderungskriterien für die Methode zur Entwicklung von Vergleichswerten für die lebenszyklusbasierte ökologische Bewertung von Immobilien

4.1 Kriterium 1: Problemangemessenheit und politischer Bezug

Die Methode soll problemangemessen sein und den entsprechenden umweltpolitischen Bezug herstellen. Problemangemessen bedeutet, dass die Kennzahlen zeitlich und sachlich dem verfolgten Ziel entsprechen. Gemäß Tabelle 4 erfüllen die Kenn-

zahlen der Gebäude-Ökobilanz sachlich die Ziele, die zeitliche Erfüllung ist über die Methode zu erbringen.

4.2 Kriterium 2: Ganzheitlichkeit der Perspektive

Die Methode hat die Ganzheitlichkeit einer langfristigen Perspektive zu erfüllen. Sie muss ausgewogen alle Umweltwirkungen von Immobilien beachten.

4.3 Kriterium 3: Konsistenz

Die Methode hat in sich konsistent, also widerspruchsfrei zu sein. Dies verlangt, dass die Kennzahlen, Ziele und Maßnahmen in Ursache-Wirkungs-Beziehungen zueinander zu stehen haben. Hierbei ist zu beachten, dass in der Realität, die Abhängigkeiten oft multikausal sind, also von mehreren Größen beeinflusst werden. Konsistenz in der Methode ist ebenfalls von Nöten, um eine Vereinheitlichung für eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse sicher zu stellen.

4.4 Kriterium 4: Flexibilität

Die Methode hat Flexibilität, also Änderungen bzw. Erweiterungen zu bieten, ohne die Konsistenz zu beeinträchtigen. Für die Vergleichbarkeit mit den übergeordneten Zielwerten ist keine Flexibilität erlaubt, die Ermittlung der Kennzahlen muss hierfür fest und unveränderbar sein. Flexibilität ist jedoch besonders für die (kurzfristige) Steuerung gefordert und als Reaktion auf die momentan noch wenigen Erfahrungen mit der Anwendung der Standards zu Gebäude-Ökobilanzen zu ermöglichen.

4.5 Kriterium 5: Operationalisierbarkeit

Die Methode muss operationalisierbar, also umsetzbar sein. Wichtig hierbei ist, dass die Umsetzung der Methode nur so gut sein kann, wie die Güte der zugrunde liegenden Daten sein kann. Des Weiteren gehört zur Bewertung der Operationalisierbarkeit die Wirtschaftlichkeit der Methode. Die Anwendung der Methode soll bezüglich Aufwand und Nutzen in einem angemessenen Verhältnis stehen.

5 Methode zur Entwicklung von Benchmarks für die lebenszyklusbasierte ökologische Immobilienbewertung

Ziel dieser Arbeit ist, eine methodische Basis zur Entwicklung von zukunftsorientierten Kennwerten für eine lebenszyklusbasierte Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit von Immobilien zu legen. Dabei wird die standardisierte Methodik der „Gebäude-Ökobilanz“ gemäß DIN EN 15978 („Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode“, [13]) als Grundlage für die Definition von Umweltindikatoren zur Erfassung potenzieller Umweltwirkungen von Gebäuden mit einem eigens definierten, jedoch üblichen Regeln folgenden Managementsystem zum Beobachten und Steuern der betrachteten Umweltindikatoren verknüpft. Das folgende Kapitel beschreibt die Methode, die in der Anwendung politische Entscheidungsträger, öffentliche oder private Organisationen des Bau- und Immobiliensektors darin unterstützen soll, ein definiertes Vorgehen abzuleiten, wie übergeordnete ökologische Ziele für konkrete Immobilientypen erreicht werden können.

5.1 Einführung und Grundstruktur

Die Grundstruktur der Methode besteht aus zwei Modulen:

- Ein **übergeordnetes Zielsystem**, welches auf Basis der Erstermittlung der Ist-Situation und einer langfristig ausgerichteten Definition der Zielzustände der gewählten Indikatoren einen angestrebten Entwicklungspfad festlegt.
- Ein **periodisch anzuwendendes Zwischenzielsystem** für periodisch zu wiederholende Ermittlungen der Soll- und Ist-Zustände, welches je Indikator und Periode Soll-Werte definiert (auf Basis der vorperiodischen Ist-Werte), Vorgaben für die Ist-Werte-Ermittlung festlegt, die Durchführung von Status- und Abweichungsanalysen festlegt und bei Abweichungen vorgibt, einen Maßnahmenkatalog zu entwickeln.

Die Methode ist derart ausgelegt, dass die Phasen 1.1 bis 1.3 initial festgelegt werden und die Phasen 2.1 bis 2.4 wiederkehrend durchlaufen werden, entsprechend der definierten Zeithorizonte, Durchläufe und Periodenlängen.

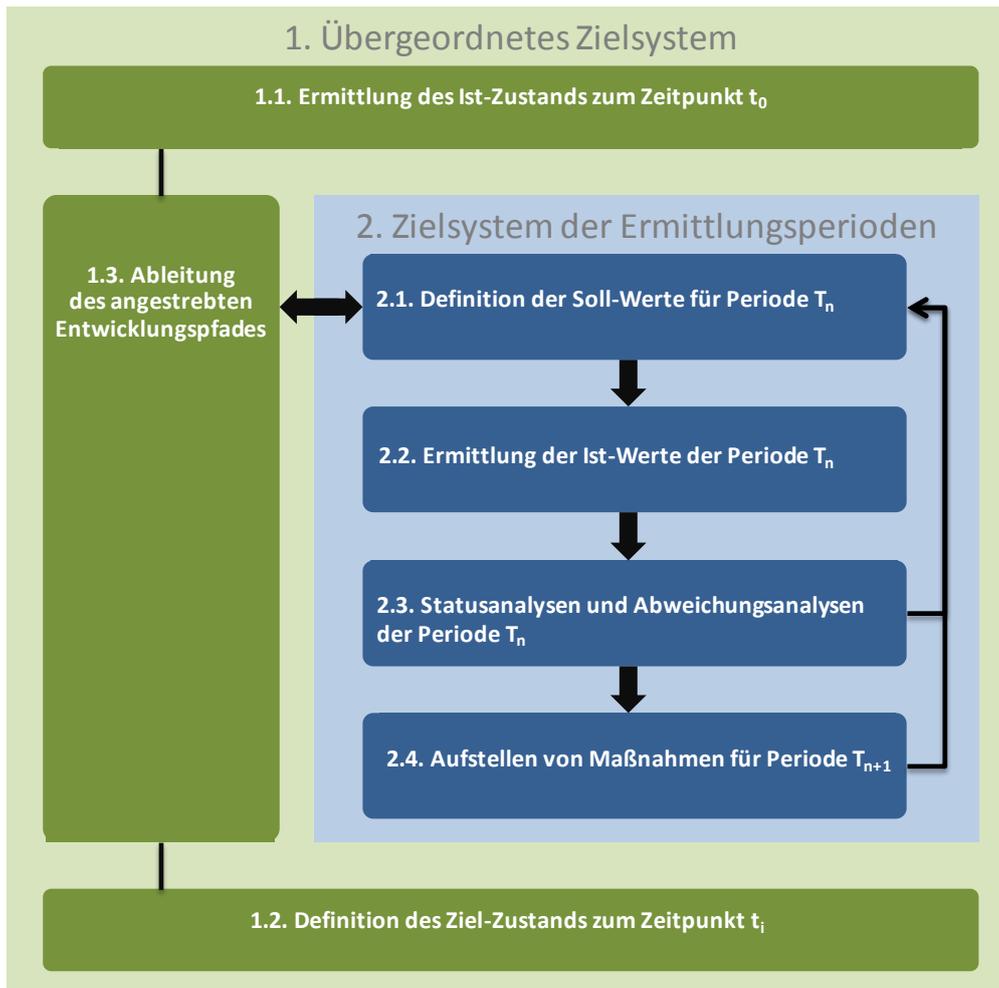


Abbildung 20: Überblick über die Grundstruktur der Methode. Die Ziffern beziehen sich auf die in der Methodenbeschreibung für Module und Phasen genutzte Nomenklatur

5.1.1 Grundstruktur: Modul 1

Modul 1 enthält das übergeordnete Zielsystem zur Definition des Ziel-Zustandes und des angestrebten Entwicklungspfades.

Phase 1.1.: Es werden das **Kennzahlensystem** und die zu steuernden Indikatoren festgelegt. Für die Indikatoren wird für eine existierende Datenbasis eine **initiale Ist-Zustands-Ermittlung** zur Statusbestimmung durchgeführt.

Phase 1.2.: Anschließend werden für die Indikatoren **generelle, langfristige und quantitativ** (hinsichtlich Größe und Zeitpunkt) **definierte Ziel-Zustände** ausformuliert.

Phase 1.3.: Aus den langfristigen Zielen und den Ist-Zuständen sind im Folgeschritt je Indikator die **anzustrebenden Entwicklungspfade** als (lineare) Funktionen abzuleiten. Des Weiteren wird die obere **Toleranzgrenze** festgelegt, bei der die Zielerreichung gefährdet sein wird.

Das übergeordnete Zielsystem wird zu Beginn der Methodenanwendung definiert und gilt für die Gesamtlänge der Anwendung bis zum Erreichen des festgelegten Zeitpunktes zur langfristigen Erreichung des Ziel-Zustandes.

5.1.2 Grundstruktur: Modul 2

Modul 2 enthält das untergeordnete Zielsystem für periodisch zu wiederholende Ermittlungen der Soll- und Ist-Zustände. Das untergeordnete Zielsystem wird für die Erreichung der kurzfristigen Ziele eingesetzt.

Phase 2.1.: Aus in Vorperioden oder initial ermittelten Ist-Werten werden zuerst **Soll-Werte** für die Folge-Periode abgeleitet. Die ebenso zu ermittelnden **Verteilungsfunktionen** der Ist-Werte werden zum einen für die Definition von periodenspezifischen „Mittel-, Grenz- und Zielwerten“ genutzt, zum anderen für die Festlegung von **Abweichungstoleranzen** für den Abgleich der Ist-Werte mit ihren korrespondierenden Soll-Werten. Ein weiterer Bestandteil der Phase ist ein **Abgleich** der Soll-Werte mit dem angestrebten Entwicklungspfad (aus Phase 1.3). Abschließend wird die **Länge der Periode** bis zur erneuten Datenauswertung festgelegt.

Phase 2.2.: Die **Ist-Werte** der Ökobilanz-Ergebnisse innerhalb einer definierten Periode werden **erfasst**. Um die **Qualität** der ermittelten Ist-Werte beurteilen zu können, ist die Dokumentation des Ablaufs der Datenerfassung notwendig. Aus diesem Grund sind zusätzlich die Rahmenbedingungen der Ermittlung wie Zeitraum, Qualität der Werte und Umfang (in Form der Anzahl und kumulierten Flächen) zu dokumentieren sowie eine Charakterisierung der Stichprobe, in Form definierter Gebäude-Kenngrößen (z.B. Fläche, Fassadentyp, Kubatur, ...). Um auf Entwicklungen reagieren zu können, sind ebenfalls **technische, soziale und wirtschaftliche Trends**, die relevanten Einfluss auf die erfassten Ergebnisse haben können, zu erfassen und zu qualifizieren.

Phase 2.3.: Für die ermittelten Ist-Werte der ökologischen Kennzahlen werden beschreibende statistische **Analysen des Status** durchgeführt. Zu diesen gehören tabellarische und graphische Darstellungen von Klassenhäufigkeiten, graphische Darstellung der Verteilung der Ergebnisse, Mittelwerte-Ermittlung für die Ist-Werte der Gesamt-Lebenswege der Gebäude und für einzelne Lebenswegphasen, Ermittlung der Mediane, 10%-, 25%-, 75%- und 90%-Perzentile der Gesamtgebäude-Ist-Werte. Des Weiteren werden in dieser Phase **Abweichungsanalysen** zu den Soll-Werten (aus 2.1.) der korrespondierenden Periode durchgeführt. Hierzu werden die ebenfalls in Phase 2.1. definierten Toleranzbereiche hinzugezogen, um die Stärke möglicher Abweichungen qualifizieren zu können. Treten Abweichungen auf, die außerhalb des Toleranzbereiches liegen, sind **Szenarienanalysen** für mögliche durchzusetzende Maßnahmen (siehe Phase 2.4.) durchzuführen und für das Eintreten technischer, sozialer oder wirtschaftlicher Trends. Diese Analysen sollten detaillierte Dominanzanalysen der ermittelten Ist-Werte beinhalten, um Rückschlüsse auf die identifizierten Abweichungen ziehen zu können.

Phase 2.4.: Werden Abweichungen identifiziert, ist ein **Maßnahmenkatalog** aufzustellen, der die Aktionen auflistet, die bestmöglich zur Annäherung an den angestrebten Entwicklungspfad führen. Zu den Maßnahmen können „methoden-interne“ Maßnahmen gehören, wie Anpassung der Zieldefinitionen; Anpassung des Zeitrahmens; Differenzierung des Kennzahlensystems wenn Charakteristik-Analysen eindeutige Cluster aufzeigen, für die eigene Zielwerte definiert werden können; Anpassung der Systemgrenzen. Auch „methoden-externe“ Maßnahmen können Bestandteil des Katalogs sein, wie Einführung von Anreizsystemen wie Auszeichnungen, Förderungen, verbesserten Kreditvergaben oder Verstärkung von Wissenstransfer zu den Planern und Ausführenden. Es kann ebenso der Fall auftreten, dass **keine Maßnahmen** durchgeführt werden müssen.

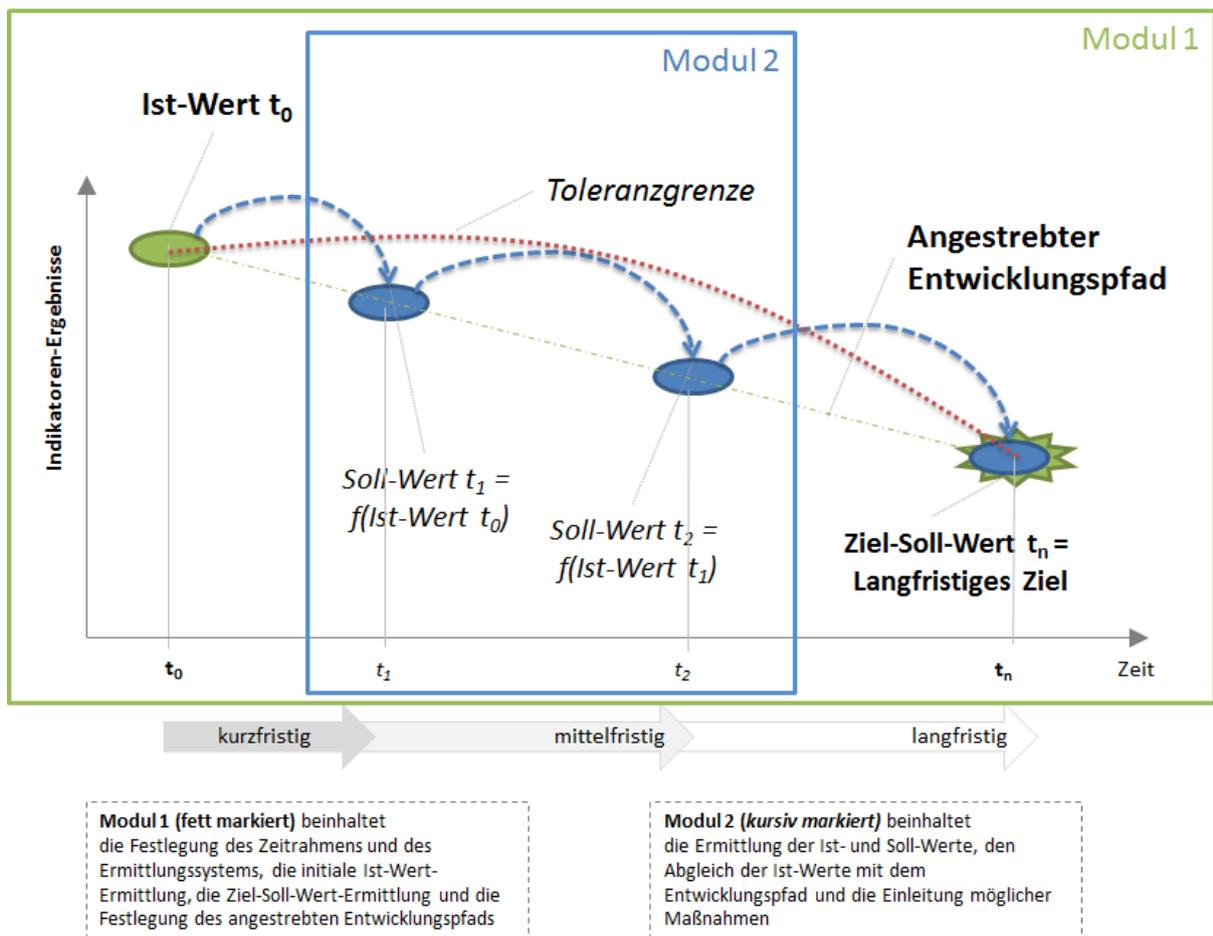


Abbildung 21: Schematischer Ablauf der Anwendung der Methode

5.2 Modul 1: Das übergeordnete Zielsystem

Das übergeordnete Zielsystem wird zu Beginn der Methodenanwendung definiert und gilt für die Gesamtlänge der Anwendung bis zum Erreichen des festgelegten Zeitpunktes zur langfristigen Erreichung des Ziel-Zustandes für die betrachteten Indikatoren.

Abschluss von Modul 1 ist die Definition des Ziel-Zustandes und der abgeleiteten Entwicklungspfade je Indikator.

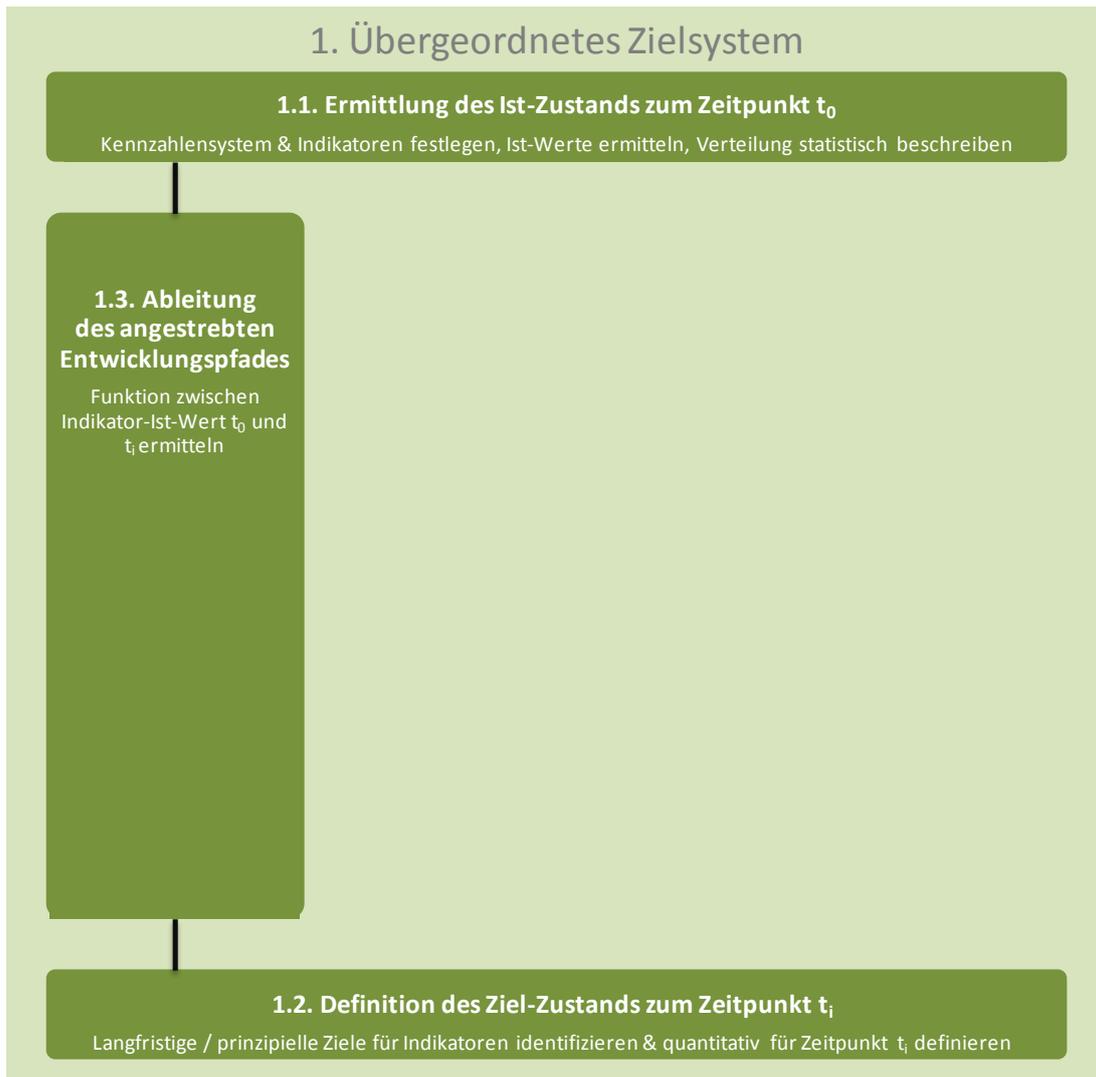


Abbildung 22: Das übergeordnete Zielsystem (Modul 1)

5.2.1 Phase 1.1: Die Ermittlung des Ist-Zustands und Rahmensetzung

Es werden das **Kennzahlensystem** und die zu steuernden Indikatoren festgelegt, hier „Gebäude-Ökobilanz gemäß DIN EN 15978“^{‡‡}. Für die Indikatoren wird für eine existierende Datenbasis eine **initiale Ist-Zustands-Ermittlung** zur Statusbestimmung durchgeführt.

^{‡‡} Es könnten prinzipiell auch andere, von der DIN EN 15978 abweichende, lebenszyklusorientierte Kennzahlensysteme angewandt werden. Das hier gewählte entspricht jedoch dem aktuellen Stand des Wissens und ist wissenschaftlich fundiert und wird aus diesen Gründen im Folgenden im Rahmen der Methodenentwicklung genutzt.

Für eine Definition der Ziel-Zustände der einzelnen Indikatoren ist der Kenntnisstand über die initiale Situation zum Zeitpunkt t_0 notwendig. Dies erlaubt, den Entwicklungspfad der Soll-Werte über die Zeit abzuleiten.

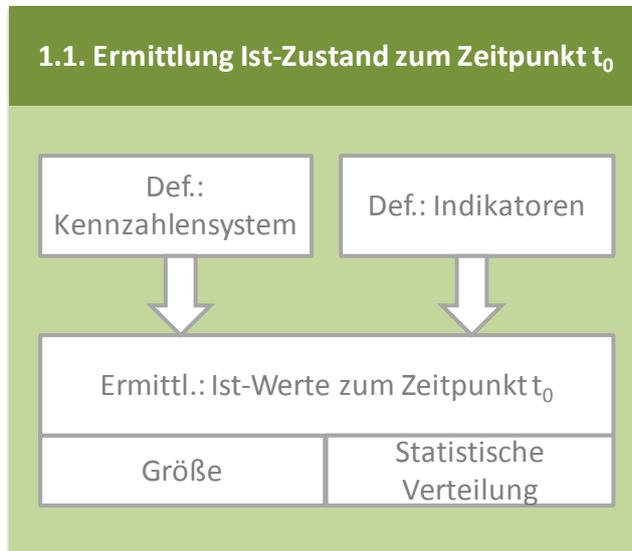


Abbildung 23: Phase 1.1. Methodenelemente für die Ermittlung des Ist-Zustands

5.2.1.1 Struktur der Indikatoren und des Kennzahlensystems

Prinzipiell ist für die Ermittlung von Ist-Werten ein Kennzahlensystem notwendig, welches umfassend, konsistent und operationalisierbar die zu adressierenden ökologischen Themen in Form einer Kennzahl pro Thema widerspiegelt. Das in dieser Methode angewendete Kennzahlensystem ist definiert als die „Gebäude-Ökobilanz gemäß DIN EN 15978 und DGNB“. Dieses Kennzahlensystem wird für die Beschreibung der Methode verwendet. Prinzipiell wären auch alternative lebenszyklusorientierte ökologische Kennzahlensystem denkbar. Dieses System definiert

- (1) den Umfang der zu ermittelnden **Indikatoren**
- (2) und die festgelegten **Berechnungsregeln** (Relationen der Einzelinformationen zueinander).

Die für eine Einordnung in ein Bewertungssystem benötigten **Bezugsgrößen** Zielwert, Referenzwert und Grenzwert sind gemäß DIN EN 15978 nicht vorgegeben. Diese können beispielsweise dem DGNB-Regelwerk entnommen werden. Die DGNB gibt für die folgenden Indikatoren Orientierungswerte vor:

- Treibhauspotenzial (GWP) für die Ermittlung der potenziellen Wirkungen von Emissionen klimaschädlicher Substanzen in die Luft
- Ozonschichtzerstörungspotenzial (ODP) für die Ermittlung der potenziellen Wirkungen von Emissionen Ozonschichtabbauender Substanzen in die Luft
- Photochemisches Oxidantienbildungspotenzial (POCP) für die Ermittlung der potenziellen Wirkungen von Emissionen Sommersmogverursachenden Substanzen in die Luft
- Versauerungspotenzial (AP) für die Ermittlung der potenziellen Wirkungen von Emissionen säurebildender Substanzen in Luft, Wasser und Boden
- Eutrophierungspotenzial (EP) für die Ermittlung der potenziellen Wirkungen von Emissionen nährstoffreicher Substanzen in Luft, Wasser und Boden
- Primärenergie nicht erneuerbar (PEne) für die Ermittlung des potenziellen Umfangs des Abbaus nicht-erneuerbarer energetischer Ressourcen
- Primärenergie gesamt (PEges) und Anteil Primärenergie erneuerbar (PEern) für die Ermittlung des potenziellen Umfangs des Abbaus nicht-erneuerbarer und erneuerbarer energetischer Ressourcen

Die **Berechnungsregeln** und Systemgrenzen sind in Kapitel 2.4.3.4 dargelegt. Die Daten, die für die Berechnungen zu nehmen sind, sollen den Anforderungen der DIN EN 15978 entsprechen. Beispielsweise können solche Daten aus der Referenzdatenbank „Ökobau.dat“, der GaBi Datenbank oder aus DIN EN 15804 konformen Umweltdeklarationen von Bauprodukten (EPD) stammen.

Für die Einordnung der ermittelten Ergebnisse in ein Bewertungssystem wird, wo notwendig, die Nomenklatur der DGNB und BNB für **Bezugsgrößen** verwendet: Zielwert, Referenzwert und Grenzwert. Da für diese Werte für die Ökobilanzindikatoren bislang eine klare Definition fehlt^{§§}, wird dies im Folgenden nachgeholt:

^{§§} Die Definition der Referenzwerte basiert bislang auf den Ergebnissen einer Studie, in der Ergebnisse von Gebäude-Ökobilanzen analysiert sind [74]. Zielwert Die allgemeine Definition des Grenzwerts ist bei der DGNB bislang nicht einheitlich geregelt. In der Ökobilanz gilt seither für den Grenzwert (NBV08 und NBV09), dass der Referenzwert des Betriebs um 15 % überschritten werden darf und die Wärmeerzeugung nochmals um 10 % schlechter sein darf als die des Referenzwertes, der Konstruktionswert darf am Grenzwert um 80 % gegenüber dem Referenzwert überschritten sein. Unterhalb des Grenzwertes erhält jedes Gebäude 0 Bewertungspunkte. Für den Grenzwert ist also ein Wert anzusetzen, der die Situation widerspiegelt, in der sich von den Planern um ökobilanzielle Fragestellungen keinerlei Gedanken gemacht wurden. Er sollte dennoch realistisch genug sein, um Planern auch nach „unten“ einen Rahmen zu geben.

- Der „**Zielwert**“ stellt für die Ökobilanz-Indikatoren den jeweiligen **Best-Practice-Wert** dar.
- Der „**Referenzwert**“ stellt für die Ökobilanz-Indikatoren den jeweiligen **Stand der Technik** dar.
- Der „**Grenzwert**“ stellt ein **maximal schlechtes**, realistisch erzieltes Ergebnis dar.

Bei der Anwendung der Methodik ist diese Unterscheidung jedoch nicht relevant, da die Methode sich auf die jeweils ermittelten Mittelwerte bezieht.

5.2.1.2 Ermittlung der Ökobilanz-Werte des initialen Ist-Zustands

Die ermittelten Ergebnisse sind die „Ist-Werte“. Die ermittelten Gebäude stellen den Stichprobenumfang dar. Es sind folgende Informationen über die Stichprobe zu ermitteln:

- (1) **Zeitraum der Datenerfassung:** Der Zeitraum, in dem die Daten erfasst werden, ist zu dokumentieren.
- (2) **Umfang der Datenerfassung:** Der Umfang der erfassten Gebäude ist zu dokumentieren. Zum Umfang gehören die Anzahl der Gebäude und (wenn vorhanden) die kumulierte Fläche der erfassten Gebäude.
- (3) **Ökobilanz-Ergebnisse:** Für die Ökobilanz-Indikatorenergebnisse sind pro Gebäude und Indikator mindestens folgend untergliederte Daten zu erheben:
 - a. Ist-Wert Umweltwirkungspotenzial Gesamtgebäude G_{ist}
 - b. Ist-Wert Umweltwirkungspotenzial für Konstruktion gesamt K_{ist}
 - c. Ist-Wert Umweltwirkungspotenzial Betrieb N_{ist}

Formel 1

$$G_{ist} = K_{ist} + N_{ist}$$

Formel 2

$$K_{ist} = \text{Herstellung}_{ist} + \text{Entsorgung}_{ist} + \text{Instandsetzung}_{ist}$$

Formel 3

$$N_{\text{ist}} = N_{\text{Wärmeist}} + N_{\text{Stromist}}$$

5.2.1.3 Statistische Beschreibung des initialen Ist-Zustands

Die Gesamtheit aller aufgenommenen aggregierten Ist-Werte lässt sich **statistisch beschreiben**. Die Ergebnisse des initialen Ist-Zustands sind hinsichtlich folgender statistischer Kennwerte zu beschreiben:

- (1) **Stichprobenumfang** n_{ist} in Form von Anzahl der Gebäude und kumulierter Fläche, zur Beurteilung der Verlässlichkeit der Werte
- (2) **Mittlere Ist-Werte** (arithmetisches Mittel) x_{arithm} der Ökobilanz-Ergebnisse als Maßzahl der Stichprobe, zur Beurteilung der durchschnittlichen Größe der Stichprobenwerte
- (3) **Mediane** m_{ist} der Ist-Werte (= 50%-Perzentil) und **10%-, 25%-, 75%- und 90%-Perzentile** der Ist-Werte zur Beurteilung der Verteilung der Werte
- (4) **Standardabweichung** s der mittleren Ist-Werte als Maßzahlen der Stichprobe, zur Beurteilung des Grades der Streuung der Stichprobenwerte

Bei der Anwendung statistischer Methoden ist es prinzipiell wichtig, zwischen Nutzer von statistischen Informationen und Produzenten von statistischen Daten zu unterscheiden. Im Fall der hier vorgestellten Methode der Orientierungswerte-Entwicklung sind die Produzenten der Daten diejenigen, die Ökobilanz-Ergebnisse von Gebäuden generieren. Die Nutzer der statistischen Informationen sind diejenigen, die die Daten für die Entwicklung der Orientierungswerte auswerten. „Die Statistik hat (...) die Stellung eines Mittlers zwischen den im Rahmen theoretischer, idealtypischer Überlegungen entstandenen Modellen, Fragen und Datenanforderungen und der zu untersuchenden Wirklichkeit.“ (Dieter Schäfer et al., Seite 165 in [16]).

5.2.2 Phase 1.2: Definition des Ziel-Zustandes

Für die definierten Indikatoren wird jeweils ein **Ziel-Zustand** ausformuliert, der folgende generelle Beschreibungen enthalten soll:

- (1) **Basisannahmen** und **Argumentation** für die Definition des Ziel-Zustandes je Indikator (Motivation)
- (2) **Zeitpunkt** der Erreichung des Ziel-Zustandes (t_i)
- (3) Generelle **Entwicklungsrichtung** je Indikator
- (4) Quantitativ dargestellter **Ziel-Sollwert** je Indikator (Vergleichswert)

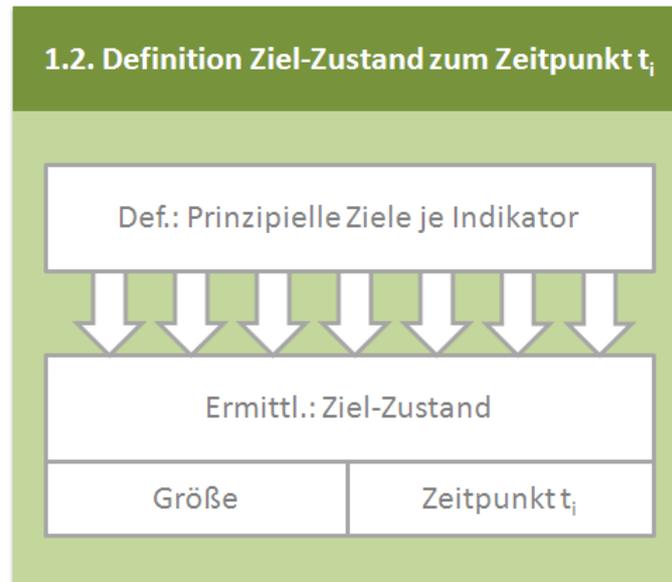


Abbildung 24: Phase 1.2 Methodenelemente für die Definition des Ziel-Zustandes

5.2.2.1 Basisannahmen für die Definition von Zielwerten

Technisch abgeleitete Zielwerte

Technisch abgeleitete Ökobilanz-Zielwerte werden mit Hilfe technischer Eigenschaften der Gebäude – über den gesamten Lebenszyklus betrachtet – ermittelt. Diese Werte werden dabei durch die technischen Anforderungen an die Gebäude bestimmt, wie zum Beispiel Statik, Schallschutz, Brandschutz, Energieeffizienz, U-Werte, Frischluftzufuhr.

Für die Definition von Zielwerten können technisch abgeleitete Zielwerte genutzt werden für z.B. prozentuale Verminderungen verglichen mit dem Stand der Technik, Ermittlung des „Best in Class“ oder „Toprunner“ Ansatz.

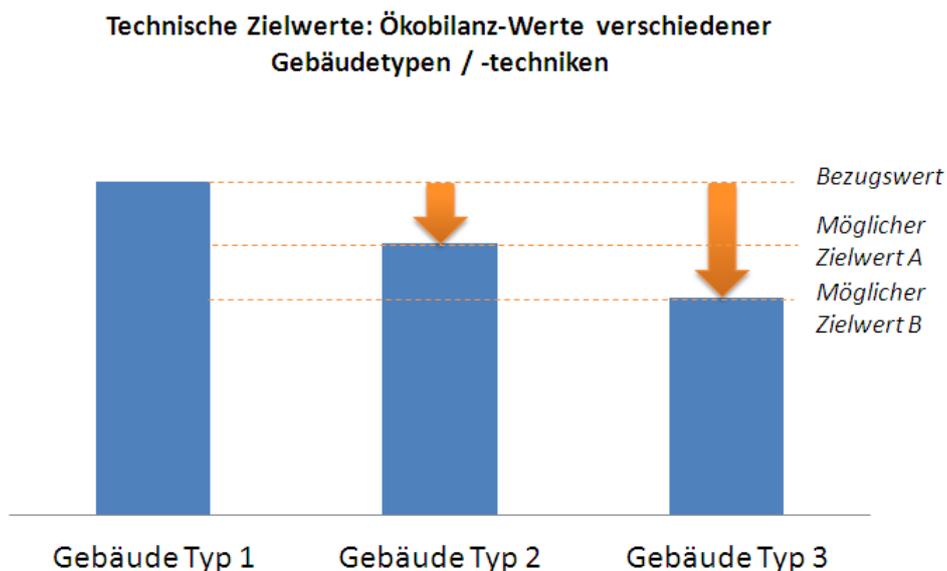


Abbildung 25: Prinzip der technisch abgeleiteten Zielwerte

Aufgrund von Technologiesprüngen finden diese Zielwerte vergleichsweise kurzfristige Anwendungen. Die Ableitung strategisch / langfristig wirkender Zielwerte von technischen Zielwerte ist deshalb begrenzt und birgt die Gefahr, den Bau- und Immobiliensektor in zu schmale Lösungspfade zu drängen, anstatt Innovationen, die von heutigem technischen Verständnis losgelöst sind, zu unterstützen. Andererseits erlauben technisch abgeleitete Zielwerte bei der Durchsetzung von Maßnahmen schnelle Reaktionen der Akteure.

Statistisch abgeleitete Zielwerte

Diese Zielwerte werden aus statistischen Analysen abgeleitet. Stichproben dienen zur Ermittlung statistischer Maßzahlen, wie zum Beispiel Mittelwert und Varianz. Der Mittelwert kennzeichnet die durchschnittliche Größe der Stichprobenwerte, die Varianz misst, wie stark diese Werte streuen [80]. Typische Kennzahlen für Bau- und Immobilienschaffende sind Mittelwerte, Mediane und Perzentile [81] [82].

Für die Definition von Zielwerten können z.B. Reduktionsziele gesetzt werden, wie in Umweltmanagementsystemen üblich: „Emissionen bis zum Jahr X minus Y % verglichen mit dem Basiswert ermittelt im Jahr Z“. Ebenfalls kann das sogenannte „Yardstick Competition“-Verfahren (Messlatten-Wettbewerb) angewandt werden, das

ebenfalls auf statistischen Werten basiert, und bei der z.B. die 10 % am besten abschneidenden Gebäude zur Definition des Zielwerts genutzt werden.

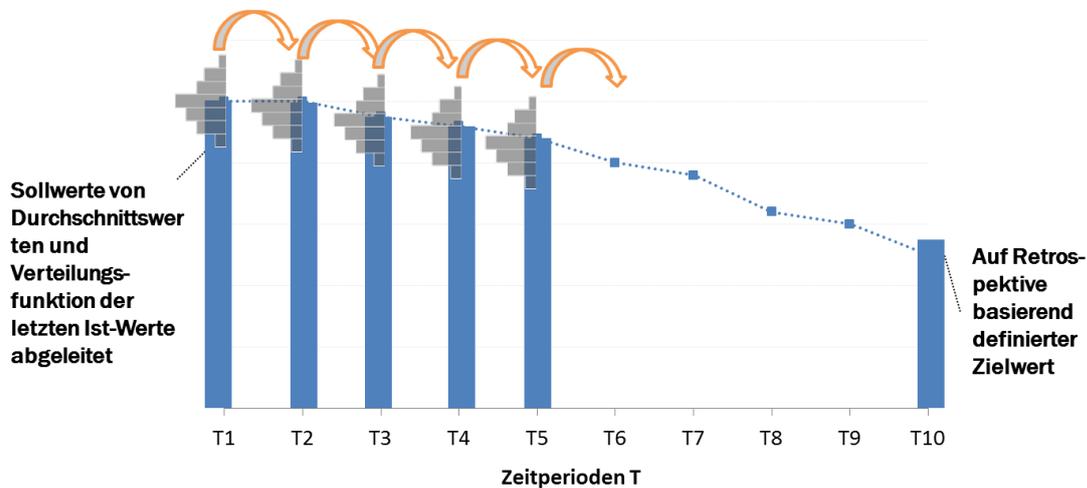


Abbildung 26: Prinzip der statistisch abgeleiteten Zielwerte

Die statistischen Zielwerte können immer nur über die Retrospektive ermittelt werden. Die Anwendung der Zielwerte sollte deshalb nur auf die Definitionen mittelfristig erreichbarer Ziele beschränkt sein, da neue Technologien und Lösungen in den retrospektiv ermittelten Zielwerten nicht enthalten sein können. Die Anzahl der Gebäude einer Stichprobe sollte ausreichend groß sein, um robuste Zielwerte zu erhalten. Mit Hilfe statistisch ermittelter Zielwerte kann das Erreichen „realistischer“ Ziele gut unterstützt werden. Auf gegebenenfalls auftretende Technologiesprünge kann jedoch diese Methode nicht reagieren.

Extern motivierte Zielwerte

Diese Art von Zielwerte ist von gesellschaftlichen oder politischen Festlegungen oder anderen externen Triebkräften abgeleitet. Gesellschaftlich kann beispielsweise die Akzeptanz für den Einsatz bestimmter Produkte oder Substanzen derart stark zurückgehen, dass ein Zielwert digital in „enthält“ oder „frei von“ unterscheidet. Politisch ist dies bereits am Beispiel der Ozonschichtzerstörenden Substanzen Mitte der

1990er Jahre geschehen, als das sogenannte Montreal Protokoll den Einsatz von Fluorchlorkohlenwasserstoffen verbot [56].

Gesellschaftlich oder politisch können Zielwerte auch durch die Ermittlung maximaler Emissions- oder (Energie-) Verbrauchswerten definiert sein. Beispiel hierfür ist die Bewegung der „2000 Watt Gesellschaft“ oder das gemeinsame Streben nach dem „2 Grad Ziel“ der Klimaschutzbewegung, bei dem verschiedenen Akteuren maximale CO₂-Emissionsrechte zugesprochen werden, „Null-Emissions“-Vorgaben. Des Gleichen kann auch gesellschaftlich ein Maximum gefordert werden, wie es beim Einsatz erneuerbarer Energien in Diskussion ist. Dies kann sich auf Länder, Industriesektoren, Pro-Kopf, Kommunen, Städte, Gebäude, oder anderes beziehen.

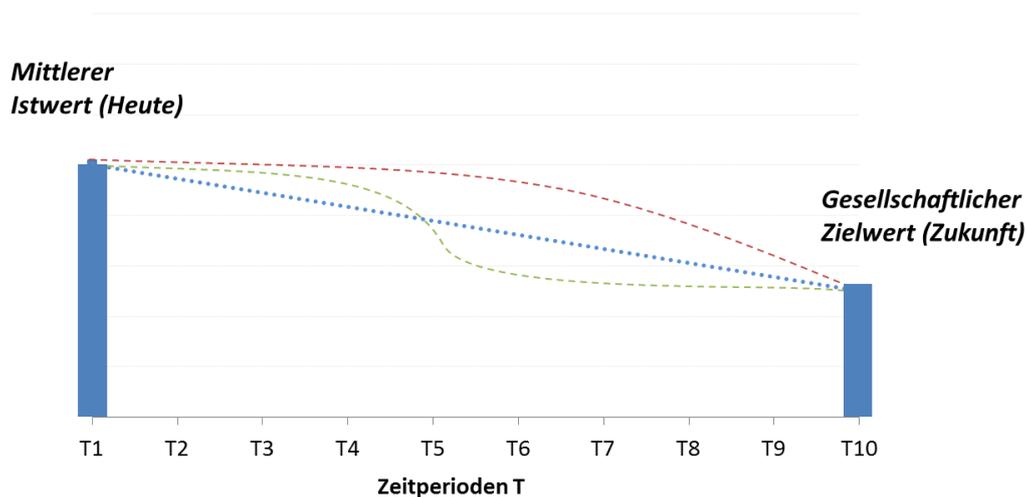


Abbildung 27: Prinzip der extern motivierten Zielwerte

Extern motivierte Zielwerte sind sehr gut dafür geeignet, langfristige, strategische Ziele zu setzen ohne festzulegen, auf welchem Lösungsweg dieses Ziel erreicht werden soll bzw. (momentane) technische Barrieren der Industrie einzubeziehen. Es geht beim Setzen der Zielwerte rein um das Erreichen des Ziels, und nicht um den einzuschlagenden Weg. Hierbei ist zu beachten, dass die langfristige Ausrichtung des Ziels die Gefahr birgt, Zielwerte zu hoch oder auch zu niedrig anzusetzen, da Technologiesprünge, Katastrophen, die zu kompletten Technikänderungen führen, nicht vorhersagbar sind. Beispielhaft sei hier der deutsche Atomausstieg von 2011

genannt, nachdem die Atomkatastrophe von Fukushima die deutsche Gesellschaft und Politik zu einem extremen Umlenken politischer Beschlüsse gebracht hat.

Ökologische Zielwerte im ökonomischen Optimum

Ökologische Zielwerte werden nur dann erfolgreich breitflächig umgesetzt, wenn sie ökonomische Rahmenbedingungen einhalten. Werden Zielwerte angesetzt, die hohe Kosten in der Umsetzung nach sich ziehen, wird im Rahmen freiwilliger Instrumente die Anzahl der mit „gut“ bewerteten Gebäude geringer sein, als bei Zielwerten, die mit geringeren Kosten umsetzbar sind. Im ökonomischen Optimum befinden sich die Zielwerte, die für eine definierte Vermeidungskostenkurve die geringsten Umweltwirkungen bei gleichzeitig geringsten Kosten verursachen. Abbildung 28 illustriert dieses Prinzip: Im Schnittpunkt der Kurven Vermeidungskosten und Umweltwirkungen befindet sich das ökonomische Optimum. Voraussetzung hierfür ist, dass die externen Kosten der Umweltwirkungen nicht internalisiert sind^{***}.

Zielwerte lassen sich über dieses Verfahren ermitteln, wenn ein eindeutiger Zusammenhang der Umweltwirkungen und der Vermeidungskosten hergestellt ist, und beide Funktionen sich entsprechend darstellen lassen. Bei Gebäuden sind jedoch die Zusammenhänge häufig zu komplex, um die Funktionen ausreichend genau zu ermitteln. Dieses Verfahren lässt sich deshalb gut für eine Detailanalyse technisch definierter Zielwerte oder für die Argumentation für die Durchsetzung konkreter Maßnahmen anwenden.

^{***} Würden die externen Kosten der Umweltwirkungen internalisiert, so läge das Optimum im Scheitelpunkt einer resultierenden Gesamtkostenkurve der Vermeidungskosten und der Schadenskosten durch die Umweltwirkungen (hier nicht dargestellt).

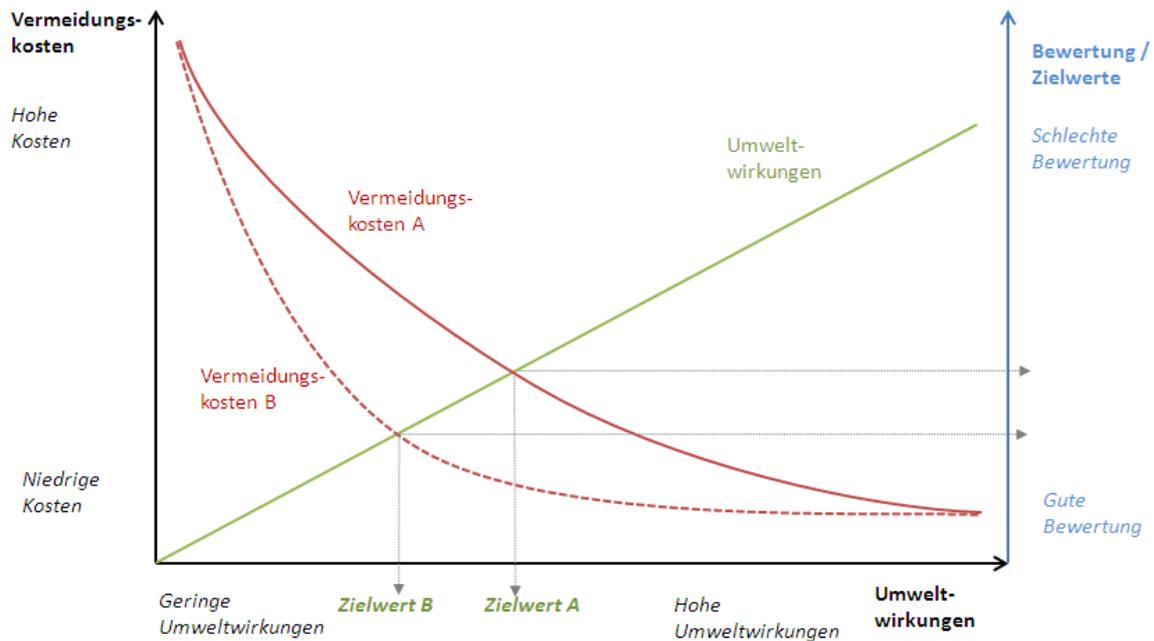


Abbildung 28: Prinzip des Setzens ökologischer Zielwerte im ökonomischen Optimum (angelehnt an [38] und von der Autorin ergänzt)

5.2.2.2 Eignung der Zielwert-Methoden für die Definition des Ziel-Zustands

Die oben beschriebenen Zielwert-Methoden eignen sich unterschiedlich gut für das Setzen langfristiger Ziele, für die Durchsetzung konkreter Maßnahmen, für die Förderung von Innovationen oder für die Durchsetzung gesellschaftlicher / politischer Ziele. In Tabelle 11 sind die Methoden bezüglich verschiedener Kriterien gegenübergestellt.

Je nach Zeithorizont, auf den sich ein Ziel-Zustand vom momentanen Zeitpunkt bezieht, kann in langfristige, mittelfristige und kurzfristige Ziele unterschieden werden. Langfristig sei hierbei ein Zeithorizont von 10 Jahren, mittelfristig von 5 Jahren und kurzfristig von 1 Jahr. Soll ein kurzfristiges Ziel erreicht werden, so eignen sich technisch basierte Zielwerte oder statistisch ermittelte Zielwerte. Für die Definition eines langfristig erreichbaren Ziel-Zustandes hingegen eignen sich diese beiden Methoden nur bedingt, da bei der Anwendung technisch basierter Zielwerte Innovationen und Technologiesprünge missachtet werden und bei der Anwendung statistischer Zielwerte ein Steuern nur über Detailanalysen möglich ist, ansonsten die statistische Methode zu den „beobachtenden“ Methoden zu zählen ist.

Tabelle 11: Zielwert-Methoden und deren Eignungen

	Eigung für Vorgabe konkreter Maßnahmen	Eignung für Innovationsförderung	Eignung für gesellschaftliche Ziele	Zeitliche Perspektive	Beispiele
A: Technisch basierte Zielwerte	gut, zur Definition konkreter Maßnahmen	schlecht	bedingt geeignet, da Sprungfunktionen auftreten können	Heute	Reduktion Energiebedarf durch Anhebung erlaubter U-Werte; Verbot Einbau ressourcenintensiver Materialien
B: Statistisch ermittelte Zielwerte	schlecht ohne Detailanalyse, gut mit Detailanalyse	schlecht	bedingt geeignet, da auf Status quo basierend, kein politisch vorausschauender Bezug	Retro-spektive	Mittelwert GWP-Wert von Gebäuden (Lebenszyklus); 25%-Perzentil GWP-Wert Konstruktion von Gebäuden
C: Extern motivierte Zielwerte	schlechte Eignung	gut	Gut, jedoch ohne Einbezug möglicher Technologiesprünge	Zukunft	Energieautarkie in Deutschland anstreben: Nutzenergie komplett aus erneuerbaren Energiequellen; Klimaschutzziele Europa erreichen: Nullenergiestandard bei Neubauten
D: Zielwerte im ökonomischen Optimum	gut, für Argumentation Durchsetzung konkreter Maßnahmen	schlecht	schlecht	Heute	(Abwasserabgabe)

Somit können die Zieldefinitionen in zwei prinzipielle Muster unterschieden werden: „Ambitioniert-proaktiv“ und „Konservativ-retrospektiv“.

Ambitioniert-proaktiv bezeichnet ein Muster, das sich an einer absolut definierten ambitionierten langfristigen Zielvorstellung orientiert und den Vorperioden jeweils mittlere Zielwerte vorgibt, die einzuhalten sind, um die langfristige Zielvorstellung zu erreichen. Er stellt den gewünschten Fall dar und gibt absolute Werte vor, deren akti-

ves Anstreben notwendig ist. Mit dieser Zieldefinition können lang- und mittelfristige Ziele vorgegeben werden. Sie berufen sich auf politisch oder gesellschaftlich definierte Zielvorstellungen und sind als lang- oder mittelfristige mittlere Ziel-Sollwerte quantifiziert definiert. Zwischenwerte für die Perioden zwischen dem Ist-Zustand und den lang- und / oder mittelfristigen Zielen können aus Funktionen zwischen den Ist- und Zielwerten abgeleitet werden. Zum Einsatz kommen hier extern motivierte Zielwerte (C).

Konservativ-retrospektiv bezeichnet ein Muster, das sich an jeweils bestehenden Entwicklungen orientiert und dessen Zielhorizont sich ohne Wissen um die jeweiligen Entwicklungen in den Vorperioden nicht identifizieren lässt. Er stellt den sehr realistischen Fall dar und beruft sich auf prozentuale Verbesserungen, ohne eine absolute Zielvorstellung definiert haben zu müssen. Die Sollwerte werden statistisch aus den jeweiligen Vorperioden ermittelt. Zum Einsatz kommen hier technisch- und statistisch-basierte Zielwerte (A und B).

5.2.2.3 Basisannahmen und Begründungen für langfristige Ziele

Sollen langfristige, Ziele gesetzt werden, die extern motiviert sind (also politischen oder gesellschaftlichen Zielen entsprechen), so lassen die Erläuterungen des vorhergehenden Abschnitts (5.2.2.2) für die Definition eines Ziel-Zustandes der Indikatoren nur die „ambitioniert-proaktive“ Vorgehensweise zu.

Für die Basisannahmen und die Argumentation sollten die **Motivation** (z.B. Erreichen des Nachhaltigkeitsziels für Treibhausgasemissionen der Bundesregierung) und die **Art der Zielsetzung** (z.B. politisch motiviert) je Indikator dokumentiert sein.

Die „konservativ-retrospektive“ Vorgehensweise wird zum Setzen von Zwischenzielen verwendet und findet sich im Modul 2 der Methode wieder, die periodische Ermittlungen von Ist-Werten und den Abgleich mit Soll-Werten sowie möglicherweise Maßnahmen zur Korrektur vorsieht.

5.2.2.4 Zeitlicher Horizont des Ziel-Zustandes

In der Ziel-Zustands-Beschreibung ist der **zeitliche Betrachtungshorizont** zu erläutern. Dazu gehört zum einen den Zeitpunkt der Zieldefinition festzuhalten, den Zeit-

punkt der Zielerreichung zu definieren und die Dauer einer Periode festzulegen. Die Dauer einer Periode gibt an, in welchen zeitlichen Abständen Ist-Werte ermittelt und für welche zeitlichen Abstände neue Zwischen-Soll-Werte festgelegt werden. Die periodische Ermittlung der Ist- und Zwischen-Soll-Werte wird in Modul 2 beschrieben.

5.2.2.5 Entwicklungsrichtung der Indikatoren

Je Indikator sollte die generelle **Richtung** definiert sein, in die sich der Ziel-Sollwert bewegen soll. „Verringern“, „erhöhen“, „stabil bleiben“ wären drei Beispiele hierfür. Diese Definition ist wichtig, um klar zu differenzieren, für welche Indikatoren eine Steigerung angestrebt wird, da die Mehrzahl der Umweltindikatoren Umweltlasten adressieren, die üblicherweise reduziert werden sollen. Innerhalb der Gruppe der hier betrachteten Indikatoren ist für den Indikator „Anteil erneuerbare Primärenergie“ die momentane gesellschaftliche und politische Zielrichtung eine Steigerung im Vergleich zur heutigen Situation, um von Entwicklungen in heutigen Lieferantenländern unabhängig(er) zu werden.

5.2.2.6 Quantitative Definition der Ziel-Sollwerte

Abgeleitet aus den Bezugsgrößen der Ist-Situation sowie der Kennzahlssystembeschreibung (aus Phase 1.1) und den Basisannahmen und Begründungen für die Ziel-Zustandsbeschreibung je Indikator, der generellen Richtung der Entwicklung des Indikators, den Zeiträumen und Periodenlängen (aus Phase 1.2) ist je Indikator ein **Ziel-Sollwert** für den Zeitpunkt der Zielerreichung zu ermitteln. Diese Ermittlung hat quantitativ zu erfolgen und kann negative oder positive Werte oder Null ergeben.

Bei der Ermittlung dieser Ziel-Sollwerte ist darauf zu achten, dass im Zeitrahmen bis zur Zielerreichung gesetzgeberische Vorgaben ohnehin umgesetzt werden müssen. Ebenfalls kann auch das Kennzahlensystem an neue Erkenntnisse adaptiert werden. Dies umfasst mögliche Erweiterungen der Systemgrenze oder der verwendeten Datenbasis (siehe Abschnitt 3.2.2.2). Wird die Systemgrenze beispielsweise aufgrund verbesserter Informationstechnologie erweitert, so führt dies zu einer indirekten Verschärfung der Anforderungen für die Ziel-Sollwerte: Generell gilt, je mehr Elemente eines Gebäude-Lebenszyklus in die Ermittlung der Ist-Werte einbezogen werden, desto höher fällt der Ist-Wert aus (Ausnahmen: Verstärktes Verwenden von Materia-

lien, die rezykliert werden können und deren Recycling negative Umweltwirkungen hervorrufen).

5.2.3 Phase 1.3: Ableitung angestrebter Sollwert-Entwicklungspfade

Aus der Ziel-Zustandsbeschreibung und den Beschreibungen der Ist-Zustände sind in dieser Phase je Indikator die anzustrebenden Entwicklungspfade abzuleiten. Die Entwicklungspfade dienen der Orientierung, wie die Ziel-Sollwerte angestrebt werden. So können aus der Funktion **Annäherungswerte** abgeleitet werden, die als Vorlage für die periodischen Sollwerte-Definitionen (Modul 2) oder für den Abgleich der Zwischen-Sollwerte zur Ziel-Zustandserreichung verwendet werden können. Die Funktionen, nach denen die Entwicklungspfade generiert werden, sind entsprechend der situativen Bedingungen angepasst frei festzulegen. Als erste Annäherung wird eine lineare Funktion von den initialen Ist-Werten zum Ziel-Sollwert am Ende der Betrachtungsdauer als sinnvoll bewertet. Dies erlaubt auch, periodische (z.B. jährliche) Änderungen quantitativ darzustellen.



Abbildung 29: Phase 1.3 Methodenelemente zur Ableitung der angestrebten Indikatoren-Entwicklungspfade

5.2.3.1 Toleranzbereiche

Für die Soll-Werte aller Indikatoren sollten Toleranzbereiche definiert werden. Diese Festlegung ist für Entscheidungen für das potenzielle frühzeitige Einleitung von

Maßnahmen notwendig. Diese Toleranzbereiche haben das Ziel, den Anwendern der Methode zu signalisieren, ob sich die Ist-Werte in den Zwischenperioden in einem Bereich befinden, welcher das Erreichen des Zielzustands erwarten lässt. Der Toleranzbereich B definiert den Ergebnisbereich, der bei der Abweichungsanalyse als Abweichung vom Soll-Wert zugelassen ist, ohne dass Maßnahmen durchzuführen sind. Als Toleranzbereiche kann eine quadratische Funktion der Art $f(x) = ax^2 + bx + c$ verwendet werden, wobei für die Toleranz nach „oben“ (also schlechtere Werte als der Entwicklungspfad vorgibt) die Variable a ein negatives Vorzeichen hat, die Variable b die Flachheit der Kurve beschreibt und die Variable c dem Y-Wert des Startwerts („Ist-Zustand“) entspricht. Der Toleranzbereich nach unten (entspricht „besseren“ Ergebnissen als der Entwicklungspfad vorgibt) kann ebenso definiert werden, mit dem Unterschied dass die Variable a ein positives Vorzeichen haben soll (entspricht der Öffnung einer Kurve nach oben).

5.2.4 Ergebnisdarstellung Modul 1

Die Ergebnisse aus Modul 1 sind entsprechend zu dokumentieren. Abbildung 30 stellt ein beispielhaftes Dokumentationsformular dar, welches die relevanten Informationen zusammenfasst.

MODUL 1: Ist-Zustand, Ziel-Zustand und Entwicklungspfade		
Zeitpunkt der Ziel-Definition	[Datum]	
Zeitpunkt der Zielerreichung	[Datum]	
Zeitraum bis Zielerreichung	[Anzahl Jahre]	
Dauer einer Periode	[Anzahl Jahre]	
Stichprobenumfang initiale Ist-Wert-Ermittlung	[Anzahl Gebäude]	
	[Kumulierte BGF m ²]	
		Umweltindikator X
		Abkürzung Indikator
Ist-Zustand (Phase 1.1)		
Initiale Ist-Werte		
Mittlere Ist-Werte (xarith) Gesamt G_{ist}	[Einheit/Bezugsgröße]	
<i>Konstruktion</i> K_{ist}	[Einheit/Bezugsgröße]	
<i>Nutzung</i> N_{ist}	[Einheit/Bezugsgröße]	
10%-Perzentile	[Einheit/Bezugsgröße]	
25%-Perzentile	[Einheit/Bezugsgröße]	
Mediane (50%-Perzentile)	[Einheit/Bezugsgröße]	
75%-Perzentile	[Einheit/Bezugsgröße]	
90%-Perzentile	[Einheit/Bezugsgröße]	
Standardabweichung s	[Einheit/Bezugsgröße]	
Zeitpunkt Ist-Wertermittlung	[Datum]	
Ziel-Zustand (Phase 1.2)		
Zielsetzungs-Motivation	Definition	
Art der Zielsetzung	Definition	
Richtung der Zielsetzung	Definition	
Art des Vergleichswerts	Definition	
Bezugswert	Definition	
Quantitative Änderung	Definition	
Ziel-Sollwerte		
Gesamt-Gebäude	[Einheit/Bezugsgröße]	
<i>Konstruktion</i>	[Einheit/Bezugsgröße]	
<i>Nutzung</i>	[Einheit/Bezugsgröße]	
Zeitpunkt der Zielerreichung	[Datum]	
Entwicklungspfad (Phase 1.3)		
Durchschnittliche Änderungsrate pro Jahr	[Einheit/Jahr]	
Durchschnittliche Änderungsrate pro Periode	[Einheit/Periode]	
Annäherungs- und Ziel-Sollwerte G_{Soll}		
Annäherungswert Periode 1	[Einheit/Bezugsgröße]	
Annäherungswert Periode n	[Einheit/Bezugsgröße]	
Erreichter Ziel-Sollwert	[Einheit/Bezugsgröße]	
Toleranzbereich		
Toleranzgrenze Periode 1	[Einheit/Bezugsgröße]	
Toleranzgrenze Periode n	[Einheit/Bezugsgröße]	

Abbildung 30: Strukturierte Darstellung der Ergebnisse für Modul 1

5.3 Modul 2: Zielsystem der Ermittlungsperioden

Modul 2 enthält das periodisch anzuwendende Zwischenzielsystem für laufend zu wiederholende Ermittlungen der Ist-Zustände. Im Zwischenzielsystem werden je Indikator und Periode Soll-Werte definiert, Vorgaben für die Ist-Werte-Ermittlung und die Durchführung von Status- und Abweichungsanalysen festgelegt und bei Abweichungen wird vorgegeben, einen Maßnahmenkatalog zu entwickeln. Das untergeordnete Zielsystem wird für die Erreichung der kurzfristigen Ziele eingesetzt.

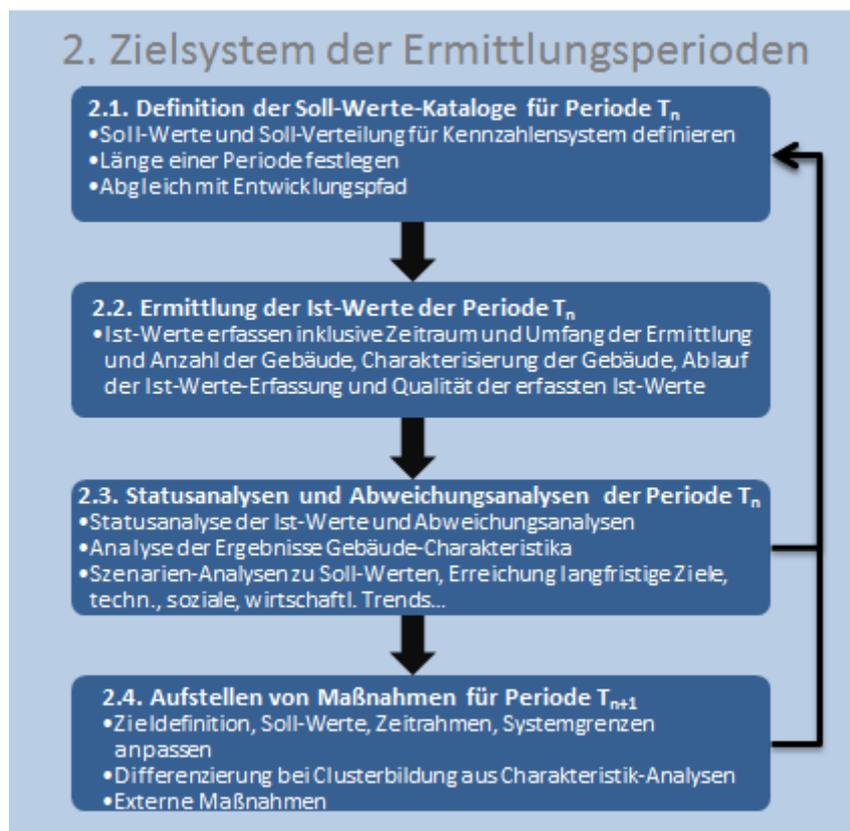


Abbildung 31: Zielsystem der Ermittlungsperioden (Modul 2)

5.3.1 Phase 2.1: Definition der Soll-Werte

Entsprechend der Ausführungen in Abschnitt 5.2.2.2 können für die Definition kurzfristiger Zielwerte (= Soll-Werte) entweder die technisch-basierten Zielwerte oder die statistisch-basierten Zielwerte eingesetzt werden. Da technisch-basierte Zielwerte den Nachteil besitzen, innovationshindernd wirken zu können, sollte die Wahl nur dann auf diese Methodik fallen, wenn eindeutige Zusammenhänge zwischen der technischen Vorgabe und der Zielerreichung bestehen und der Einsatz alternativer

Techniken / Lösungen dadurch nicht „diskriminiert“, also schlechter bewertet wird. Im Regelfall soll, wie folgt beschrieben, für die Definition von Zielwerten kurzfristiger Perioden statistisch-basierte Werte genutzt werden.

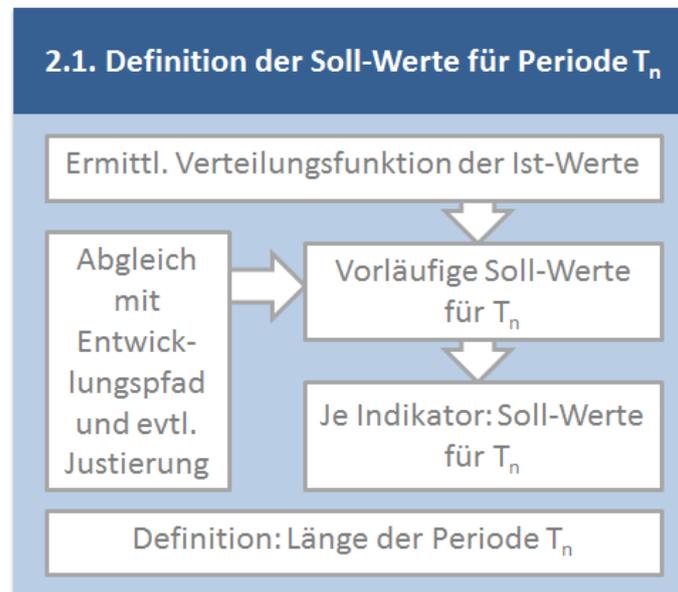


Abbildung 32: Phase 2.1 Definition der Soll-Werte

Die Soll-Werte werden wie folgt ermittelt:

- Verteilungsfunktion der Ist-Werte der Vorperiode aufstellen (statistische Maßzahlen der Stichprobe ermitteln und Histogramm erstellen)
- Annäherungswert für die entsprechende Periode als „vorläufigen Soll-Wert“ festlegen
- Abgleich des „vorläufigen Soll-Wertes“ mit Bereichen der Verteilungsfunktion der Ist-Werte der Vorperiode und Identifikation des Bereiches (A – F, siehe Tabelle 12) in welchem sich der „vorläufige Soll-Wert“ befindet
- „Periodenspezifischen Soll-Wert“ gemäß Empfehlungen in Abschnitt 5.3.1.2 festsetzen
- Länge der Folgeperiode definieren

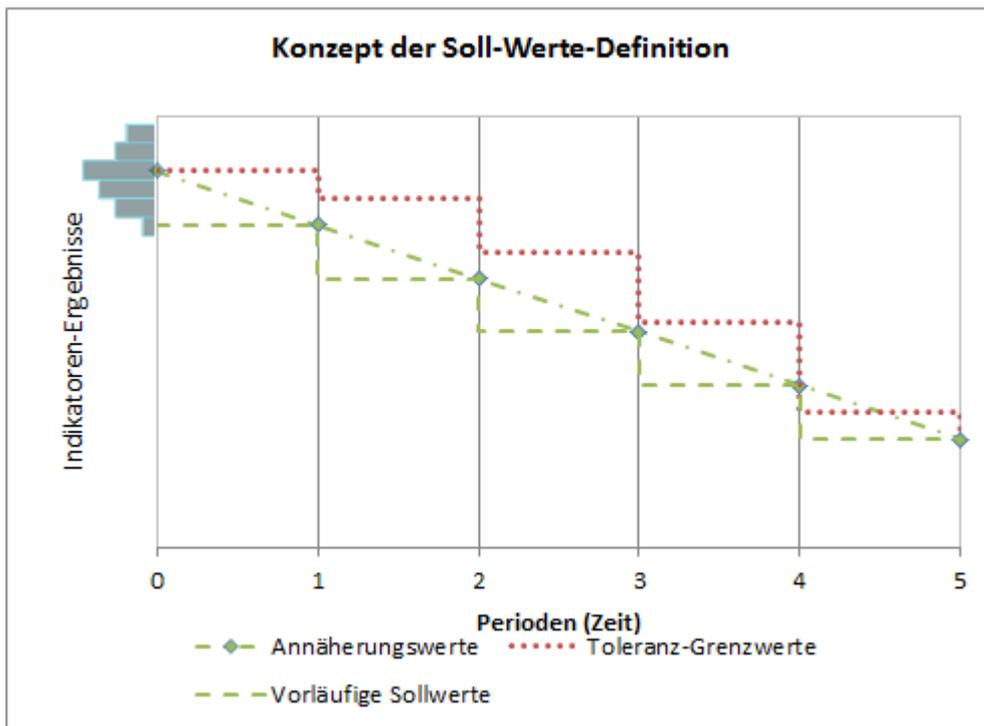


Abbildung 33: Konzept für die Definition der vorläufigen Soll-Werte

In Abbildung 33 ist beispielhaft dargestellt, wie auf Basis der Ergebnisse des Moduls 1 die vorläufigen Soll-Werte und die Toleranz-Grenzwerte für fünf Perioden definiert sind. Die Ergebnisse der Verteilungsfunktion der initialen Phase hilft dabei, die geplanten Zielerreichungen zu qualifizieren.

5.3.1.1 Verteilungsfunktion Ist-Werte der Vorperiode

Die Soll-Werte sind die Werte, die für das Erreichen der Zieldefinitionen eingehalten werden sollen. Die Soll-Werte werden je Indikator und Periode festgelegt.

Wird der Soll-Wert eines Indikators für die aktuelle Periode gemäß der statistischen Methode definiert (Standardfall), so sind folgende statistische Maßzahlen zu ermitteln:

- Arithmetischer Mittelwert der Vorperiode
- Median der Vorperiode
- 10%-, 25%-, 75%- und 90%-Perzentil der Vorperiode
- Standardabweichung

Da bei der Ermittlung der Daten nicht von einer Stichprobenmessung ausgegangen wird, sondern die Anzahl der in der Datenermittlung erfassten Gebäude die Grundgesamtheit darstellen, ist die Standardabweichung entsprechend Formel 4 zu bestimmen.

Formel 4: Standardabweichung s für Grundgesamtheit.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2} \quad \text{für } (n > 1)$$

mit s Standardabweichung
 n Anzahl der Gebäude
 x Ist-Werte der Gebäude
 \bar{x} Arithmetischer Mittelwert der Ist-Werte der Gebäude

Anschließend sind die Bereiche A, B, C, D, E, und F entsprechend Abbildung 34 und Tabelle 12 für die Werte der Stichprobe (außer arithmetischer Mittelwert) zu ermitteln und gegebenenfalls in einer Verteilungsfunktion oder in einem Histogramm darzustellen.

Auf dieser Basis lässt sich eine Charakterisierung des vorläufigen Soll-Wertes durchführen (siehe Tabelle 12).

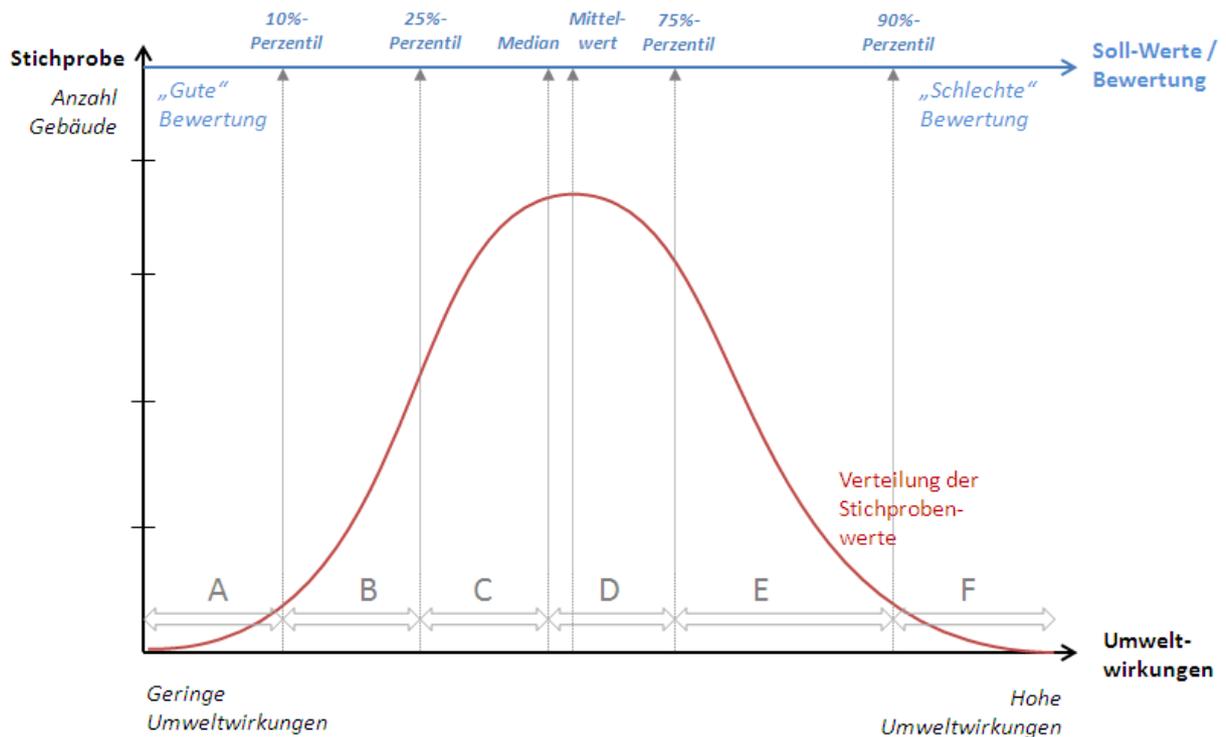


Abbildung 34: Verteilung von Stichprobenwerten, Bewertung und Bereichsdefinitionen für Maßnahmen

Tabelle 12: Charakterisierung der ökologischen Gebäudeperformance, basierend auf der Einordnung der Ist-Werte bezogen auf eine Stichprobe

Stichprobenbereich	Beschreibung des Bereichs	Charakterisierung
A	Umfasst alle Gebäude, die sich unterhalb des 10%-Perzentil befinden	Die „Besten 10%“
B	Umfasst alle Gebäude, die sich zwischen 10%-Perzentil und 25%-Perzentil befinden	Teil der „Besten 25%“ unterhalb der „Besten 10%“
C	Umfasst alle Gebäude, die sich zwischen 25%-Perzentil und Median befinden	Teil der „Besten 50%“ unterhalb der „Besten 25%“
D	Umfasst alle Gebäude, die sich zwischen Median und 75%-Perzentil befinden	Teil der „Schlechtesten 50%“ oberhalb der „Schlechtesten 25%“
E	Umfasst alle Gebäude, die sich zwischen 75%-Perzentil und 90%-Perzentil befinden	Teil der „Schlechtesten 25%“ oberhalb der „Schlechtesten 10%“
F	Umfasst alle Gebäude, die sich unterhalb des 90%-Perzentils befinden	Die „Schlechtesten 10%“

5.3.1.2 Periodenspezifische Soll-Werte

Der Annäherungswert aus Phase 1.3 wird als „vorläufiger Soll-Wert“ für die Folgeperiode festgelegt. Dieser vorläufige Soll-Wert wird mit der Verteilungsfunktion abgeglichen. Je nach Identifikation des Bereichs, in dem sich der vorläufige Soll-Wert befindet, sind die in Tabelle 13 aufgeführten Handlungen anzuschließen.

Tabelle 13: Bestimmung periodenspezifischer Soll-Werte auf Basis der vorläufigen Soll-Werte

Vorläufiger Soll-Wert befindet sich in Bereich...	Charakterisierung des Soll-Wertes der Folgeperiode	Handlungen
A:	Sehr ambitionierter Soll-Wert	Vorläufigen Soll-Wert als periodenspezifischen Soll-Wert ansetzen, zusätzlich unterstützende Maßnahmen in Folgeperiode einleiten, gegebenenfalls Folgeperiode verkürzen / Zwischenperiode einfügen
B:	Ambitionierter Soll-Wert	Vorläufigen Soll-Wert als periodenspezifischen Soll-Wert ansetzen
C:	Wenig ambitionierter Soll-Wert	Vorläufigen Soll-Wert als periodenspezifischen Soll-Wert ansetzen
D:	Soll-Wert-Erfüllung führt zu leichter Verschlechterung der Ist-Situation	Median der aktuell abgeschlossenen Periode als periodenspezifischen Soll-Wert ansetzen
E:	Soll-Wert-Erfüllung führt zu Verschlechterung der Ist-Situation	Median der aktuell abgeschlossenen Periode als periodenspezifischen Soll-Wert ansetzen
F:	Soll-Wert-Erfüllung führt zu starker Verschlechterung der Ist-Situation	Median der aktuell abgeschlossenen Periode als periodenspezifischen Soll-Wert ansetzen

Hinweis: Neben dem mittleren Soll-Wert, der für die Erreichung des langfristigen Zielzustands relevant ist, können für Bewertungssysteme (wie zum Beispiel im DGNB-System) auch je Periode obere und untere Soll-Werte definiert werden, die Anreize

geben (z.B. über Bewertungspunkte) Gebäudeperformance zu differenzieren. Im DGNB-System wird der mittlere Soll-Wert als „Referenzwert“, der obere Soll-Wert als „Zielwert“ und der untere Soll-Wert als „Grenzwert“ bezeichnet. Diese zusätzlich „flankierenden“ oberen und unteren Soll-Werte für eine Periode können adäquat zu den Ziel-Soll-Werten ermittelt werden.

5.3.1.3 Länge der Folgeperiode

Abschließend ist die Länge der Folgeperiode entsprechend zu definieren. Hierbei ist auf die Anwendung des durchschnittlichen Änderungswertes bei der Ermittlung der Soll-Werte zu achten, da diese bereits auf vordefinierten Periodenlängen beruhen (Phase 1.3). Sollte die Länge der Folgeperiode von der initialen Periodenlänge abweichen, sind die Soll-Werte entsprechend zu korrigieren. Es wird empfohlen, die Datenaufnahmen und Analysen jährlich durchzuführen.

5.3.2 Phase 2.2: Ermittlung der Ist-Werte

Die Ist-Werte von Gebäude-Ökobilanz-Ergebnissen werden während und innerhalb der vorher definierten Periode erfasst. Um die Qualität der ermittelten Ist-Werte beurteilen zu können, ist die Dokumentation des Ablaufs der Datenerfassung notwendig. Aus diesem Grund sind zusätzlich die Rahmenbedingungen der Ermittlung wie Zeitraum, Qualität der Werte und Umfang (in Form der Anzahl und kumulierten Flächen) zu dokumentieren. Um Rückschlüsse auf die Ergebnisse ziehen zu können, soll ebenfalls eine Charakterisierung der Stichprobe, in Form definierter Gebäude-Kenngrößen (z.B. Fläche, Fassadentyp, Kubatur, ...) durchgeführt werden.

Um auf Entwicklungen reagieren zu können und gegebenenfalls effektive Maßnahmen einzuleiten, sind ebenso technische, soziale und wirtschaftliche Trends, die relevanten Einfluss auf die erfassten Ergebnisse haben können, zu erfassen und zu qualifizieren.

Für das definierte Kennzahlensystem wird in dieser Phase eine Datenerfassungsstruktur für die zu erfassenden Gebäude erarbeitet. Die Struktur soll sowohl die jeweiligen Ist-Werte der Gebäude-Ökobilanz-Ergebnisse erfassen, als auch die charakteristischen Kenngrößen. Die Stichprobe kann nach der Datenerfassung hinsicht-

lich durchschnittlicher Charakterisierung, zeitlicher Aspekte, Umfang und Datenqualität zur Qualifizierung der Stichprobe beschrieben werden.

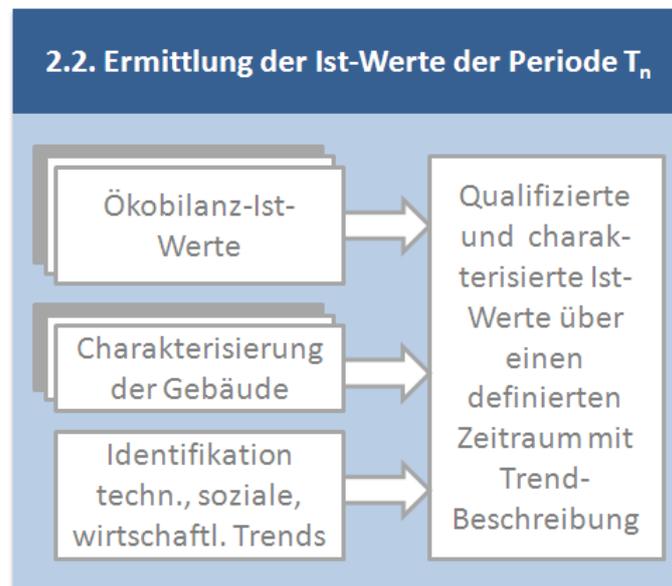


Abbildung 35: Phase 2 - Ermittlung der Ist-Situation

5.3.2.1 Kennzahlensystem

Es ist das Kennzahlensystem Gebäude-Ökobilanz anzuwenden. Dabei ist das gleiche System zu wählen, wie in Modul 1 definiert. Ist das Kennzahlensystem verändert worden, so ist dies zu dokumentieren und gegebenenfalls auch quantitativ in die Soll-Wertdefinition aufzunehmen.

5.3.2.2 Zeitraum der Datenerfassung

Der Zeitraum, in dem die Daten erfasst werden, ist zu dokumentieren. Der Zeitraum hat in Bezug zu den Soll-Werten zu stehen und den vorgegebenen Perioden der Datenerfassung zu entsprechen. Abweichungen hiervon sind zu dokumentieren und in späteren Analysen / Anwendungen der Werte zu beachten. Die Ist-Werte der Gebäude müssen derart dem Zeitraum entsprechen, als dass die Werte zu einem immer gleichen Zeitpunkt aufgenommen werden, dem Zeitpunkt der Baufertigstellung.

5.3.2.3 Umfang der Datenerfassung

Der Umfang der erfassten Gebäude ist zu dokumentieren. Zur Charakterisierung des Umfangs gehören:

- Anzahl der Gebäude (N) und
- kumulierte Fläche der erfassten Gebäude (BGFa, kumuliert).

5.3.2.4 Struktur der zu erfassenden Daten

Für die Gebäude-Ökobilanz-Kennwerte werden pro Gebäude und Indikator folgende Daten erhoben (Vorlage siehe Abbildung 36):^{†††}

- Ist-Wert Gesamtgebäude G_{ist} ,
- Ist-Wert für Konstruktion gesamt K_{ist} ,
- Ist-Wert für Herstellung H_{ist} ,
- Ist-Wert für Instandhaltung I_{ist} ,
- Ist-Wert für End-of-Life E_{ist} ,
- Ist-Wert Betrieb N_{ist} , untergliedert in Ist-Wert Strombedarf N_{Sist} und Wärmebedarf N_{Wist}

Datenerfassung Gebäude-Ökobilanz: Ökobilanz-Kennwerte		
Projektname / ID		
		Umweltindikator X
		Abkürzung Indikator
Ist- Werte		
G_{ist}	[Einheit/Bezugsgröße]	
K_{ist}	[Einheit/Bezugsgröße]	
H_{ist}	[Einheit/Bezugsgröße]	
E_{ist}	[Einheit/Bezugsgröße]	
I_{ist}	[Einheit/Bezugsgröße]	
N_{ist}	[Einheit/Bezugsgröße]	
N_{Sist}	[Einheit/Bezugsgröße]	
N_{Wist}	[Einheit/Bezugsgröße]	

Abbildung 36: Datenerfassungsblatt für ein Gebäude „Ökobilanz-Kennwerte“

Für die Statusanalysen und Abweichungsanalysen (Phase 2.3) und das Aufstellen von Maßnahmen (Phase 2.4) sind zusätzlich charakteristische Größen pro Gebäude zu ermitteln (siehe Abbildung 37). Die Angaben beschreiben:

^{†††} Für DGNB-geprüfte Gebäude gilt ohnehin für die DGNB-Auditoren, die Ist-Werte pro Gebäude wie im Anhang in Tabelle 24 dargestellt, für alle Ökobilanz-Indikatoren bereitzustellen.

- den Baukörper,
- Flächen und Volumina,
- die vertikalen Flächen,
- Art und Kennwerte der Energieversorgung.

Projektname / ID			
Baukörper	Rohbau-Typ		Typ
	Baustoffgewicht (bilanzierte Masse)		kg
	Anteil Holz am Gesamtgewicht		%
	Anteil Metall (ohne Bewehrung) am Gesamtgewicht		%
	Anteil Beton am Gesamtgewicht		%
	Überw. Typ Geschossdecken (mit Angabe Dicke)		Typ
	Flächengewicht der Decken (Durchschnitt)		kg/m ²
	Überw. Typ Innenwände		Typ
	Flächengewicht der Innenwände (Durchschnitt)		kg/m ²
	Dachtyp		Typ
Flächengewicht des Daches		kg/m ²	
Flächen und Volumina (nach DIN 277)	Brutto-Grundfläche (BGFa)		m ²
	Netto-Grundfläche (NGFa)		m ²
	Netto-Grundfläche gemäß EnEV		m ²
	A/V-Verhältnis		
	BRI		m ³
Vertikale Flächen	Überw. Typ der Fassade		Typ
	Flächengewicht der Fassade (Durchschnitt)		kg/m ²
	Verglasungsart		Typ
	Thermische Hüllfläche		m ²
Energieversorgung	Erstelldatum EnEV-Berechnung		Jahr
	Art der Wärmeerzeugung		Typ
	Energieträger Wärmeerzeugung		Typ
	Art der Kälteerzeugung		Typ
	Energieträger Kälteerzeugung		Typ
	Klimatisierung		Typ
	Endenergie gesamt		kWh/m ² a
	Heizwärmebedarf		kWh/m ² a
	Kühlenergiebedarf		kWh/m ² a
	Strombedarf (ohne Nutzer)		kWh/m ² a
	Endenergie Referenzgebäude EnEV		kWh/m ² a
Unterschreitung Vorgaben Referenzgebäude		%	

Abbildung 37: Datenerfassungsblatt für ein Gebäude "Charakteristische Kenngrößen"

5.3.2.5 Qualität der erfassten Daten

Die Qualität der erfassten Daten ist ein ausschlaggebendes Kriterium zur Bewertung der Ergebnisse. Um eine hohe Qualität zu gewährleisten, sind nur Daten zu erfassen, die einer externen Validierung unterzogen wurden. Eine externe Validierung hat zu prüfen, ob die Berechnungen für die Ermittlung der Ökobilanz-Ist-Werte konform der Regeln für das in Modul 1 beschriebene Kennzahlensystem durchgeführt wurden, ob die Datengrundlage den Regeln entspricht und ob die Kennzahlenermittlung den Anforderungen entspricht. Die Prüfung ist durch externe Experten, d.h. nicht am Projekt Beteiligte und in keiner geschäftlichen Beziehung zum Auftraggeber stehend, durchzuführen und zu dokumentieren.

5.3.2.6 Zusammenfassung der erfassten Daten einer Periode

Die für eine Periode zusammengetragenen Daten sind zusammenzufassen und zum Beispiel gemäß Abbildung 38 und Abbildung 39 strukturiert zu dokumentieren.

Datenerfassung Gebäude-Ökobilanz: Charakterisierung und Umfang der erfassten Daten			
Bezeichnung der Datenerfassung			
Kennzahlensystem	Gebäude-Ökobilanz gemäß...		
	Bewertung gemäß ...		
	Nutzungsvariante DGNB		
Zeitraumen	Zeitraumen der Erfassung		
	Perioden gemäß Zieldefinition		
Umfang	Anzahl Gebäude		
	Erfasste Fläche (BGFa kumuliert)		m ²
Datenqualität	Anteil DGNB geprüfte Gebäude		
	Art der Datenerfassung		
Charakterisierung	Durchschnittlicher Endenergiebedarf		kWh/m ² a
	Durchschnittlicher Heizwärmebedarf		kWh/m ² a
	Durchschnittlicher Kühlenergiebedarf		kWh/m ² a
	Durchschnittlicher Strombedarf		kWh/m ² a
	Durchschnittlicher Endenergiebedarf Referenzgeb.		kWh/m ² a
	Durchschnittliche Unterschreitung EnEV		%
	Typ und Anteil Energieträger Wärme 1		
	Typ und Anteil Energieträger Wärme 2		
	Typ und Anteil Energieträger Wärme 3		
	Typ und Anteil Energieträger Kälte 1		
	Typ und Anteil Energieträger Kälte 2		
	Typ und Anteil Energieträger Kälte 3		
	Typ und Anteil Rohbauart 1		
	Typ und Anteil Rohbauart 2		
	Typ und Anteil Rohbauart 3		
	Typ und Anteil Fassadenart 1		
	Typ und Anteil Fassadenart 2		
	Typ und Anteil Fassadenart 3		

Abbildung 38: Datenerfassungsblatt für die erfassten Gebäude einer Periode für die charakteristischen Werte

MODUL 2: Soll-Werte & Ist-Werte		
Zeitpunkt der Durchführung	Datum	
Periode	Nr.	
Zeitraum bis Zielerreichung	Jahre	
Dauer einer Periode	Jahre	
Stichprobenumfang Ist-Wert-Ermittlung	Anzahl Gebäude	
	Kumulierte BGF	
		Umweltindikator X
		Abkürzung Indikator
Soll-Werte (Phase 2.1)		
Ist-Werte Vorperiode		
Mittlere Ist-Werte (arith) Gesamt G_{ist}	[Einheit/Bezugsgröße]	
<i>Konstruktion K_{ist}</i>	[Einheit/Bezugsgröße]	
<i>Nutzung N_{ist}</i>	[Einheit/Bezugsgröße]	
10%-Perzentile	[Einheit/Bezugsgröße]	
25%-Perzentile	[Einheit/Bezugsgröße]	
Mediane (50%-Perzentile)	[Einheit/Bezugsgröße]	
75%-Perzentile	[Einheit/Bezugsgröße]	
90%-Perzentile	[Einheit/Bezugsgröße]	
Standardabweichung s	[Einheit/Bezugsgröße]	
Vorläufiger Soll-Wert S_{vorl}	[Einheit/Bezugsgröße]	
Bereiche gemäß 2.1		
A	[Einheit/Bezugsgröße]	
B	[Einheit/Bezugsgröße]	
C	[Einheit/Bezugsgröße]	
D	[Einheit/Bezugsgröße]	
E	[Einheit/Bezugsgröße]	
F	[Einheit/Bezugsgröße]	
Identifizierter Bereich Vorläufiger Soll-Wert	[A ... F]	
Periodenspezifischer Soll-Wert	[Einheit/Bezugsgröße]	
Länge der Folgeperiode	[Jahre]	
Ist-Werte (Phase 2.2)		
Ist-Werte aktuelle Periode		
Mittlere Ist-Werte (arith) Gesamt G_{ist}	[Einheit/Bezugsgröße]	
<i>Konstruktion K_{ist}</i>	[Einheit/Bezugsgröße]	
<i>Nutzung N_{ist}</i>	[Einheit/Bezugsgröße]	
10%-Perzentile	[Einheit/Bezugsgröße]	
25%-Perzentile	[Einheit/Bezugsgröße]	
Mediane (50%-Perzentile)	[Einheit/Bezugsgröße]	
75%-Perzentile	[Einheit/Bezugsgröße]	
90%-Perzentile	[Einheit/Bezugsgröße]	
Standardabweichung s	[Einheit/Bezugsgröße]	

Abbildung 39: Datenerfassungsblatt für die erfassten Gebäude einer Periode für die Phasen 2.1 und 2.2

5.3.3 Phase 2.3: Statusanalysen und Abweichungsanalysen

Für die ermittelten Ist-Werte der ökologischen Kennzahlen werden beschreibende statistische **Analysen des Status** durchgeführt. Zu diesen gehören tabellarische und graphische Darstellungen von Klassenhäufigkeiten, graphische Darstellung der Verteilung der Ergebnisse, Mittelwerte-Ermittlung für die Ist-Werte der Gesamt-Lebenswege der Gebäude und für einzelne Lebenswegphasen, Ermittlung der Mediane, 10%-, 25%-, 75%- und 90%-Perzentile der Gesamtgebäude-Ist-Werte. Des Weiteren werden in dieser Phase **Abweichungsanalysen** zu den Soll-Werten (aus Phase 2.1.) der korrespondierenden Periode durchgeführt und evaluiert, um die Stärke möglicher Abweichungen qualifizieren zu können. Es werden die ebenfalls in Phase 2.1. definierten Toleranzbereiche zur Abweichungsanalyse hinzugezogen. Treten stärkere Abweichungen auf, sind **Szenarienanalysen** für mögliche durchzusetzende Maßnahmen (siehe Phase 2.4.) und für das Eintreten technischer, sozialer oder wirtschaftlicher Trends durchzuführen. Diese Analysen sollten detaillierte Dominanzanalysen der ermittelten Ist-Werte beinhalten, um Rückschlüsse auf die identifizierten Abweichungen ziehen zu können.

In dieser Phase werden die Ergebnisse der Ist-Situation einer Statusanalyse unterzogen. Hierzu werden Klassenhäufigkeiten, Verteilungen, Mittelwerte und weitere Maßzahlen der Verteilung ermittelt. Die Ergebnisse werden interpretiert und anschließend mit den Soll-Werten und entsprechenden Toleranzen in einer Abweichungsanalyse verglichen. Eine „Ampeldarstellung“ erleichtert die Interpretation der Abweichungen. Werden Abweichungen festgestellt, die weit außerhalb des Toleranzbereichs liegen, so sind durch Szenarienanalysen potenzielle Änderungen der Soll-Werte oder Ziele zu diskutieren. Auch die Diskussion von Trends (zum Beispiel Technologiesprünge) und potenzielle Anpassungen der Systemgrenzen gehören in diesen Schritt der Analysen.

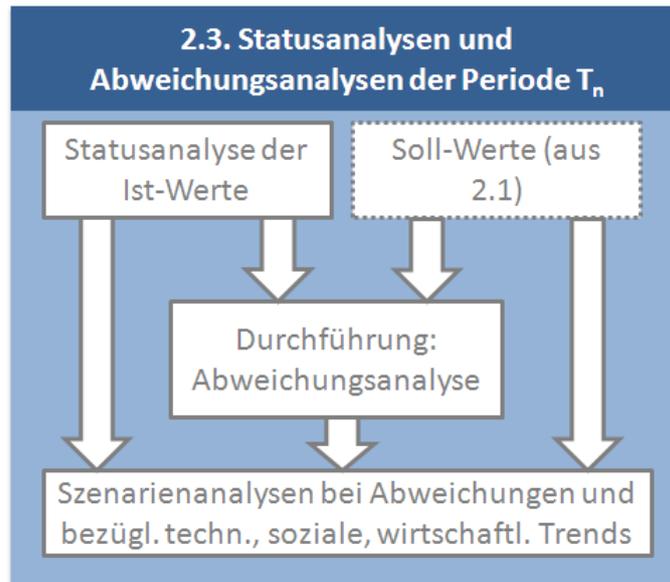


Abbildung 40: Phase 2.3 - Statusanalysen der Ist-Situation und Abweichungsanalyse

5.3.3.1 Statusanalyse der Ist-Situation

Um ein Verständnis zu erlangen, wie sich die real ermittelten Ist-Werte der Gebäude-Ökobilanzen darstellen und als Vorbereitung auf den Soll-Ist-Abgleich, ist eine Auswertung der Ist-Werte bezüglich Verteilungsfunktion (wie in Phase 2.1) vorzunehmen und entsprechende Maßzahlen zu ermitteln:

- Arithmetischer Mittelwert
- Median
- 10%-, 25%-, 75%- und 90%-Perzentil
- Standardabweichung

Des Weiteren sind die Klassenhäufigkeiten entsprechend Tabelle 12 für die Bereiche A – F je Indikator zu ermitteln und gegebenenfalls in einem Histogramm darzustellen. Mit der Ermittlung dieser Werte und Charakterisierungen sind die Grundlagen für den Abgleich der Soll-Werte wie in Tabelle 14 vorgegeben mit den Ist-Werten gelegt.

Tabelle 14: Charakterisierung des Ist-Wert-Abgleichs mit dem Soll-Wert

Ist-Wert befindet sich in Bereich...	Charakterisierung des Ist-Wertes	Handlungen und Soll-Wert für die Folgeperiode
A:	Sehr viel schlechtere Werte als geplant erreicht	Ziel-Zustandsverfehlung möglich, korrigierende Maßnahmen in Folgeperiode einleiten, Korrektur des vorläufigen Soll-Werts auf 25%-Perzentil-Wert des Ist-Wertes als Soll-Wert der Folgeperiode
B:	Viel schlechtere Werte als geplant erreicht	Untererfüllung möglich, Korrektur des vorläufigen Soll-Werts auf 25%-Perzentil-Wert als Soll-Wert der Folgeperiode
C:	Wenig schlechtere Werte als geplant erreicht	Vorläufiger Soll-Wert wird Soll-Wert der Folgeperiode
D:	Wenig bessere Werte als geplant erreicht	Vorläufiger Soll-Wert wird Soll-Wert der Folgeperiode
E:	Viel bessere Werte als geplant erreicht	Übererfüllung möglich, vorläufigen Soll-Wert wird Soll-Wert der Folgeperiode
F:	Sehr viel bessere Werte als geplant erreicht	Starke Übererfüllung möglich, bei wiederholter Übererfüllung (mehr als eine Periode) neuen (verstärkten) Ziel-Zustandswert ermitteln als neuen Ziel-Zustandswert definieren

5.3.3.2 Abweichungsanalyse

Für alle Indikatoren werden die Soll- und Ist-Werte gegenübergestellt. Hierfür eignet sich eine tabellarische Form. Der Abgleich hat neben der Darstellung der Werte ebenfalls die Stärke der Abweichung zu charakterisieren und zu ermitteln, ob sich die Abweichungen im Toleranzbereich befinden. Für alle Indikatoren sind

- (1) die mittleren Soll-Werte und die mittleren Ist-Werte abzugleichen,
- (2) die Abweichungen zu charakterisieren,
- (3) die Abweichung bezüglich der in Phase 1.3 definierten durchschnittlichen Änderung pro Periode zu charakterisieren,

- (4) zu identifizieren, ob der Ist-Wert innerhalb des Toleranzbereiches liegt,
- (5) eine Ampeleinastufung durchzuführen
- (6) und zu bestimmen, ob die Einleitung von Maßnahmen erforderlich wird.

MODUL 2.3: Soll-Ist-Abgleich									
Indikator Zeitpunkt des Soll-Ist-Abgleichs Dauer der Periode Durchschnittliche Änderung pro Periode / Funktion Ziel-Soll-Wert					Bezeichnung Datum Jahre % [Einheit/ Bezugsgröße]				
Soll-Ist-Abgleich	Soll-Werte (aus Phase 2.1)	Ist-Werte (aus Phase 2.2)	Toleranz- grenze	Abweichung Ist- zu Soll- Werten	Charakteri- sierung Abweichung Soll-/Ist-Werte	Charakteri- sierung Abweichung von durchschnittl.	Ist-Wert innerhalb Toleranz- grenze	Ampelein- stufung Toleranz- grenze	Maß- nahmen erforderlich
	[Einheit / Bezugs- größe]	[Einheit / Bezugs- größe]	[Einheit / Bezugs- größe]	% (Ist/Soll)	keine / sehr / schwache / starke Über- / Unterschreitung	keine / sehr / schwache / starke Über- / Unterschreitung	ja / nein	Rot = außerhalb Toleranz- bereich, Gelb = am Rande des Toleranz- bereiches, Grün = im Toleranz- bereich	ja / nein
Mittlere Werte Gesamt-								●	

Abbildung 41: Strukturierte Darstellung der Ergebnisse für Modul 2.3 „Soll-Ist-Abgleich“

Die Charakterisierungen der Abweichungen sind beschreibend einzustufen gemäß folgender Nomenklatur:

- Keine Abweichungen (0 – 1 %)
- Sehr schwache Abweichungen (1 – 2 %)
- Schwache Abweichungen (2 – 4 %)
- Moderate Abweichungen (4 – 6 %)
- Starke Abweichungen (6 – 10 %)
- Sehr starke Abweichungen (größer 10 %)

Die Ampeleinastufung für die Bewertung der Einhaltung des Toleranzbereiches ist nach folgendem Muster durchzuführen:

- Rot = Abweichung außerhalb Toleranzbereich
- Gelb = Abweichungen am Rande des Toleranzbereiches ($\pm 5\%$)

- Grün = Abweichungen im Toleranzbereich

Die Ersteinstufung, ob eine Einleitung von Maßnahmen zu erfolgen hat, kann auf Basis der nun vorliegenden Informationen durchgeführt werden.

Fall 1: Weisen die Ist-Werte keine stärkeren Abweichungen auf, so kann auf die Szenarioanalyse prinzipiell gemäß der Annahme, dass die Ziel-Soll-Werte erreicht werden, verzichtet werden.

Fall 2: Weisen die Ist-Werte positiv bewertete Abweichungen auf, also Abweichungen die zu einer Übererfüllung des Ziels führen kann, so kann entweder der angestrebte Entwicklungspfad angepasst werden, der Ziel-Soll-Wert korrigiert werden oder keine Anpassungen durchgeführt werden. Die Gründe für die Übererfüllung sind so genau wie möglich auf Grundlage der ermittelten Basiswerte – inklusive der technischen Kennwerte der Stichprobe – zu analysieren.

Fall 3: Weisen die Ist-Werte negativ bewertete Abweichungen auf, also Abweichungen die zu einem Nicht-Erreichen des Ziels führen kann, so sind externe Maßnahmen einzuleiten. Die Gründe für die Nicht-Erfüllung sind so genau wie möglich auf Grundlage der ermittelten Basiswerte – inklusive der technischen Kennwerte der Stichprobe – zu analysieren.

Fall 4: Werden Trends erwartet, die zu einer zukünftigen stärkeren Abweichung in einer der drei oben genannten Fälle führen können, vor allem für die nächsten Folgeperioden, so sollten die Auswirkungen dieser Trends in der Szenarioanalyse quantifiziert und bewertet werden.

Bei der Auswertung der Gebäude-Ökobilanz-Indikatoren muss, wie in Kapitel 2.4.3.5 erläutert, prinzipiell darauf geachtet werden, dass diese Indikatoren deskriptiver Natur sind und eine Prognosefähigkeit aus diesem Grund nicht gegeben ist. Ebenfalls erlaubt die Auswertung der Indikatoren auf der hier analysierten Ebene keine Kausalanalyse. Ein Rückgriff auf die Berechnungsmodelle sowie Informationen über verursachende Faktoren und deren Entwicklung wäre notwendig.

5.3.3.3 Szenarioanalyse

Mittels einer Szenarioanalyse sollten vor der Definition der Soll-Werte der Folgeperiode – vor allem auf externe Einflüsse – quantitativ analysiert und bewertet werden. Die Durchführung der Szenarioanalyse hat zum einen in den (im vorigen Kapitel definierten) Fällen 2 und 3 die identifizierten Gründe für Abweichungen und zum anderen zu erwartende Trends (Fall 4) hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Indikatorenentwicklung zu untersuchen.

Die Identifikation von Gründen, die zu einer Abweichung geführt haben, kann mit Hilfe von Dominanzanalysen unterstützt werden. Eine Dominanzanalyse einer Gebäude-Ökobilanz schlüsselt die Indikatorenergebnisse auf und weist einzelnen Bauelementen oder den Prozessen während Bau-, Nutzungs- oder Lebensendphase ihre prozentualen Anteile zum Gesamtergebnis zu und erlaubt so die Identifikation der am stärksten zum Ergebnis beitragenden Phasen oder Elemente des Lebensweges des Gebäudes. Idealerweise lassen sich aus diesen Dominanzanalysen Vergleichswerte für einzelne Lebenswegphasen oder Bauelemente ermitteln.

In Szenarien können dann auf Basis anzunehmender technischer Veränderungen, politischer Vorgaben oder ökonomischer Entwicklungen die Indikatorenergebnisse entweder auf Einzel-Modell-Ebene analysiert werden und zum Beispiel den Konstruktions- oder Nutzungskennwerten zugeordnet werden, oder auf Basis der Gesamtindikatoren-Ergebnisse Zu- bzw. Abschläge addiert bzw. subtrahiert werden.

Beispiele für die zu untersuchenden Elemente einer solchen Szenarioanalyse sind:

- Zu erwartende Technologiesprünge durch den Einsatz von Gebäudeautomation, neuer Materialien oder Herstellprozesse
- Zu erwartende Energiepreisentwicklungen und damit verbundene Effizienzsteigerungen
- Zu erwartende politisch motivierte Förderungen zum Beispiel im Bereich Klein-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen
- Zu erwartende Material- oder Stoffverbote zum Beispiel im Bereich Kältemittel

Auf Basis von Einschätzungen, welche gesundheitlich, technisch, politisch oder wirtschaftlich motivierten Entwicklungen die höchsten Eintrittswahrscheinlichkeiten aufweisen ist für die Szenarioanalyse das zu untersuchende Szenario detailliert auszuweisen und zu begründen und quantitativ in seiner Auswirkung zu definieren.

Aus der Kombination (Einfluss und neue Entwicklungen) können dann entsprechende Anpassungen der Zwischen-Sollwerte und eventuell der langfristigen Zielwerte abgeleitet werden. Durch den Einbezug sozialer, technischer und ökonomischer Faktoren wird sichergestellt, dass die ökologischen Zielwerte im gesellschaftlichen Kontext formuliert und mit Entwicklungen abgeglichen sind. Damit können also ökologische Zielwerte am ökonomischen, sozialen oder technischen Optimum definiert werden.

Sollten Entwicklungen verlangen, dass das in Modul 1 definierte Analysemodell geändert werden muss, so sind die Auswirkungen im Rahmen von Szenarioanalysen zu evaluieren. Sollten beispielsweise massenrelevante Rohstoffe für die Konstruktion sehr plötzlich knapp werden, die bislang kurze Transportwege hatten und somit ohne Auswirkungen des Transports in die Indikatorenergebnisse eingeflossen sind, so sollte in einer Szenarioanalyse erst der Einfluss des Einbezugs des Transports aller Materialien untersucht werden bevor die Ermittlungsmethodik geändert wird und somit die Vergleichbarkeit der Orientierungswerte nicht mehr gegeben ist.

5.3.3.4 Soll-Wert-Definition für Folgeperiode

Werden keine Abweichungen festgestellt, so können auf Basis der in der Statusanalyse aufbereiteten statistischen Maßzahlen die Soll-Werte für die Folgeperiode entsprechend definiertem Vorgehen in Phase 2.1 durchgeführt werden. Die detaillierten Schritte sind Kapitel 5.3.1 zu entnehmen. Die Definition der Soll-Werte der Folgeperiode ist entsprechend der Charakterisierung der Ist-Werte vorzunehmen. Die Vorgaben für die initialen Soll-Werte sind Tabelle 14 (oben) zu entnehmen und in Abbildung 42 prinzipiell dargestellt.

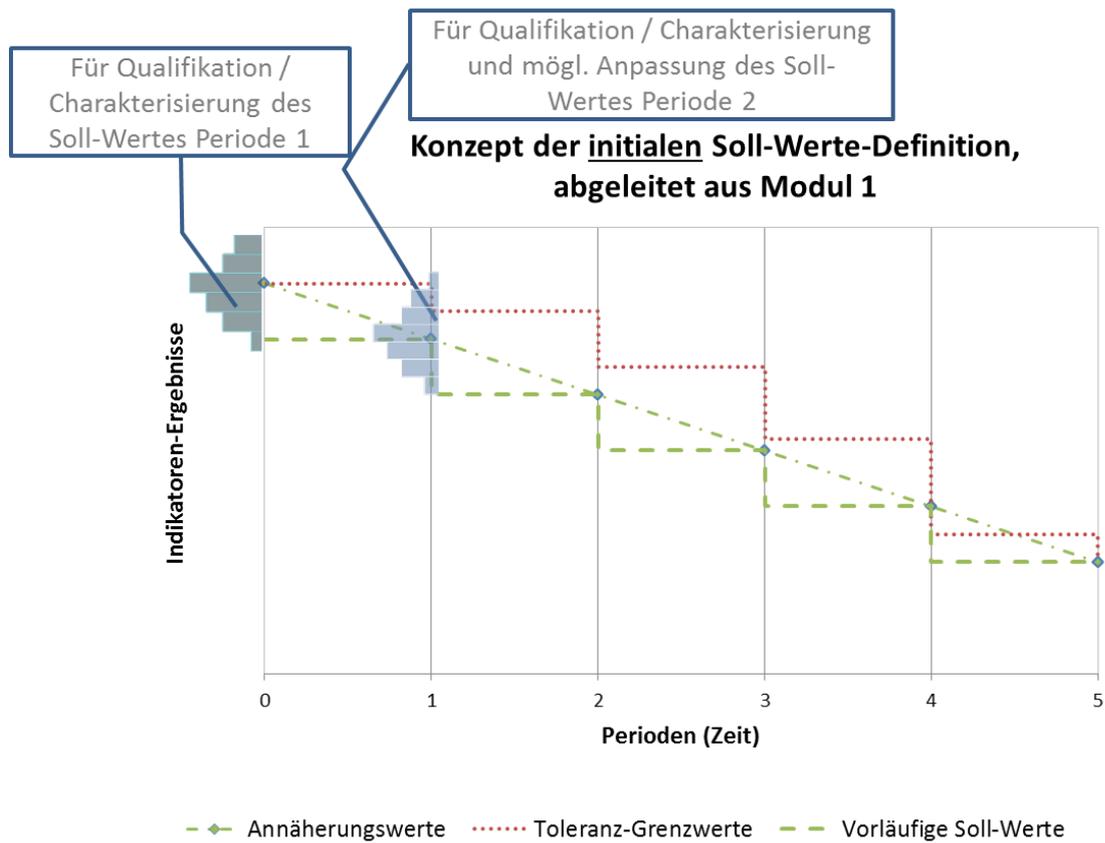


Abbildung 42: Konzept der initialen, aus Modul 1 abgeleiteten Soll-Werte-Definition

Das Prinzip der periodenspezifischen Soll-Werte ist beispielhaft für fünf Perioden in Abbildung 43 dargestellt. Beispielhaft ist dort auch zu grafisch zu entnehmen, wie Korrekturen des vorläufigen Soll-Wertes nach oben oder unten durchzuführen sind. In dem Beispiel der Abbildung wird in Periode 2 wegen sehr viel schlechteren Ergebnissen der Vorperiode (hellgrüne Verteilungsfunktion) als geplant der periodenspezifische Soll-Wert nach „oben“ korrigiert und in Periode 3 wegen sehr viel besseren Ergebnissen der Vorperiode (dunkelgraue Verteilungsfunktion) als geplant wird er nach „unten“ korrigiert.

Konzept der periodenspezifischen Soll-Werte, abgeleitet aus Ist-Werteverteilung

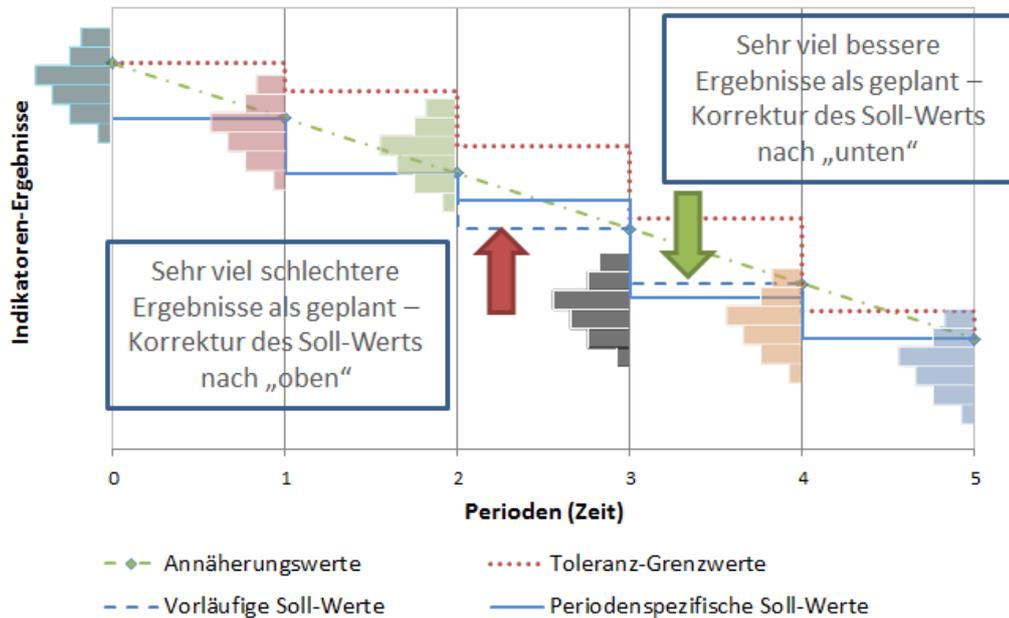


Abbildung 43: Konzept der periodenspezifischen Soll-Werte als Ergebnis der Analysen der Vorperioden

Werden relevante Abweichungen festgestellt, die Änderungen der Ziel-Soll-Werte erfordern oder sollten die Zwischen-Soll-Werte darauf hindeuten, dass das langfristige Ziel nicht erreicht werden kann, sind „schärfer formulierte“, proaktive Sollwerte für die nächste Periode zu setzen, um langfristig wieder eine Annäherung an den angestrebten Entwicklungspfad zu erreichen. Ergebnisse von durchgeführten Szenarienanalysen sollen in die Definition der Soll-Werte einfließen.

5.3.4 Phase 2.4: Aufstellen von Maßnahmen

Werden relevante Abweichungen identifiziert, ist ein **Maßnahmenkatalog** aufzustellen, der die Aktionen auflistet, die bestmöglich zur Annäherung an den angestrebten Entwicklungspfad führen.

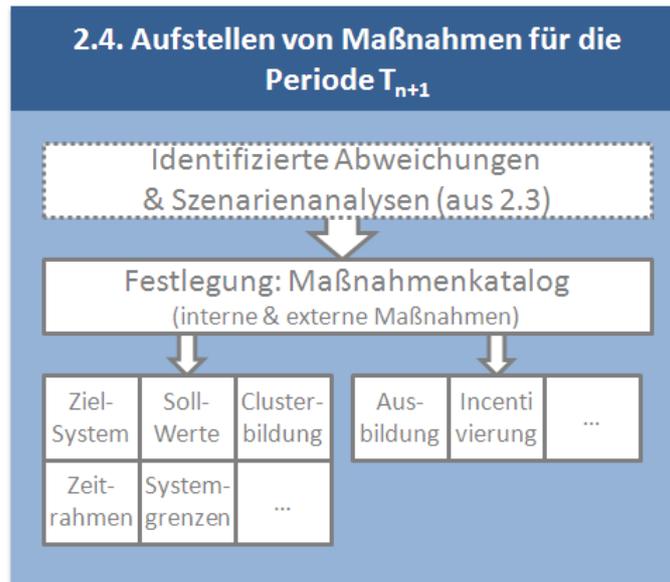


Abbildung 44: Aufstellen von Maßnahmen auf Basis der Abweichungs- und Szenarioanalysen

5.3.4.1 Erstellung eines Maßnahmenkatalogs

Sind Abweichungen identifiziert worden, die außerhalb des definierten Toleranzbereiches liegen, so führt dies zu dem Aufsetzen von Maßnahmen. Die in Phase 2.3 hierzu durchgeführten Szenarienanalysen liefern die Basis für die Entscheidungen, welche Maßnahme(n) durchgeführt werden soll, um zur geplanten Zielerreichung zu gelangen.

Zu den Maßnahmen können „methoden-externe“ Maßnahmen als Bestandteil des Katalogs sein, wie

- Einführung von Anreizsystemen wie Auszeichnungen, Förderungen, verbesserten Kreditvergaben,
- Verstärkung von Wissenstransfer zu den Planern und Ausführenden oder
- Initiierung und Einführung entsprechender gesetzlicher Anforderungen.

Auch können „methoden-interne“ Anpassungen dazu gehören, wie

- Differenzierung des Kennzahlensystems wenn detaillierte Status-Analysen eindeutige Cluster aufzeigen, für die eigene Zielwerte definiert werden können,
- Anpassung der Systemgrenzen.

Anpassungen der Zieldefinitionen und des Zeitrahmens sollte nicht für eine Korrektur „nach oben“ durchgeführt werden, also wenn die Zieldefinitionen schlechtere Werte anstreben oder zu späteren Zeitpunkten erfüllt werden. Ist zu beobachten, dass die Ziele nicht erreicht werden, so ist eine frühzeitige und systematische Kommunikation zu der Gruppe notwendig und möglich, die die Ziele definiert hat.

Externe Maßnahmen sprechen in der Regel sehr lange Zeithorizonte an. Des Weiteren sollte beachtet werden, dass es oft schwierig sein kann, die Kausalzusammenhänge zwischen Maßnahme und ermittelten Werten darzustellen.

Es kann ebenso der Fall auftreten, dass **keine Maßnahmen** durchgeführt werden müssen.

Prinzipiell sollte unterschieden werden, ob die Abweichungen „positiv“, also verstärkend wirken (das Ziel wird schneller erreicht) oder „negativ“, also abschwächend (das Ziel wird langsamer erreicht).

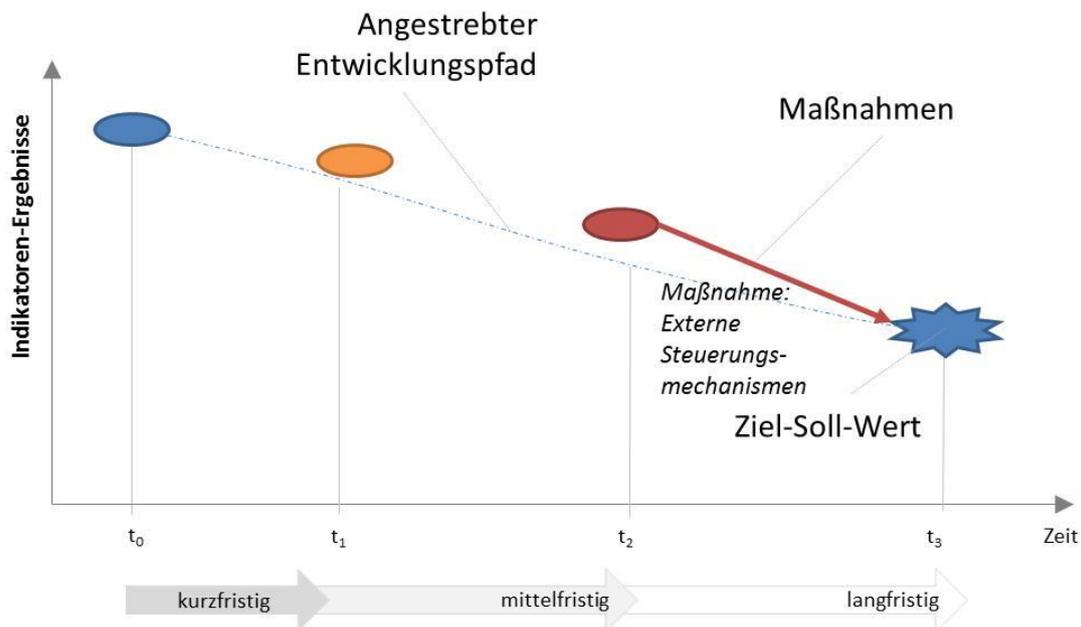


Abbildung 45: Negativ beurteilte Abweichungen vom Entwicklungspfad außerhalb des Toleranzbereichs haben korrigierende Maßnahmen auszulösen

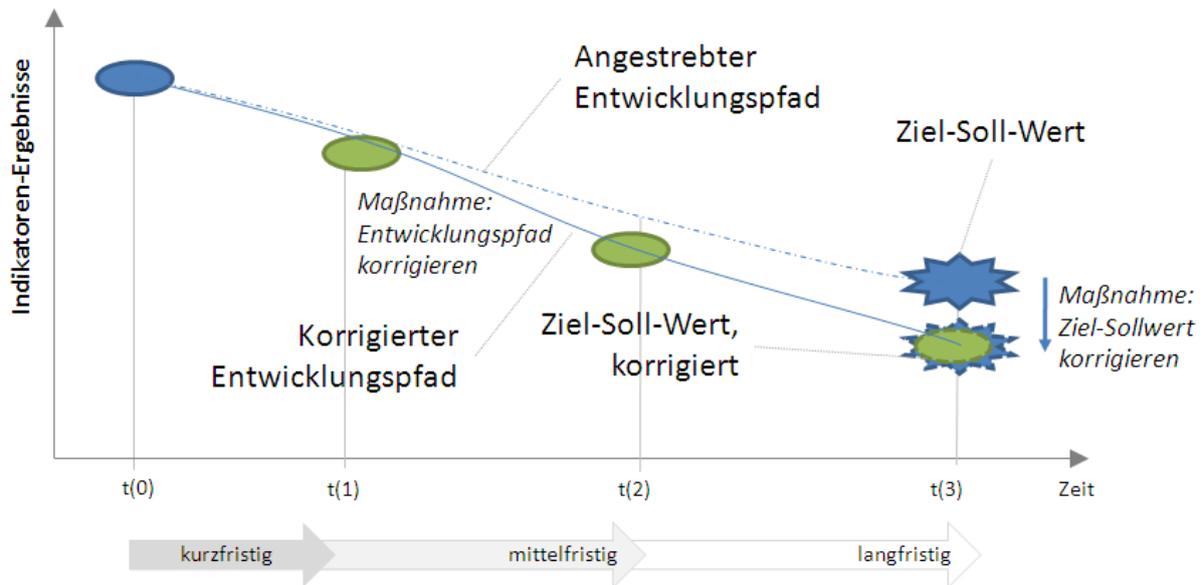


Abbildung 46: Positiv beurteilte Abweichungen vom Entwicklungspfad können korrigierende Maßnahmen auslösen

Sind die Abweichungen sehr stark negativ kann es unter Umständen sinnvoll sein, als Maßnahme eine Verschärfung der Soll-Werte der Folgeperioden zu überhöhen (siehe auch 5.3.3.4).

5.4 Ablaufschema für die Umsetzung der Methode

Für die Umsetzung der Methode sind beide Module anzuwenden. Initial sind für Modul 1 alle beschriebenen Phasen durchzuführen (siehe Abbildung 47). Wichtig ist hierbei die erstmalige Festlegung des Indikatoren- und Berechnungssystems. Modul 1 ist für das erstmalige Setzen langfristiger Benchmarks (Ziel-Werte) notwendig. Der angestrebte Entwicklungspfad ist für den periodischen Abgleich im Rahmen der Durchführung des Moduls 2 notwendig und hilft, die Erfüllung des langfristigen Ziels zu steuern.

Für das Monitoring gesetzter Benchmarks ist Modul 2 entsprechend der festgesetzten Periodendauern durchzuführen (siehe Abbildung 48). Sind beispielsweise Zielwerte für einen Zeitraum von zehn Jahren in Modul definiert und ein zweijähriger Überprüfungszyklus für die Sollwerte, so ist Modul 2 fünfmal durchzuführen.

Die Anwendung der Methode kann als abgeschlossen bezeichnet werden, wenn für die letzte Periode die Ist-Werte ermittelt wurden und die letzten Status- und Abweichungsanalysen durchgeführt wurden. Spätestens zu diesem Zeitpunkt werden die initialen Zielwerte wieder hinzugezogen und ermittelt, ob diese erreicht wurden.

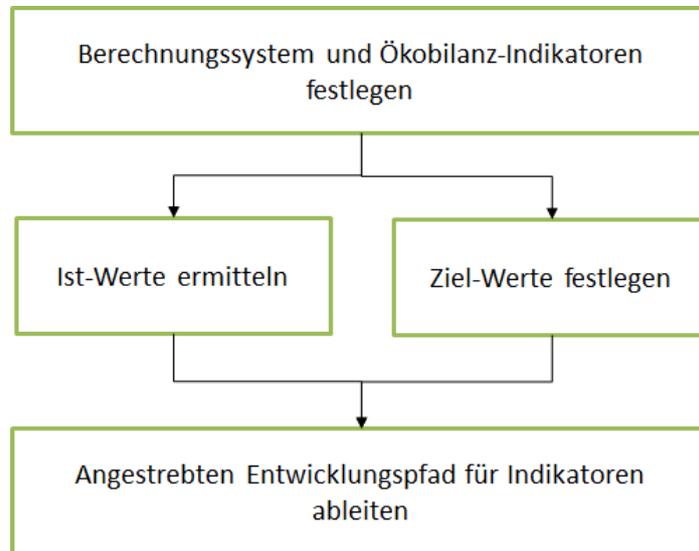


Abbildung 47: Ablaufschema Modul 1

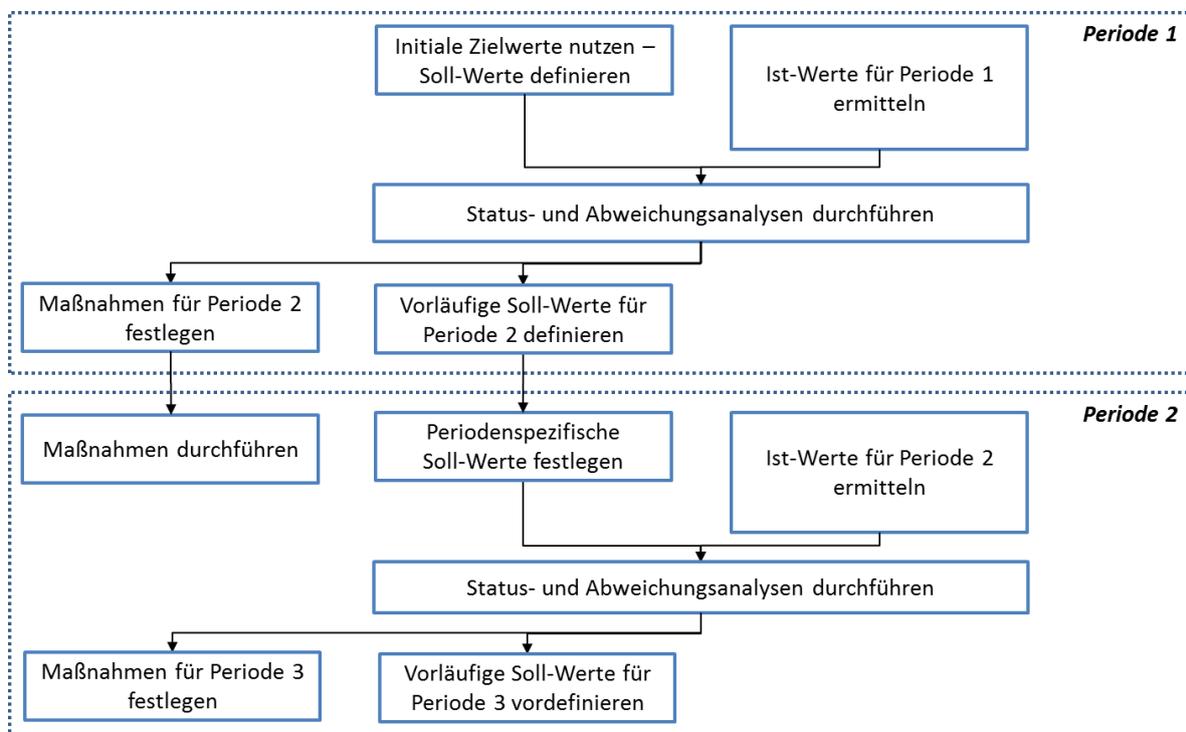


Abbildung 48: Ablaufschema Modul 2 für Monitoring gesetzter Benchmarks (beispielhaft für die Perioden 1 und 2)

6 Anwendungsbeispiel der Methode

Für den Immobilientyp „Büro- und Verwaltungsgebäude“ in Deutschland wird die Methode für den Indikator Treibhauspotenzial (GWP) beispielhaft angewandt. Für die „junge“ Disziplin Gebäude-Ökobilanz liegen, wie oben ausgeführt, bislang wenig konsistente Ergebnisse vor. Die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. (DGNB) und das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) haben seit 2009 eine einheitliche Gebäude-Ökobilanz-Methode im Rahmen von Gebäude-Bewertungen angewandt. Anhand vorliegender Ergebnisse aus der gemeinsamen „Pilotphase“ der Jahre 2008 – 2009 und weiterer Ergebnisse aus den Jahren 2010 – 2011 der DGNB wird die Methode angewandt. Entsprechend den vorliegenden Daten wird das Modul 1 sowie die Evaluierung einer Periode im Modul 2 durchgeführt. Die weitere Anwendung von Modul 2 erfolgt danach analog und wird im Rahmen dieses Anwendungsbeispiels nicht adressiert.

Die vorliegenden Daten lassen die Anwendung des Moduls 1 und die Evaluierung einer Periode im Modul 2 zu. Es wurde auf eine noch längerfristige Anwendung aus Gründen der Fertigstellung der Dissertation verzichtet.

6.1 Anwendung Modul 1: Übergeordnetes Zielsystem

6.1.1 Anwendung Phase 1.1: Die Ermittlung des Ist-Zustands und Rahmensetzung

(1) Struktur der Indikatoren und des Kennzahlensystems

Für das Anwendungsbeispiel wird die **Struktur der Indikatoren und des Kennzahlensystems** (1) im Folgenden festgelegt.

Kennzahlensystem: Berechnungsregeln und Systemgrenzen gemäß Abschnitt 2.4.3.2 (Gebäude-Ökobilanz gemäß DGNB)

Indikator: Treibhauspotenzial (GWP)

(2) Initiale Ist-Zustands-Ermittlung

Für die **initiale Ist-Zustands-Ermittlung** wird auf Ergebnisse der Pilotphase der DGNB im Jahr 2008 - 2009 zurückgegriffen.

Tabelle 15: Charakterisierung der Stichprobe A für die Erfassung der initialen Ist-Werte

Charakterisierung der Datenerfassung	„Auswahl Stichprobe A“
Verwendetes Ermittlungssystem	Gebäude-Ökobilanz gemäß DGNB (NBV08)
Zeitraumen der Datenerfassung	Pilotphase der DGNB (Okt. bis Dez. 2008)
Umfang der Datenerfassung	12 Bürogebäude; BGF gesamt: 197.449 m ²
Art der Datenerfassung	DGNB-geprüfte Ergebnisse aus Zertifizierungen

(3) Statistische Beschreibung des initialen Ist-Zustands

Die Ökobilanzergebnisse und eine statistische Beschreibung (3) des initialen Ist-Zustands der Stichprobe A lässt sich Tabelle 16 entnehmen.

Tabelle 16: Initiale Ist-Werte für Ökobilanz-Indikator GWP für Stichprobe A (Initiale Auswahl)

Ist-Zustand (Phase 1.1)	Treibhauspotenzial
	GWP
Initiale Ist-Werte	[kg CO ₂ e/m ² NGFa*a]
Mittlere Ist-Werte (x_{arith}) Gesamt G_{ist}	39,7 (n = 12)
<i>Konstruktion K_{ist}</i>	11,3 (n = 11)
<i>Nutzung N_{ist}</i>	29,8 (n = 10)
10%-Perzentil	27,8
25%-Perzentil	31,4
Median (50%-Perzentil)	36,6
75%-Perzentil	41,2
90%-Perzentil	51,5
Standardabweichung s	14,1
Zeitpunkt Ist-Wertermittlung	2009

Es ist darauf hinzuweisen, dass die Ergebnisse auf lediglich 12 Gebäuden beruhen und damit eine beschränkte Aussagefähigkeit haben. Dennoch beschreibt auch diese geringe Anzahl von Gebäuden eine typische Situation bei Beginn der Einführung einer neuen Methode. Im Folgenden sind grafische Darstellungen der Ergebnisse abgebildet. Es ist ebenfalls darauf hinzuweisen, dass der maximale GWP-Wert bei dem Gebäude zu beobachten ist, welches die geringste Nutzfläche aufweist.

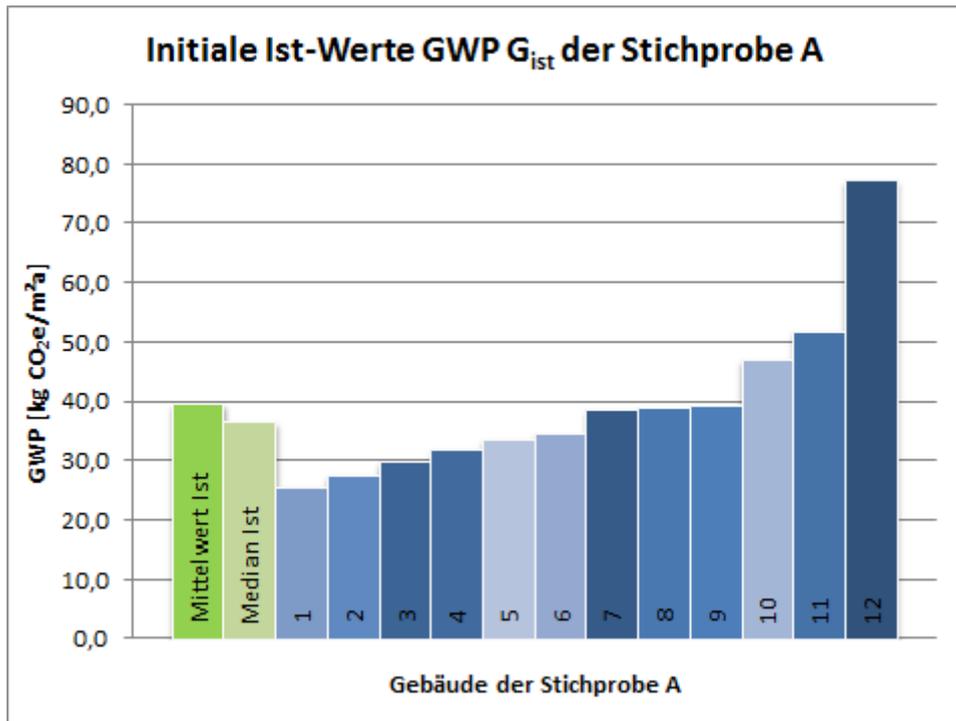


Abbildung 49: Ergebnisse für Indikator GWP der Stichprobe A der einzelnen Gebäude, inklusive arithmetischem Mittelwert und Median

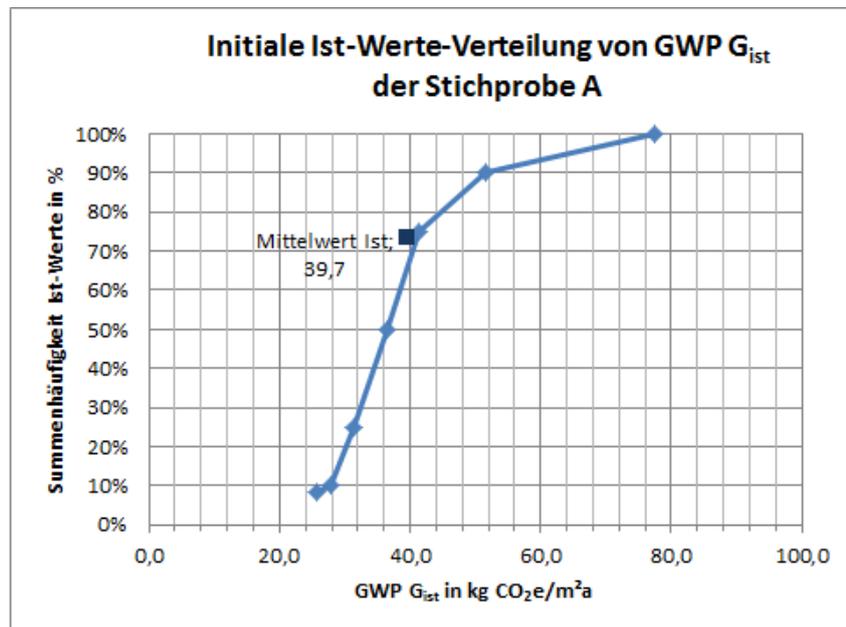


Abbildung 50: Verteilung der Ist-Werte für GWP der Stichprobe A, inklusive Abbildung des arithmetischen Mittelwerts

6.1.2 Anwendung Phase 1.2: Definition des Zielzustands

(1) Basisannahmen und Argumentation für die Definition des Ziel-Zustandes je Indikator (Motivation):

Die initialen Indikatorenergebnisse für GWP zeigen, dass ca. ein Viertel der berechneten CO₂-Äquivalente durch die Konstruktion (GWP_{Kist}) bedingt ist, ca. drei Viertel sind bedingt durch Nutzung von Strom und Wärme. Für die Regulierung des Energiebedarfs von Gebäuden wurde 2010 die „Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung)“ verabschiedet [83]. In dieser Richtlinie (auch „EU Gebäuderichtlinie“ bezeichnet) wird gefordert, dass ab dem Jahr 2020 nur noch sogenannte „Niedrigstenergiegebäude“ (auch „Fast-Nullenergiegebäude“ genannt) errichtet werden dürfen. Die genaue Definition je Mitgliedstaat steht noch aus. Die in die Berechnungen einzubeziehenden Faktoren fokussieren jedoch auf den Wärmebedarf der Gebäude. Definition laut Richtlinie: *„Niedrigstenergiegebäude“ (bezeichnet) ein Gebäude, das eine sehr hohe, nach Anhang I bestimmte Gesamtenergieeffizienz aufweist. Der fast bei null liegende oder sehr geringe Energiebedarf sollte zu einem ganz wesentlichen Teil durch Energie aus erneuerbaren Quellen – einschließlich Energie aus erneuerbaren Quellen, die am Standort oder in der Nähe erzeugt wird – gedeckt werden.* [83]

Die initialen Ist-Werte erlauben keine Aussage über die Verteilung der GWP-Werte, ob sie durch Strom oder Wärme bedingt sind. Prinzipiell bedeutet dies für die Zielwerte, dass die Richtlinie nur einen Anteil der berechneten Lebenszyklus-Emissionen anspricht. Die anderen Anteile sind Emissionen bedingt durch den Strombedarf und Emissionen durch die Konstruktion.

Als Ziel für die CO₂-Emissionen des Strombedarfs können die im Dezember 2008 für 2020 formulierten politischen Ziele von 20 % Reduktion der Treibhausgasemissionen gegenüber 1990, 20 % Steigerung der Energieeffizienz und 20 % einen Anteil von 20 % erneuerbarer Energien am Gesamtenergieverbrauch zu erreichen, genutzt werden. Heutige Studien gehen davon aus, dass diese Ziele erreicht werden. Da jedoch keine historischen Ökobilanz-Werte für das Jahr 1990 vorliegen, könnte unter der vereinfachten Annahme, die in 2008 ermittelten Werte als Basis genutzt werden. Hierfür bedarf es jedoch einer Teilung der Treibhausgasemissionen in strom- und

wärmebedingte Emissionen. Für die konstruktionsbedingten Treibhausgasemissionen ließen sich aus den politischen Zielformulierungen ebenfalls Ziele ableiten. Da jedoch ein Teil der hier verbauten Materialien nicht in Deutschland oder der Europäischen Union hergestellt werden (zum Beispiel Metalle), könnte hier noch differenziert werden. Da die Systemgrenzen jedoch auch das Recycling der Materialien und Instandhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen betrachten, können entsprechende technische Lösungen umgesetzt werden, die ambitionierte Zielwerte für die Konstruktion verlangen.

Zusammenfassend lässt sich aussagen, dass die Detailtiefe der Auswertungen es nur bedingt erlaubt, technisch motivierte Zielwerte zu definieren. Aus diesem Grund wird ein genereller Ansatz, kombiniert mit den Anforderungen der EU Gebäuderichtlinie, zur Definition der Zielwerte vorgeschlagen, der sich an den politischen Zielen orientiert.

(2) Zeitpunkt der Erreichung des Ziel-Zustandes (ti):

Festgelegt wird das Jahr 2030.

(3) Generelle Entwicklungsrichtung für Indikator:

Für den Indikator Treibhauspotenzial ist eine Reduktion anzustreben.

(4) Quantitativer Ziel-Sollwert für Indikator (Vergleichswert):

- Konstruktion: Anteil ca. ein Viertel an den Gesamtemissionen, Reduktion bis 2030 um 20 % bezogen auf initialen Wert
- Wärme: Anteil geschätzt mindestens 50 % an den Emissionen der Nutzungsphase (entspricht somit ca. 38 % an den Gesamtlebenszyklus-Emissionen), Reduktion bis 2030 auf Null
- Strom: Anteil geschätzt maximal 50 % an den Emissionen der Nutzungsphase (entspricht somit ca. 37 % an den Gesamtlebenszyklus-Emissionen), Reduktion bis 2030 um 50 % bezogen auf initialen Wert (Strom gemäß deutscher Klimaschutzziele soll 2030 zu 50 % aus erneuerbaren Energieträgern erzeugt werden) [84]

Resultierender Zielwert für 2030 (GWP_{GZiel}): 16,5 kg CO₂-Äquivalente / m² *a

Tabelle 17: Definition des Ziel-Zustands für den Indikator Treibhauspotenzial

	Treibhauspotenzial
	GWP
Ziel-Zustand (Phase 1.2)	
Zielsetzungs-Motivation	Europapolitische Klimaschutzziele erreichen, Fast-Nullenergie-Standard 2020
Art der Zielsetzung	Extern motiviert
Richtung der Zielsetzung	vermindern
Art des Vergleichswerts	Prozentualer Anteil von Bezugswert erreichen
Bezugswert	Initialer Ist-Wert Gesamt G _{ist}
Quantitative Änderung	-58%
Ziel-Sollwerte	[kg CO ₂ e/m ² NGFa*a]
Gesamt-Gebäude	16,5
<i>Konstruktion</i>	9,0
<i>Nutzung</i>	7,5
Zeitpunkt der Zielerreichung	2030

6.1.3 Anwendung Phase 1.3: Ableitung angestrebter Sollwert-Entwicklungspfade

Auf Basis der Festlegungen in Phase 1.1 und 1.2 wird der Entwicklungspfad für den Indikator Treibhauspotenzial als lineare Funktion ermittelt. Für die angesetzte quantitative Reduktion von 58 % (bezogen auf den initialen Ist-Wert) leitet sich eine jährliche Reduktion von 2,8 % ab. Pro Periode mit einer Periodenlänge von 2 Jahren, bedeutet dies 5,6 % Reduktion je Periode.

Die resultierenden Annäherungswerte je Periode sind in Tabelle 18 aufgelistet.

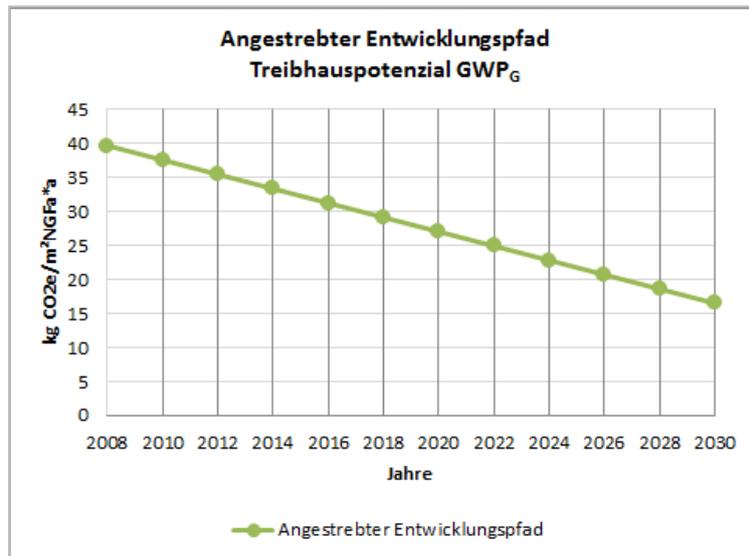


Abbildung 51: Angestrebter Entwicklungspfad für den Indikator Treibhauspotenzial

6.1.3.1 Anwendung Toleranzbereich

Mit Hilfe der Punkte A (2008 | 39,7), B (2030 | 16,5) und C (2036,8 | 0) lässt sich die Formel für eine parabelförmige, nach unten gebogene Funktion für die Definition der Toleranzgrenze oberhalb des angestrebten Entwicklungspfads grafisch ermitteln.

Formel 5: Toleranzgrenze für Indikator Treibhauspotenzial

$$f(x) = -0,0479 * (x - 2008)^2 + 39,7$$

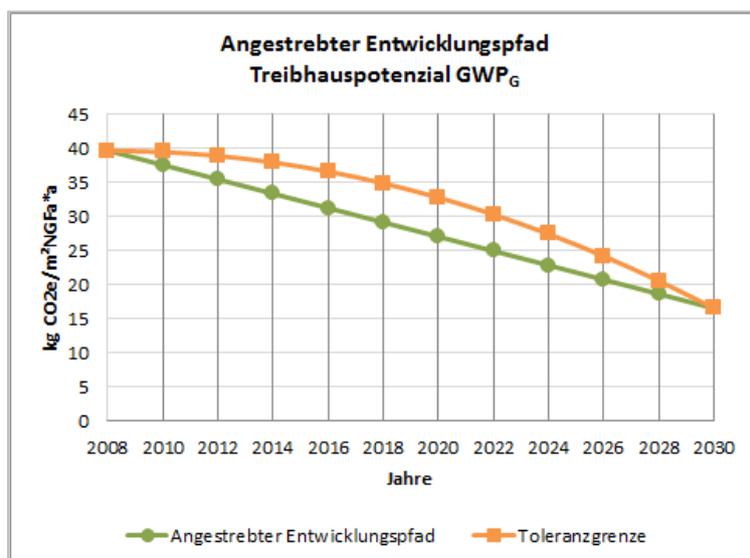


Abbildung 52: Angestrebter Entwicklungspfad und Toleranzgrenze für den Indikator Treibhauspotenzial

Diese Toleranzgrenze wird in Modul 2 verwendet, um die Zielerreichung zu verfolgen und frühzeitig Hinweise darauf zu bekommen, dass diese gefährdet sein kann.

Tabelle 18: Angestrebter Entwicklungspfad und Toleranzbereich für den Indikator Treibhauspotenzial

	Treibhauspotenzial
	GWP
Entwicklungspfad (Phase 1.3)	
Durchschnittliche Änderungsrate pro Jahr	-2,8%
Durchschnittliche Änderungsrate pro Periode	-5,6%
Annäherungs- und Ziel-Sollwerte G_{Soll}	[kg CO ₂ e/m ² NGFa*a]
Initialer Ist-Wert 2008	39,7
Annäherungswert 2010/2011	37,6
Annäherungswert 2012/2013	35,5
Annäherungswert 2014/2015	33,4
Annäherungswert 2016/2017	31,3
Annäherungswert 2018/2019	29,2
Annäherungswert 2020/2021	27,0
Annäherungswert 2022/2023	24,9
Annäherungswert 2024/2025	22,8
Annäherungswert 2026/2027	20,7
Annäherungswert 2028/2029	18,6
Erreichter Ziel-Sollwert 2030	16,5
Toleranzbereich	$f(x) = -0,0478 * (x - 2008)^2 + 39,7$
Toleranzgrenze 2010/2011	39,7
Toleranzgrenze 2012/2013	39,51
Toleranzgrenze 2014/2015	38,93
Toleranzgrenze 2016/2017	37,97
Toleranzgrenze 2018/2019	36,63
Toleranzgrenze 2020/2021	34,91
Toleranzgrenze 2022/2023	32,80
Toleranzgrenze 2024/2025	30,30
Toleranzgrenze 2026/2027	27,43
Toleranzgrenze 2028/2029	24,17
Erreichter Ziel-Sollwert 2030	16,5

6.2 Anwendung Modul 2: Zielsystem der Ermittlungsperioden

Das Modul 2 wird entsprechend der Anzahl der Ermittlungsperioden nach der initialen Ist-Wert und Zielwert-Definition wiederholt. Für dieses Beispiel ist das Modul 2

zehnmal durchzuführen. Aufgrund der Datenverfügbarkeit und des beispielhaften Charakters der Anwendung wird das Modul 2 jedoch nur einmal für die erste Ermittlungsperiode 2010 – 2011 durchgeführt.

6.2.1 Anwendung Phase 2.1 (Periode 1): Definition der Soll-Werte

(1) Verteilungsfunktion der Ist-Werte der Vorperiode aufstellen:

Die Werte der Vorperiode sind die der initialen Ist-Wert-Ermittlung. Die entsprechenden Zahlenwerte sind Tabelle 16 zu entnehmen, grafische Auswertungen sind in Abbildung 49 und Abbildung 50 dargestellt.

(2) Durchschnittlichen Perioden-Änderungswert aus Phase 1.3 auf arithmetischen Ist-Mittelwert ansetzen bzw. Annäherungswert für Bestimmung des „vorläufigen Soll-Wertes“ nutzen:

Der vorläufige Soll-Wert für den Indikator Treibhauspotenzial der ersten Ermittlungsperiode entspricht dem „Annäherungswert 2010 / 2011“ in Tabelle 18 von **37,6 kg CO₂-Äquivalente / m² NGFa * a**.

(3) Abgleich des „vorläufigen Soll-Wertes“ mit Bereichen der Verteilungsfunktion der Ist-Werte der Vorperiode und Identifikation des Bereiches, in welchem sich der „vorläufige Soll-Wert“ befindet:

Der vorläufige Soll-Wert für GWP von 37,6 kg CO₂-Äquivalente / m² NGFa * a liegt oberhalb des Medians und unterhalb des 75% Perzentils im **Zuordnungsbereich D** (siehe Tabelle 19).

(4) Periodenspezifischen Soll-Wert festsetzen:

Festlegung des periodenspezifischen Soll-Wertes auf Basis der Anforderungen in Tabelle 13 erfordert eine Anpassung des vorläufigen Soll-Wertes auf den **Median** der aktuell abgeschlossenen Periode. Der **periodenspezifische Soll-Wert** wird bei **36,6 kg CO₂-Äquivalente / m² NGFa * a** festgesetzt.

(5) Länge der Folgeperiode definieren:

Die Folgeperiode beträgt zwei Jahre.

Zusammenfassende Ergebnisse der Phase 2.1. (Periode 1):

Tabelle 19: Ergebnisse für Phase 2.1 – Definition der Soll-Werte für Periode 1

	Treibhauspotenzial
	GWP
Soll-Werte (Phase 2.1)	
(1) Ist-Werte Vorperiode	[kg CO ₂ e/m ² NGFa*a]
Mittlere Ist-Wert (x_{arith}) Gesamt G_{ist}	39,7
<i>Konstruktion</i> K_{ist}	11,3
<i>Nutzung</i> N_{ist}	29,8
10%-Perzentil	27,8
25%-Perzentil	31,4
Mediane (50%-Perzentil)	36,6
75%-Perzentil	41,2
90%-Perzentil	51,5
Standardabweichung s	14,1
(2) Vorläufiger Soll-Wert S_{vorl}	37,6
(3) Bereiche gemäß 2.1:	
A	$x < 27,8$
B	$27,8 < x < 31,4$
C	$31,4 < x < 36,6$
D	$36,6 < x < 41,2$
E	$41,2 < x < 51,5$
F	$x > 51,5$
Identifizierter Bereich Vorläufiger Soll-Wert	D
(4) Periodenspezifischer Soll-Wert	36,6
(5) Länge der Folgeperiode	2 Jahre

6.2.2 Anwendung Phase 2.2 (Periode 1): Ermittlung der Ist-Werte

(1) Kennzahlensystem:

Es wurden die Daten von Gebäuden ausgewertet, die die Gebäude-Ökobilanz gemäß DGNB Nutzungsvariante „NBV08“ durchgeführt haben.

(2) Zeitraum der Datenerfassung:

Die vorliegenden Auswertungen lassen keine genaue Aussage zum Datenerfassungszeitraum zu. Voraussichtlich wurden die Daten im Zeitraum 2009 bis Mitte 2011 (Datum der Dateierstellung) erfasst.

(3) Umfang der Datenerfassung:

Die Gesamtanzahl der neu erfassten Gebäude beträgt 21 Gebäude. Ein Eintrag wurde entfernt, da es sich bezüglich der Höhe der Werte (ca. Faktor 10 über dem Mittelwert) eindeutig um einen fehlerhaften Eintrag handeln muss. Die Gebäude-Nutzflächen wurden nicht erfasst.

(4) Struktur der erfassten Daten:

Die vorliegenden Daten wurden lediglich hinsichtlich der Indikatorenwerte erfasst. Keine weiteren charakteristischen Werte liegen vor. Die Indikatorenwerte sind aufgeteilt in Gesamt-Lebenszyklus und Konstruktion. Die Daten für Konstruktion liegen nur für 18 der 21 Gebäude vor.

(5) Qualität der erfassten Daten:

Alle Ökobilanzergebnisse wurden einer Prüfung im Rahmen der DGNB Konformitätsprüfung unterzogen.

Zusammenfassende Ergebnisse der Phase 2.2. (Periode 1):

Tabelle 20: Dokumentation Datenerfassungsumfang und Charakterisierung der Beispielanwendung

Datenerfassung Gebäude-Ökobilanz: Charakterisierung und Umfang der erfassten Daten			
Bezeichnung der Datenerfassung		Anwendungsbeispiel Periode 1	
Kennzahlensystem	Gebäude-Ökobilanz gemäß...	DGNB	
	Bewertung gemäß ...	nicht relevant	
	Nutzungsvariante DGNB	NBV08	
Zeitraumen	Zeitraumen der Erfassung	2009 - Mitte 2011	
	Perioden gemäß Zieldefinition	Periode 1	
Umfang	Anzahl Gebäude	21	
	Erfasste Fläche (BGFa kumuliert)	nicht dokumentiert	
Datenqualität	Anteil DGNB geprüfte Gebäude	100%	
	Art der Datenerfassung	gemäß DGNB	
Charakterisierung		nicht vorhanden	
	Durchschnittlicher Endenergiebedarf	-	kWh/m ² a
	Durchschnittlicher Heizwärmebedarf	-	kWh/m ² a
	Durchschnittlicher Kühlenergiebedarf	-	kWh/m ² a
	Durchschnittlicher Strombedarf	-	kWh/m ² a
	Durchschnittlicher Endenergiebedarf Referenzgeb.	-	kWh/m ² a
	Durchschnittliche Unterschreitung EnEV	-	%
	Typ und Anteil Energieträger Wärme 1	-	
	Typ und Anteil Energieträger Wärme 2	-	
	Typ und Anteil Energieträger Wärme 3	-	
	Typ und Anteil Energieträger Kälte 1	-	
	Typ und Anteil Energieträger Kälte 2	-	
	Typ und Anteil Energieträger Kälte 3	-	
	Typ und Anteil Rohbauart 1	-	
	Typ und Anteil Rohbauart 2	-	
	Typ und Anteil Rohbauart 3	-	
	Typ und Anteil Fassadenart 1	-	
	Typ und Anteil Fassadenart 2	-	
	Typ und Anteil Fassadenart 3	-	

Tabelle 21: Ergebnisse für Phase 2.2 – Erfassung der Ist-Werte für Periode 1

		Treibhauspotenzial
		GWP
Ist-Werte (Phase 2.2)		
Ist-Werte aktuelle Periode		[kg CO ₂ e/m ² NGFa*a]
Mittlere Ist-Werte (x_{arith}) Gesamt G_{ist}		45,2
<i>Konstruktion K_{ist}</i>		10,1
<i>Nutzung N_{ist}</i>		36,5
10%-Perzentil		27,1
25%-Perzentil		36,5
Mediane (50%-Perzentil)		41,4
75%-Perzentil		57,0
90%-Perzentil		64,5
Standardabweichung s		14,7

Grafisch dargestellt, lässt sich das Ergebnis der Beispielanwendung auch Abbildung 53 entnehmen.

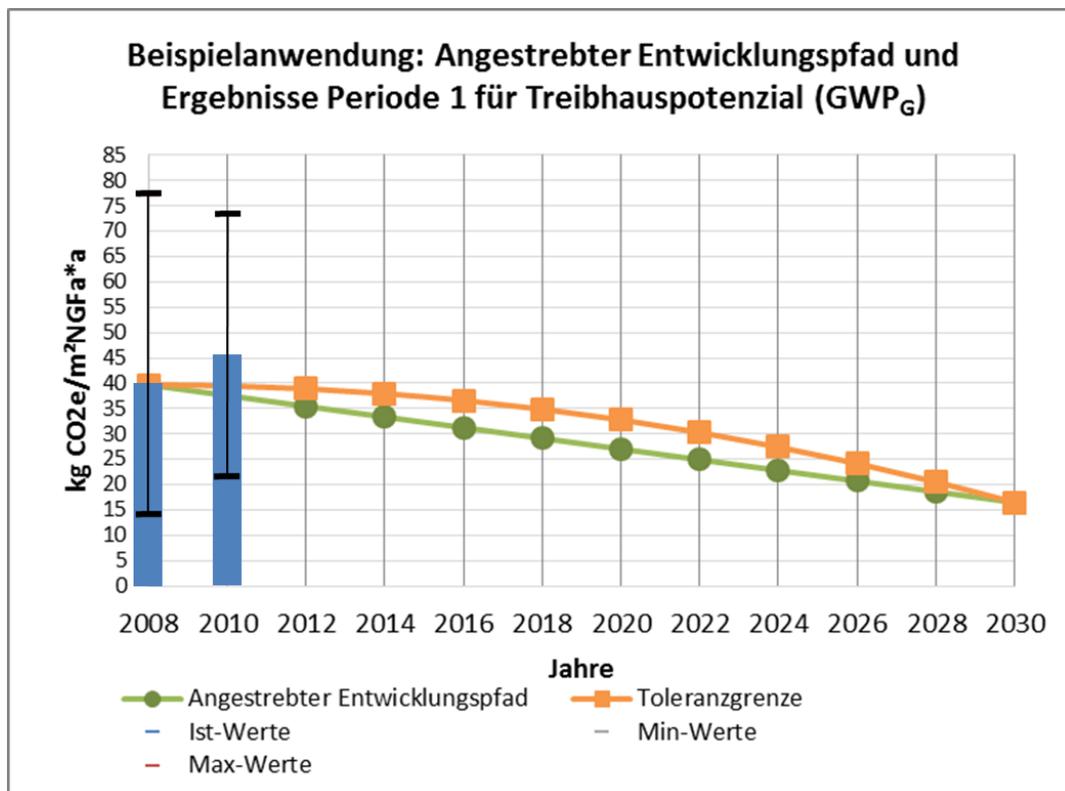


Abbildung 53: Ergebnis der Beispielanwendung (Periode 1)

6.2.3 Anwendung Phase 2.3 (Periode 1): Statusanalysen und Abweichungsanalysen

(1) Statusanalyse der Ist-Situation:

Die Ergebnisse der Ist-Situation sind in Tabelle 21 abgebildet. Eine grafische Auswertung ist in Abbildung 54 dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass die einzelnen Werte von ca. 0,5 bis 1,6 fache in Bezug vom Mittelwert abweichen. Der Median liegt ca. 8 % unter dem Mittelwert. Dies weist darauf hin, dass in der Stichprobe anzahlmäßig weniger, jedoch stärker schlecht abschneidende Gebäude aufgenommen wurden. In den Bereichen B bis E sind je vier Gebäude eingruppiert, was ein homogenes Bild darstellt.

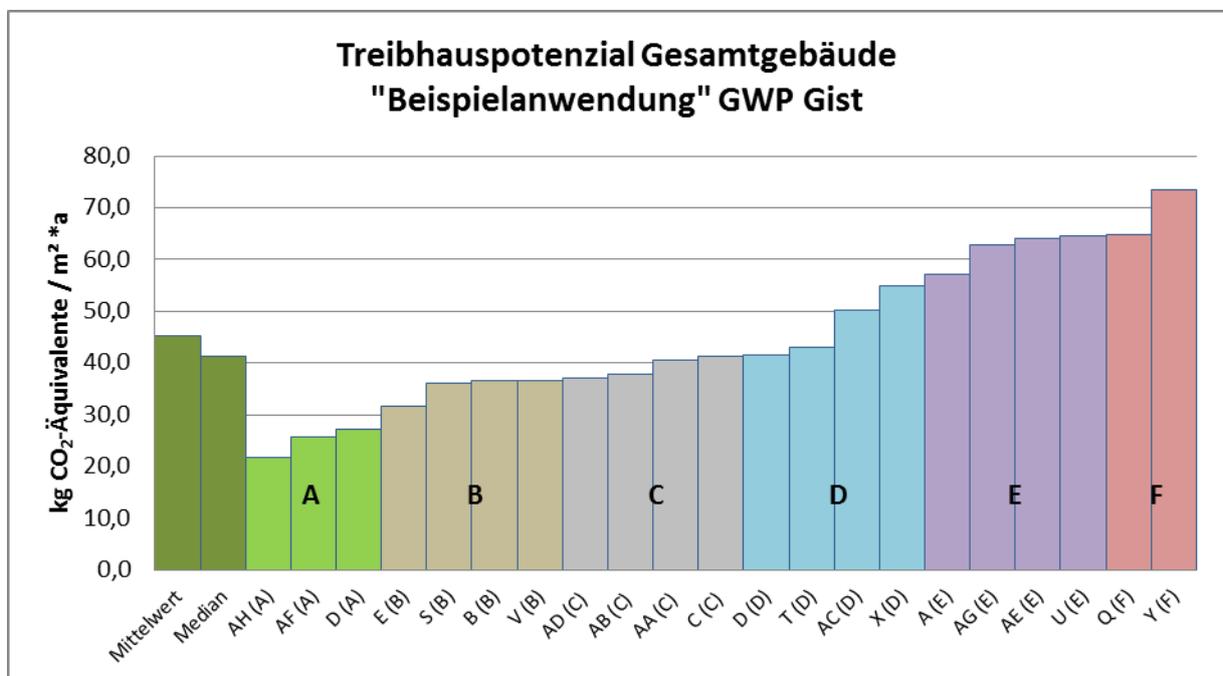


Abbildung 54: Histogramm der Ergebnisse für das Treibhauspotenzial für die Ist-Situation in Periode 1 mit Angaben zu den Eingruppierungsbereichen A bis F

(2) Abweichungsanalyse:

Der Abgleich der Soll-Werte mit den Ist-Werten der Periode 1 zeigt sehr starke Abweichungen. Die Abweichung ist eine sehr starke Überschreitung der Soll-Werte. Auch der Abgleich der Ist-Werte mit der Toleranzgrenze zeigt eine sehr starke Überschreitung. Die Ergebnisse sind Abbildung 55 zu entnehmen.

MODUL 2.3: Soll-Ist-Abgleich									
	Indikator			Bezeichnung	Treibhaus-potenzial				
	Zeitpunkt des Soll-Ist-Abgleichs			Datum	Periode 1 (fiktiv)				
	Dauer der Periode			Jahre	2				
	Durchschnittliche Änderung pro Periode / Funktion			%	5,6%				
	Ziel-Soll-Wert			kg CO2-e/ m²NGFa*a	16,5				
Soll-Ist-Abgleich	Soll-Werte (aus Phase 2.1)	Ist-Werte (aus Phase 2.2)	Toleranz- grenze	Abweichung Ist- zu Soll- Werten	Charakteri- sierung Abweichung Soll-/ Ist-Werte	Charakteri- sierung Abweichung von durchschnittl. Änderung pro Periode	Ist-Wert innerhalb Toleranz- grenze	Ampelein- stufung Toleranz- grenze	Maß- nahmen erforderlich
	kg CO2-e/ m²NGFa*a	kg CO2-e/ m²NGFa*a	kg CO2-e/ m²NGFa*a	% (Ist/Soll)	keine / sehr / schwache / starke Über- / Unter- schreitung	keine / sehr / schwache / starke Über- / Unter- schreitung	ja / nein	Rot = außerhalb Toleranz- bereich, Gelb = am Rande des Toleranz- bereiches , Grün = im Toleranz- bereich	ja / nein
Mittlere Werte Gesamt- Gebäude	36,6	45,2	39,5	123%	sehr starke Abweichung	sehr starke Überschreitung	nein		ja

Abbildung 55: Ergebnisse Soll-Ist-Abgleich für Modul 2.3 (Periode 1)

Somit ist das Ergebnis der Abweichungsanalyse in Fall 3 („Negativ bewertete Abweichung“) einzustufen. Es sollten demnach externe Maßnahmen eingeleitet werden. Die Gründe für die Nicht-Erfüllung sind so genau wie möglich auf Grundlage der ermittelten Basiswerte – inklusive der technischen Kennwerte der Stichprobe – zu analysieren.

(3) Szenarioanalyse:

Auf Basis der vorliegenden Daten ist keine detaillierte Szenarioanalyse oder Dominanzanalyse möglich. Hierzu fehlen die charakteristischen Daten der Stichprobe. Es ist als einzig mögliche Auswertung anzumerken, dass das Indikatorergebnis der Nutzungsphase stark überhöht im Vergleich zur Vorperiode ist, der Wert für die Konstruktion hingegen in Periode 1 niedriger liegt als in der (initialen) Vorperiode. Die Nutzungsphase ist stark abhängig von Energiebereitstellungsart, Lage und Ausrichtung, Kubatur, Fassadenart etc. Diese variieren in Deutschland prinzipiell stark. Der

Energiebedarf ist durch die Energieeinsparverordnung reglementiert. Die Anforderungen für Neubauten werden stetig verschärft.

Prinzipiell ist zu bemerken, dass die Anzahl der Gebäude sowohl in der initialen Periode als auch in der ersten Periode des Moduls 2 sehr gering ist. Ein weiterer Grund für die Verschlechterung der Werte kann auch die Teilnahme überdurchschnittlich „guter“ Gebäude an der ersten Phase der Zertifizierung durch DGNB und BNB, die sich in der initialen Periode widerspiegelt.

(4) Soll-Wert-Definition für Folgeperiode:

Es sind relevante Abweichungen von den Soll-Werten festzustellen. Da es sich jedoch um die erste Erfassungsperiode handelt, wird auch trotz sehr starker Abweichung darauf verzichtet, die Soll-Werte der Folgeperiode zu proaktiv verschärfen. Diese Maßnahme ließe sich jedoch aus Empfehlungen in Abschnitt 5.3.3.4 herleiten.

6.2.4 Anwendung Phase 2.4 (Periode 1): Aufstellen von Maßnahmen

Die Abweichungen der Ist-Werte der bewerteten Periode sind so stark, dass Maßnahmen erforderlich sind. Sowohl die periodenspezifischen Soll-Werte, als auch die Toleranzgrenze wurden sehr stark überschritten. Da es sich bei der Beispielanwendung um die erste Periode handelt, und die Werte der regulierten Nutzungsphase ausschlaggebend für die Überschreitungen sind, wird auf das Aufstellen anreizender, externen Maßnahmen verzichtet.

Nichtsdestotrotz ist die Situation der Datenverfügbarkeit besonders bezüglich der Charakterisierung der Gebäude zur Identifikation der Schwachstellen als nicht zufriedenstellend einzustufen. Aus diesem Grund wird empfohlen, eine Datenbank aufzubauen, die sowohl eine detailliertere Auswertung der Indikatorergebnisse als auch eine Charakterisierung der Gebäude erlaubt.

(1) Erstellung eines Maßnahmenkatalogs:

- Erstellung einer Datenbank für Gebäude-Ökobilanzen zur Sammlung und Auswertung der Ergebnisse durchgeführter Berechnungen (Inhalte und Struktur gemäß Abbildung 36 und Abbildung 37)

- Sammlung von Daten (auch historisch) gemäß der Datenstruktur und Auswertung der Ergebnisse

6.2.5 Anwendung Periode 2

Periode 2 beginnt mit Abschluss der Phase „Maßnahmen aufstellen“ der Periode 1. Für die Periode 2 sind die gleichen Schritte durchzuführen wie für Periode 1. Alle weiteren Schritte sind konsistent zum beschriebenen Modul 2 durchzuführen.

7 Bewertung der Methode zur Entwicklung von Benchmarks für die lebenszyklusbasierte ökologische Immobilienbewertung

Die Methode zur Entwicklung von Benchmarks für die lebenszyklusorientierte ökologische Immobilienbewertung wird im Folgenden Kapitel zum Einen gegenüber den in Kapitel 4 aufgestellten methodischen Anforderungen, zum Anderen gegenüber den Ergebnissen der Beispielanwendung überprüft. Dies erlaubt, eine Bewertung der Methode zu formulieren.

7.1 Überprüfung der Methode hinsichtlich den methodischen Anforderungen

Im Folgenden wird die entwickelte Methode gegenüber der Erfüllung der in Kapitel 4 aufgestellten methodischen Anforderungen an die Methode überprüft. Damit kann anschließend bewertet werden, ob die Methode als problemangemessen, ganzheitlich, flexibel, konsistent und operationalisierbar bezeichnet werden kann.

7.1.1 Kriterium 1: Problemangemessenheit und politischer Bezug

„Die Methode soll problemangemessen sein und den entsprechenden umweltpolitischen Bezug herstellen.“

Die Auswahl der Kennzahlen als Ergebnis der Methode „Gebäude-Ökobilanz“ entspricht sachlich dem Ziel, umweltpolitische Anforderungen bezüglich Klimawandel, Ozonloch, Sommersmog, Waldsterben, Überdüngung, Ressourcenschonung und Energieimportabhängigkeit und Energieerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern zu adressieren (siehe auch Tabelle 4). Die zeitliche Erfüllung des Ziels kann mit Hilfe der Methode erreicht werden. Die Anwendung der Methode zielt darauf ab, den zeitlichen Horizont abzubilden. Dies geschieht auch über die Festlegung des Zeitpunktes des langfristigen Ziels und die Übertragung in periodenspezifische Soll-Werte.

7.1.2 Kriterium 2: Ganzheitlichkeit der Perspektive

„Die Methode hat die Ganzheitlichkeit einer langfristigen Perspektive zu erfüllen. Sie muss ausgewogen alle Umweltwirkungen von Immobilien beachten.“

Ganzheitlichkeit lässt sich zum einen über eine ausgewogene Auswahl der Umweltindikatoren erreichen, zum anderen über den Einbezug der Lebenszyklusperspektive der potenziellen Umweltwirkungen. Die gewählten Umweltindikatoren bilden den derzeitigen Konsens der betroffenen Interessensgruppen ab, da die Auswahl auf Basis von langjährigen Diskussionsergebnissen beruht. Der momentane Stand von Informationen zur potenziellen lebenszyklusbezogenen Umweltwirkung von Bauwerken ist in Form von verfügbaren Datenbanken greifbar. Dieser Stand entwickelt sich jedoch weiter, so dass in Zukunft weitere Umweltwirkungen adressiert werden können. Die Methode erlaubt den Einbezug weiterer ökobilanzbasierter Indikatoren, sofern entsprechende Informationen vorliegen.

Da die Methode keine Gewichtung der Indikatoren vorsieht, kann auch von einer Ausgewogenheit der adressierten Umweltwirkungen ausgegangen werden.

7.1.3 Kriterium 3: Konsistenz

„Die Methode hat in sich konsistent, also widerspruchsfrei zu sein. Dies verlangt, dass die Kennzahlen, Ziele und Maßnahmen in Ursache-Wirkungs-Beziehungen zueinander zu stehen haben. Konsistenz in der Methode ist ebenfalls von Nöten, um eine Vereinheitlichung für eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse sicher zu stellen.“

Die Methode ist in sich widerspruchsfrei, da sowohl die Umweltindikatoren in Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu den realen Bauwerken stehen, als auch die zu setzenden Ziele, Maßnahmen, die auf Basis von Szenarioanalysen eingeleitet werden, können als widerspruchsfrei bezeichnet werden.

Wird die Methode nach Vorgabe angewandt, so ergeben sich vereinheitlichte und damit vergleichbare Ergebnisse. Wichtig hierbei ist die Beibehaltung der anfangs definierten Systemgrenzen der Betrachtung.

7.1.4 Kriterium 4: Flexibilität

„Die Methode hat Flexibilität, also Änderungen bzw. Erweiterungen zu bieten, ohne die Konsistenz zu beeinträchtigen. Für die Vergleichbarkeit mit den übergeordneten Zielwerten ist keine Flexibilität erlaubt, die Ermittlung der Kennzahlen muss hierfür fest und unveränderbar sein. Flexibilität ist jedoch besonders für die (kurzfristige)

Steuerung gefordert und als Reaktion auf die momentan noch wenigen Erfahrungen mit der Anwendung der Standards zu Gebäude-Ökobilanzen zu ermöglichen.“

Die Methode ist dahingehend flexibel, dass sowohl ökobilanzbasierte Umweltindikatoren zugefügt oder entfernt werden können, als auch Systemgrenzen der Betrachtung erweitert oder verkleinert werden können. Dies darf jedoch nicht innerhalb einer Anwendung geschehen, sondern erfordert einen „Neustart“. Die Benchmarks sind ansonsten nicht mehr vergleichbar, und die methodischen Grundlagen nicht mehr konsistent.

7.1.5 Kriterium 5: Operationalisierbarkeit

„Die Methode muss operationalisierbar, also umsetzbar sein. Wichtig hierbei ist, dass die Umsetzung der Methode nur so gut sein kann, wie die Güte der zugrunde liegenden Daten sein kann. Des Weiteren gehört zur Bewertung der Operationalisierbarkeit die Wirtschaftlichkeit der Methode. Die Anwendung der Methode soll bezüglich Aufwand und Nutzen in einem angemessenen Verhältnis stehen.“

Die Methode ist umsetzbar, da Datenbanken verfügbar sind, Werkzeuge für die Anwender bereitgestellt werden und die Vermittlung der Methodik über Ausbildungsstätten (wie die DGNB Ausbildung) stark zugenommen hat. Diese Faktoren beeinflussen stark die Wirtschaftlichkeit der Methode. Die Methodenanwendung an sich erfordert die Sammlung und Verwaltung von Ergebnissen von Gebäude-Ökobilanzen. Standard-Datenbank-Anwendungen können hierfür genutzt werden. Des Weiteren erfordert die Methode regelmäßige statistische Auswertungen von Ergebnissen. Dies kann durch Standard-Kalkulationsprogramme durchgeführt werden.

7.2 Überprüfung der Methode hinsichtlich den Ergebnissen der Beispielanwendung

Aufgrund der geringen Datenverfügbarkeit und der eigentlich vorgesehenen Dauer einer Anwendung, lässt die Beispielanwendung keine umfassende Überprüfung der Methode zu. Die Ergebnisse weisen bereits in der ersten Periode sehr starke Abweichungen von den geplanten Soll-Werten auf. Eventuell lässt sich das durch die zu-

grunde liegende Datenbasis zurückführen: Die Ergebnisse der Vorperiode können durch die Einreichung besonders „ambitionierter“ Gebäude in der Pilotphase der DGNB und des BNB eine überdurchschnittliche Ausgangsbasis geschaffen haben. Des Weiteren ist deutlich, dass die Anzahl der betrachteten Stichproben jeweils recht niedrig ist und so Ausreißer nach oben oder unten die Ist-Werte stark beeinflussen.

Über die Beispielanwendung kann die Wirksamkeit der Methode zwar nicht belegt werden, jedoch die tatsächliche Anwendbarkeit.

7.3 Zusammenfassende und selbstkritische Bewertung der Methode

Es lässt sich festhalten, dass die in Kapitel 4 formulierten methodischen Anforderungen von der entwickelten Methode erfüllt werden. Die Methode kann als problemangemessen, ganzheitlich, flexibel, konsistent und operationalisierbar bezeichnet werden. Auch die Beispielanwendung kann die Anwendbarkeit bestätigen. Die Wirksamkeit der Anwendung der Methode kann jedoch mit Hilfe der Beispielanwendung nicht belegt werden.

Weiterhin ist anzumerken, dass die grundlegend für die Methode relevante Langfristigkeit der Perspektive bei Erweiterungen des Stands des Wissens in Zielkonflikte geraten kann. Dies betrifft beispielsweise Entscheidungen für eine Verschärfung oder Abmilderung von initial gesetzten langfristigen Zielen auf Basis neuer Erkenntnisse. Dies zöge eine Korrektur aller (Zwischen-)Ziel- und Sollwerte nach sich, und schlimmstenfalls die Erkenntnis, dass eventuell jahrelang in eine „verkehrte“ Richtung gesteuert wurde. Sehr einfach hingegen können weitere Umweltthemen durch Erweiterungen der Methode hinsichtlich zu betrachtender Umweltindikatoren umgesetzt werden. Ebenfalls einflussreich können sich Änderungen der zugrundeliegenden Methode der Gebäude-Ökobilanz, wie Anpassungen der Berechnungsgrundlagen der Umweltwirkungsindikatoren (z.B. durch Änderungen der Klassifikation von Elementarflüssen oder von Charakterisierungsfaktoren) oder methodische Anpassungen der Berechnungsregeln (z.B. durch Änderungen von anzuwendenden Allokationsregeln) auswirken. Hierfür sieht die Methode keinen Korrekturautomatismus vor, sondern es müssen Fall-zu-Fall-Entscheidungen bei Bekanntwerden solcher Ände-

rungen z.B. der DIN EN 15978 getroffen werden. Bei der Anwendung der Methode ist es ferner wichtig zu wissen, dass die initial festgelegten Systemgrenzen in der Regel aus Vereinfachungsgründen nicht alle potenziellen Umweltwirkungen des Bau- und Immobiliensektors erfassen. Weder die heutige Datenbasis und noch die notwendigen Berechnungstools für die Berechnungen von Gebäude-Ökobilanzen lassen dies aktuell zu.

Die entwickelte Methode stellt eine Brücke zwischen einem auf Langfristigkeit ausgelegten Zielsteuerungsmechanismus und einer operativ durchzuführenden detaillierten Erfassungsmethode dar. Beide Einzelelemente sind in Normenwerken beschriebene Verfahren, im ersten Fall bereits lang existierend und etabliert. Die vorliegende Arbeit jedoch verbindet beide Elemente strukturiert und zielorientiert. Da die detaillierte Erfassungsmethode der Gebäude-Ökobilanz eine noch relativ junge Disziplin ist, ist die vorliegende Datenbasis heute nicht besonders umfassend. Unschärfen und Fehler in den vorliegenden verhältnismäßig wenigen Ergebnissen sind aus diesem Grund mutmaßlich verstärkt zu finden und können die Anwendung der Methode beeinflussen. Demzufolge sind heute ausgeführte statistische Auswertungen (wie im vorliegenden Beispiel) wohl von nicht zu großer allgemeiner Aussagekraft. Auch können Sensitivitätsanalysen der Ergebnisse einer Erfassungsperiode heute kaum durchgeführt werden, da relevante Daten (z.B. Ausführungsdetails betreffend) hierfür fehlen.

Die Methode lässt sich ohne weiteres auf andere Immobilientypen anwenden. Problematisch jedoch könnte eine Anwendung werden für Immobilien, in denen Elemente in den Vordergrund treten, für es bislang keine adäquate Ökobilanzdatenbasis oder methodische Erfahrung in der Bilanzierung existiert. Als Beispiel sei hier der Innenausbau (Möbel, Nutzerausstattung, Maschinen, Geräte, ...) genannt. Relevanter Aspekt und Schwäche der heute durchgeführten Gebäude-Ökobilanzen ist das quasi vollständige Vernachlässigen der eingebauten Haustechnik. Ein klarer Vorteil der entwickelten Methode ist jedoch, dass sie auch für andere Themengebiete wie die Bau- und Immobilienwirtschaft nutzbar ist. Hierfür müsste vor allem eine Anpassung des Moduls 2 mit seiner Beschreibung der Erfassungsmethode durchgeführt werden. Zukunftsorientierte Benchmarks ließen sich damit auch für andere, auf Langfristigkeit ausgelegte Bereiche wie z.B. Mobilität entwickeln.

8 Zusammenfassung und Ausblick

8.1 Zusammenfassung

Die Umsetzung des Konzepts der nachhaltigen Entwicklung zielt darauf ab, die Bedürfnisse der Menschen in Einklang mit verfügbaren ökologischen und wirtschaftlichen Ressourcen zu bringen. Besonders für den ökologischen Anspruch erscheint im Hinblick auf beobachtbare Effekte und politische Zielvorstellungen ein „weiter so wie bislang“ schwer vertretbar: Die steigende Knappheit natürlicher Ressourcen und die globale fortschreitende Verschmutzung von Luft, Wasser und Boden stoßen an die Grenzen natürlicher Regulierungsmöglichkeiten. Eine Verbesserung der Situation ist durch Überdenken und Neuausrichten von Prioritäten und durch konsequentes und zielführendes umweltorientiertes Handeln in praktisch allen üblichen Sektoren möglich. Der Bau- und Immobiliensektor bietet hierfür durch seine immensen Ausmaße und nachgewiesenermaßen große Einsparmöglichkeiten ein enormes Verbesserungspotenzial.

Auf diese potenziellen Verbesserungen zielen Bewertungssysteme für Immobilien ab, die die Nachhaltigkeitsperformance von Gebäuden quantifiziert darstellen wollen und durch individuelle Auszeichnungen für die Immobilien zu steigern versuchen. Solche Systeme, wie das deutsche „DGNB-Zertifikat“, bedienen sich für die Bewertung der ökologischen Performance unter anderem der Methode „Gebäude-Ökobilanz“. Diese liefert aggregierte ökologische Kennwerte, die über die Art, Höhe und Ursprung ausgewählter potenzieller Umweltwirkungen Auskunft geben können. Eine wissenschaftliche Basis für die Entwicklung von Vergleichswerten für solche Kennwerte, die sowohl eine aktuelle Einstufung der ökologischen Performance erlauben als auch langfristige übergeordnete ökologische Nachhaltigkeitsziele verfolgen, ist bislang nicht vorhanden.

Ziel dieser Arbeit ist, eine methodische Basis zur Entwicklung von zukunftsorientierten Kennwerten für eine lebenszyklusbasierte Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit von Immobilien zu legen. Die Grundidee ist, durch eine umfassende Ermittlung und Steuerung von Ökobilanz-Kennzahlen gesellschaftliche oder politische Ziele für die Bau- und Immobilienwirtschaft praktisch umsetzbar zu machen.

Hierzu wurde eine Methode entwickelt, die als grundlegende Idee zwei prinzipielle Konzepte verbindet:

1. Methodik der Gebäude-Ökobilanz und Kennwerte aus der Anwendung
2. Grundlagen der Methodik von Umweltkennzahlen-Managementsystemen.

Diese Verbindung erlaubt eine auf langfristige Ziele ausgelegte Steuerung quantifizierter potenzieller Umweltwirkungen von Immobilien in einem konsistenten und lebenszyklusorientierten Rahmen.

Die Methode selbst ist in zwei Module unterteilt. Das erste Modul, „Übergeordnetes Zielsystem“, dient der Rahmensetzung. Aufgabe der ersten Phase dieses Moduls ist es, den Ist-Zustand der potenziellen Umweltwirkungen einer Gruppe von Immobilien zu identifizieren. Relevanter Aspekt der ersten Phase dieses Moduls ist darüber hinaus die exakte Definition des anzuwendenden Quantifizierungssystems, inklusive Systemgrenzen der Betrachtung der potenziellen Umweltwirkungen, Auswahl der Umweltindikatoren und Anwendungsbereich im Sinne einer Definition des zu evaluierenden Immobilientyps. Die zweite Phase dieses Moduls dient der Findung und Definition eines langfristig anzustrebenden Zielzustands. Hierbei wird dem Anwender eine Hilfestellung für das Finden eines adäquaten Zielzustands je Umweltziel geboten, indem drei prinzipielle Basisannahmen für Zielwerte vorgeschlagen werden: Technisch abgeleitete Zielwerte, statistisch abgeleitete Zielwerte oder extern motivierte Zielwerte. Das anschließend anzuwendende verbindende Element des ersten Moduls, Phase 3, skizziert den entsprechenden Weg vom Ist- zum gewünschten Zielzustand. Das erste Modul wird im Rahmen der Anwendung der Gesamt-Methode lediglich einmal am Anfang durchgeführt.

Das zweite Modul, „Zielsystem der Ermittlungsperioden“, dient der regelmäßigen periodisch wiederdurchzuführenden Überprüfung des jeweiligen zwischenzeitlich erreichten Ist-Zustands. In regelmäßigen zeitlichen Abschnitten werden Ermittlungen des Ist-Zustands durchgeführt, statistisch ausgewertet und der für den entsprechenden Zeitpunkt vordefinierten Zielerreichung gegenübergestellt. Werden relevante Abweichungen identifiziert, sind gegebenenfalls weitere Analysen durchzuführen und auf deren Ergebnisse beruhend adäquate Maßnahmen einzuleiten. Mithilfe der statistischen Beobachtungen der jeweiligen Vorperiode werden anschließend die Soll-

Werte der Folgeperiode festgelegt. Anschließend ist in der Folgeperiode wieder eine Ermittlung von Kennwerten auf möglichst breiter Basis für weitere und aktuelle Immobilien durchzuführen und entsprechend auszuwerten. Das Modul 2 soll als wiederkehrende Schleife so lange ausgeführt werden, bis der Zeitpunkt des Zielzustandes erreicht ist.

Die Methode ist im Rahmen der vorliegenden Arbeit beispielhaft angewandt worden. Hierin wurde der Umweltindikator „Treibhauspotenzial“ für neu errichtete Bürogebäude untersucht. Die Daten für die Untersuchung kamen aus der praktischen Anwendung des Gebäudebewertungs-Systems der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. (DGNB). Durchgeführt wurden in der Beispielanwendung das Modul 1 vollständig und das Modul 2 für die erste Periode. Die Auswertung der Beispielanwendung ergibt, dass die folgenden methodischen Anforderungen von der entwickelten Methode erfüllt werden:

- Problemangemessenheit und politischer Bezug
- Ganzheitlichkeit der Perspektive
- Konsistenz
- Flexibilität
- Operationalisierbarkeit

Bei der Überprüfung der Methode gegenüber den Ergebnissen der Beispielanwendung ergibt sich, dass die Beispielanwendung die Anwendbarkeit zwar bestätigen kann, jedoch nicht die Wirksamkeit der Anwendung der Methode.

Von der Anwendung dieser Methode können politische Entscheidungsträger, öffentliche oder private Organisationen wie die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. profitieren. Sie hilft, ein definiertes Vorgehen zu erstellen, wie sich der Weg für das Erreichen langfristiger ökologischer Ziele für den Bau- und Immobiliensektor darstellen kann. Sie unterstützt die schwierige Zielwertdefinition in Form von anzustrebenden, langfristig ausgerichteten Zwischenzielen.

8.2 Ausblick

Architekten, Fachplaner, Bauherren andere an der Planung und Errichtung zukunftsorientierter Immobilien Beteiligte können mit Hilfe der Anwendung einer Gebäude-Ökobilanz bereits heute Umweltkennwerte für verschiedene Umweltthemen über den gesamten Gebäude-Lebenszyklus ermitteln. Das heißt, sie sind in der Lage, die potenziellen Umweltwirkungen von der Extraktion der Rohstoffe, über die Herstellung, den Einbau und Austausch der Bauprodukte, den Energie- und Wasserbedarf in der Nutzung bis hin zum Abriss, eine mögliche Rezyklierung der eingesetzten Baustoffe und Produkte in der Immobilie, sowie die Weiterverwendung oder Ablagerung aller eingesetzten Materialien und Stoffe in Form von Umweltkennwerten zu erfassen und zu bewerten. Diese Umweltkennwerte können in Relationen zu Vergleichswerten gesetzt werden, um Planern Kenntnis über die Einstufung der Höhe der potenziellen Umweltwirkungen ihrer betrachteten Immobilie geben zu können. Wird die hier vorgestellte Methode genutzt, um Vergleichswerte zu definieren und zu veröffentlichen so werden die Anwender der Vergleichswerte darin unterstützt, eine ökologisch orientierte, sowohl auf zeitgemäße Machbarkeit als auch auf langfristige Ziele ausgerichtete Planung ihrer Immobilien voranzutreiben. Die Anwender erhalten zudem klare Leitlinien in den von ihnen zu erfassenden Aspekten des Immobilienlebenszyklus in Form von genau definierten Systemgrenzen einer Gebäude-Ökobilanz und Unterstützung bei der Auswahl von für Immobilien als relevant definierte Umweltindikatoren.

Organisationen, die Gebäudebewertungssysteme mit Umweltbezug zur Verfügung stellen oder nutzen, können von der Anwendung der Methode profitieren, indem sie ihre langfristigen Zielvorstellungen in operative Vorgaben im Rahmen ihrer Systeme implementieren. Zu diesen Organisationen zählen zum einen private, wie zum Beispiel die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. (DGNB), oder öffentliche wie das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), die bereits heute Bewertungssysteme mit der Vorgabe, Gebäude-Ökobilanzen zu rechnen zur Verfügung stellen. Andererseits sind aber auch Organisationen angesprochen, die sich vornehmen, eigene Immobilienbestände ökologisch auszurichten und Bewertungen in Form interner Evaluierungen durchführen.

Mit Hilfe der Methode lassen sich übergeordnete zum Beispiel politisch festgelegte Umweltziele auf konkrete Zielvorgaben zu definierten Zeitpunkten übertragen. Dies hilft langfristig vor allem denen, die vom Erreichen der Umweltziele abhängig sind: Unseren nachfolgenden Generationen, der Flora und der Fauna.

Folgende Forschungsarbeiten könnten sich inhaltlich mit der Ausdifferenzierung der Systemgrenzen der Gebäude-Ökobilanz auseinandersetzen, Auswirkungen von tatsächlich zu erwartenden Technologiesprüngen im Rahmen dieser Methode evaluieren oder konkrete Zielvorgaben für definierte Umweltindikatoren und Immobilientypen entwickeln. Weiterhin wäre eine längerfristige Anwendung der Methode und Evaluation der Ergebnisse zu begrüßen, um die Wirksamkeit nachweisen zu können. Ein weiteres Untersuchungsgebiet wäre die Frage, wie sich die Methode im Rahmen einer ganzheitlichen ökologischen Bewertung von Stadtquartieren oder Industriestandorten anwenden ließe.

9 Literatur

- [1] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, AG Energiebilanzen, "Struktur des Energieverbrauchs," Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Berlin, 2013.
- [2] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, "World Population Prospects: The 2012 Revision, Key Findings and Advance Tables," United Nations, New York, 2013.
- [3] A. H. Maslow, "A Theory of Human Motivation," *Psychological Review*, p. 370–396, Vol. 50 #4 1943.
- [4] M. Brocke and R. Hermle, "Zukunftsfähiges Deutschland. Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung," *ZEP – Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, p. 23–25, Dezember 1995.
- [5] Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, "Wegmarken für einen Kurswechsel - Eine Zusammenfassung der Studie „Zukunftsfähiges Deutschland in einer globalisierten Welt“,“ Brot für die Welt, Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V und Evangelischer Entwicklungsdienst e.V., 2009.
- [6] Statistisches Bundesamt, "Immobilienwirtschaft in Deutschland 2006," Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2007.
- [7] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), "Leitfaden Nachhaltiges Bauen," Berlin, 2013.
- [8] Statistisches Bundesamt Deutschland, "Energieverbrauch der privaten Haushalte für Wohnen rückläufig," 18 Oktober 2010. [Online]. Available: http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/pm/2010/10/PD10__372__85,templateId=renderPrint.psml#Fussnote*. [Accessed 24 Februar 2012].
- [9] Ernst & Young, "Nachhaltigkeitsthemen bei Immobilieninvestitionen," Ernst & Young Real Estate GmbH, Eschborn, 2012.

- [10] Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen GmbH, *Handbuch Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude, Version 2012*, Stuttgart: DGNB GmbH, 2012.
- [11] U.S. Green Building Council, *Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)*, Washington, USA: U.S. Green Building Council, 1998.
- [12] Institut für Bauen und Umwelt e.V., *IBU-Kompendium 2011*, Königswinter: Institut für Bauen und Umwelt e.V., 2011.
- [13] European Committee for Standardization (CEN), EN 15978:2011. Sustainability of construction works — Assessment of environmental performance of buildings — Calculation method., European Committee for Standardization (CEN), 2011.
- [14] Springer Gabler Verlag (Herausgeber), "Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Umweltziele, online im Internet:," [Online]. Available: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/10883/umweltziele-v8.html>. [Accessed 26. Januar 2014].
- [15] A. Sandhövel and H. Wiggering, "Allgemeine Anforderungen an Umweltziele," in *Umweltziele und Indikatoren*, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 2004, pp. 29 - 38.
- [16] H. Wiggering and F. Müller, *Umweltziele und Indikatoren*, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2004.
- [17] R. Zieschank, "Umweltbezogene Indikatorensysteme in Deutschland auf nationaler Ebene. Eine Bestandsaufnahme," Freie Universität Berlin, Forschungsstelle für Umweltpolitik. FFU-Report 2000-02, Berlin, 2000.
- [18] Springer Gabler Verlag (Herausgeber), "Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort Umweltkennzahlen, online im Internet:," [Online]. Available: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/148893/umweltkennzahlen-v8.html>. [Accessed 26. Januar 2014].
- [19] M. Jänicke, P. Kunig and M. Stitzel, *Umweltpolitik*, Bonn: Verlag J.H.W. Dietz Nachf. GmbH, 1999.
- [20] Bundesumweltministerium, *Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung*, Rio de Janeiro, 1992.

- [21] Die Bundesregierung, "Perspektiven für Deutschland - Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung," Berlin, 2002.
- [22] Die Bundesregierung, "Nationale Nachhaltigkeitsstrategie - Fortschrittsbericht 2012," Berlin, 2012.
- [23] Statistisches Bundesamt, "Nachhaltige Entwicklung in Deutschland - Indikatorenbericht 2012," Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2012.
- [24] DIN - NA 005-01-31 AA, "nabau NA 005-01-31 AA Nachhaltiges Bauen (SpA zu ISO/TC 59/SC 17 und CEN/TC 350)," 2012. [Online]. Available: <http://www.nabau.din.de/cmd?subcommitteeid=57852046&level=tpl-untergremium-home&contextid=nabau&languageid=de>. [Accessed 06 April 2012].
- [25] International Organization for Standardization (ISO), "ISO/TC 59/SC 17 - Sustainability in buildings and civil engineering works," [Online]. Available: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=322621&published=on. [Accessed 26. Januar 2014].
- [26] CEN - European Committee for Standardization, "Technical Committees, Workshops and other bodies," [Online]. Available: <http://www.cen.eu/cen/Sectors/TechnicalCommitteesWorkshops/CENTechnicalCommittees/Pages/PdfDisplay.aspx>. [Accessed 26. Januar 2014].
- [27] DIN - NA 005 - Normenausschuss Bauwesen, "nabau NA 005-01-31 AA Nachhaltiges Bauen (SpA zu ISO/TC 59/SC 17 und CEN/TC 350)," [Online]. Available: <http://www.nabau.din.de/gremien/NA+005-01-31+AA/de/57852046.html>. [Accessed 26. Januar 2014].
- [28] International Organization for Standardization (ISO), *ISO 15392:2008 Sustainability in building construction - General principles*, ISO, 2008.
- [29] International Organization for Standardization (ISO), *ISO 21929-1:2011 "Sustainability in building construction -- Sustainability indicators -- Part 1: Framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings"*, ISO, 2011.
- [30] International Organization for Standardization (ISO), *ISO 21930:2007 Sustainability in building construction - Sustainability indicators - Part 1:*

Framework for development of indicators for buildings, ISO, 2007.

- [31] International Organization for Standardization (ISO), *ISO 21931-1: 2010 Sustainability in building construction – Framework for the assessment of the environmental performance of construction works – Part 1: Buildings*, ISO, 2010.
- [32] International Organization for Standardization (ISO), *ISO/DIS 21929-2 “Sustainability in building construction – Sustainability indicators – Part 2: Framework for the development of indicators for civil engineering works*, ISO, 2013.
- [33] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), "Informationsportal Nachhaltiges Bauen - Normung zur Nachhaltigkeit im Bauwesen - Übersicht zur Normungsgruppen - ISO/TC59/SC17," April 2012. [Online]. Available: <http://www.nachhaltigesbauen.de/normung-zur-nachhaltigkeit-im-bauwesen/uebersicht-zu-normungsgremien/arbeitsgruppen-des-iso59sc17.html>. [Accessed 6 April 2012].
- [34] Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, *Leitfaden Nachhaltiges Bauen*, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2001.
- [35] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), "Informationsportal Nachhaltiges Bauen: Nachhaltiges Bauen - Runder Tisch Nachhaltiges Bauen," Juli 2012. [Online]. Available: <http://www.nachhaltigesbauen.de/nachhaltiges-bauen/runder-tisch-nachhaltiges-bauen.html>. [Accessed 23 Juli 2012].
- [36] Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen GmbH (DGNB GmbH), "Das DGNB Zertifizierungssystem - Einzigartig flexibel:," DGNB, [Online]. Available: <http://www.dgnb-system.de/de/system/zertifizierungssystem/>. [Accessed 26. Januar 2014].
- [37] Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V., *Handbuch Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude, Version 2008*, Stuttgart: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V., 2009.
- [38] A. Endres, *Umweltökonomie: Eine Einführung*, Darmstadt:

- Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1994.
- [39] A. Braune, "Measuring Environmental Sustainability," in *LCM 2011*, Berlin, 2011.
- [40] International Organization for Standardization (ISO), "DIN EN ISO 9001: 2008-12: Qualitätsmanagementsysteme - Anforderungen," Beuth Verlag, 2008.
- [41] Deutsches Institut für Normung, DIN EN ISO 14001:2009-11 Umweltmanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung (ISO 14001:2004 + Cor. 1:2009), Beuth Verlag, 2009.
- [42] A. Sturm, "Performance Measurement und Environmental Performance Measurement - Entwicklung eines Controllingmodells zur unternehmensinternen Messung der betrieblichen Umweltleistung," Dissertation, Dresden, 2000.
- [43] Deutsches Institut für Normung, *DIN EN ISO 14031: 2000 - Umweltleistungsbewertung - Leitlinien*, Beuth Verlag, 2000.
- [44] Europäisches Parlament, Europäischer Rat, "Verordnung (EG) Nr. 1221/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. November 2009 über die freiwillige Teilnahme von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für Umweltmanagement und Umweltbetriebsprüfung (EMAS III)," Europäisches Parlament, Rat, Brüssel, 2010.
- [45] International Organization for Standardization (ISO), "DIN EN ISO 14001:2009-11: Umweltmanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung (ISO 14001:2004 + Cor. 1:2009)," Beuth, 2009.
- [46] S. Richardsen and B. Grahl, "Umweltleistungsbewertung nach DIN EN ISO 14031 - Anwendernutzen von Umweltkennzahlen für kleinere und mittlere Unternehmen," Lübeck, 2001.
- [47] K. Wübbenhorst, "Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Benchmarking," Gabler Verlag (Herausgeber), [Online]. Available: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/2297/benchmarking-v6.html>. [Accessed 26 Juli 2012].

- [48] K. Mertins and H. Kohl, *Benchmarking - Leitfaden für den Vergleich mit den Besten*, Düsseldorf: Symposion Publishing, 2009.
- [49] K.-H. Groll, *Erfolgssicherung durch Kennzahlensysteme, Deutschland*: Haufe-Verlag, 1990.
- [50] J. Pape and R. Doluschitz, "Umweltkennzahlen und ökologische Benchmarks als Erfolgsindikatoren für das Umweltmanagement in Unternehmen der baden-württembergischen Milchwirtschaft," Stuttgart, 2002.
- [51] A. Spiller, "Kennzahlen für Nachhaltigkeit," *Ökologisches Wirtschaften*, no. 2, pp. 22-24, 1996.
- [52] International Organization for Standardization (ISO), ISO 14040:2006. *Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework*, International Organization for Standardization (ISO), 2006.
- [53] World Commission on Environment and Development, "Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future," World Commission on Environment and Development, Genf, 1987.
- [54] UNEP / SETAC Life Cycle Initiative, "Life Cycle Initiative - Background," UNEP / SETAC Life Cycle Initiative, 8 August 2005. [Online]. Available: http://lcinitiative.unep.fr/sites/lcinit/default.asp?site=lcinit&page_id=AC5F8210-CF6F-4226-A5B7-F053F4BBED5C. [Accessed 23 Juli 2012].
- [55] European Environment Agencies, "Climate change policies," European Environment Agencies, 26 März 2012. [Online]. Available: <http://www.eea.europa.eu/themes/climate/policy-context>. [Accessed 23 Juli 2012].
- [56] United Nations Environment Programme - Ozone Secretariat, "Handbook for the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer (8th Edition)," *The Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer & The Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer*, Nairobi, 2009.
- [57] Europäisches Parlament und Rat, *RICHTLINIE 2008/50/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES über Luftqualität und*

- saubere Luft für Europa*, Brüssel: Europäisches Parlament und Rat, 2008.
- [58] International Organization for Standardization (ISO), ISO 14044:2006. Environmental Management - Life Cycle Assessment - Requirements and Guidelines, International Organization for Standardization (ISO), 2006.
- [59] CEN/TC 350, *DIN EN 15804:2012-04: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte*, Beuth Verlag, 2012.
- [60] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, "Ökobau.dat 2011," Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Berlin, 2011.
- [61] PE INTERNATIONAL, "Methodische Grundlagen: Ökobilanzbasierte Umweltindikatoren im Bauwesen, Projektbericht," Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Leinfelden-Echterdingen, 2007.
- [62] A. Braune, "The EPD 2.0 Concept – Using Environmental Product Declarations for Life Cycle Management," in *LCM 2011*, Berlin, 2011.
- [63] DGNB GmbH, "DGNB Projekte - Gebäudebewertung zertifizierter Projekte," DGNB GmbH, [Online]. Available: <http://www.dgnb-system.de/de/projekte/>. [Accessed 26. Januar 2014].
- [64] BRE Global, "BREEAM - BRE Environmental Assessment Method," [Online]. Available: <http://www.breeam.org/about.jsp?id=66>. [Accessed 26. Januar 2014].
- [65] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung BBSR im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), "Vergleich des Systems des Deutschen Gütesiegels Nachhaltiges Bauen mit internationalen Systemen," Berlin, 2010.
- [66] P. Mösle, Entwicklung einer Methode zur Internationalisierung eines ganzheitlichen Zertifizierungssystems zum Nachhaltigen Bauen von Bürogebäuden, Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2010.
- [67] Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. , Handbuch Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude, Version 2009, Stuttgart: DGNB, 2009.

- [68] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), *Systemvariante BNB 2011_1 für Verwaltungsneubauten*, Berlin: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2011.
- [69] ecoinvent Centre, "ecoinvent Database," [Online]. Available: <http://www.ecoinvent.org/database/>. [Accessed 26. Januar 2014].
- [70] PE INTERNATIONAL, "GaBi Databases," PE INTERNATIONAL, Stuttgart, 2013.
- [71] European Commission - DG Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability, "EUROPA - Site on LCA Tools, Services and Data," 27 Mai 2010. [Online]. Available: <http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/datasetArea.vm>. [Accessed 5 Juli 2012].
- [72] B. Wittstock, J. Gantner and K. Lenz, "EeBGuide Guidance Document Part B: Buildings," Stuttgart, 2012.
- [73] F. Nemry, A. Uihlein, C. M. Colodel, B. Wittstock, A. Braune, C. Wetzel, I. Hasan, S. Niemeier, Y. Frech, J. Kreißig and N. Gallon, "Environmental Improvement Potentials of Residential Buildings (IMPRO-Building)," IPTS - JRC, Sevilla, 2008.
- [74] Ascona GbR Gesellschaft für ökologische Projekte, "Orientierungswerte für die Bewertung von Hochbauten - Erste Stufe: Bürogebäude," 2008.
- [75] Öko-Institut e.V., "Klimapolitische Eckpunkte für die Novelle des Energieeinsparungsgesetzes (EnEG)," Umweltbundesamt, Dessau, 2006.
- [76] DGNB GmbH, "DGNB Projekte - Gebäudebewertung zertifizierter Projekte," DGNB GmbH, Juli 2012. [Online]. Available: <http://www.dgnb.de/dgnb-system/de/projekte/>. [Accessed 25 Juli 2012].
- [77] A. Braune and I. Bauer, *EPD International: Umweltkommunikation und mehr (Webinar)*, Leinfelden-Echterdingen: PE INTERNATIONAL, 2012.
- [78] Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik, Technische Universität München, „Erstellen der Anwendungsbilanz 2009 und 2010 für den Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen,“ Arbeitsgemeinschaft

- Energiebilanzen e.V., Berlin, 2011.
- [79] A. Ronning and K.-A. Lyng, "State of the Art Study - How is Environmental Performance Measured for Buildings/Constructions?," in *Towards Life Cycle Sustainability Management*, Dordrecht, Heidelberg, London, New York, 2011.
- [80] E. Kreyszig, *Statistische Methoden und ihre Anwendungen*, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 1968.
- [81] Institut für Baumanagement, Gebäudedatenmanagement und Bewertung e.V., "FM Benchmarking Bericht," Prof. Uwe Rotermund Ingenieurgesellschaft mbH & Co KG, Höxter, 2009.
- [82] Jones Lang Lasalle, "OSCAR 2004 Büronebenkostenanalyse," Berlin, 2004.
- [83] Europäisches Parlament, Rat, *Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden*, Brüssel: Europäisches Parlament, Rat, 2010.
- [84] Deutsche Bundesregierung, "Bundesregierung: Energiekonzept: der Weg zur kohlenstoffarmen Gesellschaft," [Online]. Available: <http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Magazine/MagazinVerbraucher/013/t6-energiekonzept.html>. [Accessed 17. Februar 2014].
- [85] Institut für Bauen und Umwelt (IBU), "Leitfaden für die Formulierung der Anforderungen an die Produktkategorien der Umweltdeklarationen (Typ III) für Bauprodukte," Institut für Bauen und Umwelt (IBU), Königswinter, 2006.

10 Anhang

Tabelle 22: Indikatoren-Ergebnisse für die „Auswahl 1“ – Ist-Werte (Mittelwerte für N = 24 - 33)

Indikator	Einheit	Mittelwerte (arithmetisch) ^{###}			
		Gesamt-Gebäude Ist	Gebäude-Konstruktion Ist	Gebäude-Nutzung Ist	Anteil „Konstruktion“ an „Gesamt-Gebäude“
Treibhauspotenzial (GWP)	kg CO ₂ e /m ² NGFa* a	43,2	10,5	34,0	24%
Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	kg CFC11e /m ² NGFa* a	0,000004	0,00000051	0,0000032	14%
Ozonbildungspotenzial (POCP)	kg C ₂ H ₄ e /m ² NGFa* a	0,0077	0,0039	0,0041	51%
Versauerungspotenzial (AP)	kg SO ₂ e /m ² NGFa* a	0,089	0,035	0,055	39%
Überdüngungspotenzial (EP)	kg PO ₄ ³⁻ e /m ² NGFa* a	0,0093	0,0047	0,0047	51%
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	kWh PEne /m ² NGFa* a	185,8	41,4	152,3	22%
Primärenergiebedarf erneuerbar	kWh PEE /m ² NGFa* a	22,1	5,7	18,8	26%
Gesamtprimärenergiebedarf	kWh PEGes /m ² NGFa* a	207,5	44,2	172,8	21%

^{###} Hinweis: Die arithmetischen Mittelwerte für „Gesamtgebäude“, „Konstruktion“ und „Nutzung“ je Indikator liegen nicht für alle Gebäude vor. Aus diesem Grund ist bei allen Indikatoren die Summe „Konstruktion“ plus „Nutzung“ ungleich „Gesamt“.

Tabelle 23: Indikatoren-Ergebnisse für die „Auswahl 1“ – Gesamt-Ist-Werte und Gesamt-Referenzwerte
(Mittelwerte für N = 7 - 33)

Indikator	Einheit	Mittelwerte (arithmetisch)		
		Gesamt-Gebäude Ist	Gesamt-Gebäude Referenz	Verhältnis „Ist“ zu „Referenz“
Treibhauspotenzial (GWP)	kg CO ₂ e / m ² NGFa*a	43,2	57,971	75%
Ozonschicht-abbaupotenzial (ODP)	kg CFC11e / m ² NGFa*a	0,000004	0,0000039	90%
Ozonbildungs-potenzial (POCP)	kg C ₂ H ₄ e / m ² NGFa*a	0,0077	0,0080	96%
Versauerungs-potenzial (AP)	kg SO ₂ e / m ² NGFa*a	0,089	0,17	53%
Überdüngungs-potenzial (EP)	kg PO ₄ ³⁻ e / m ² NGFa*a	0,0093	0,020	47%
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	kWh PEne / m ² NGFa*a	185,8	260,8	71%
Primärenergiebedarf erneuerbar	kWh PEE / m ² NGFa*a	22,1	15,6	142%
Gesamtprimär-energiebedarf	kWh PEGes / m ² NGFa*a	207,5	286,9	72%

Hauptkriterien-Gruppe	Kriterien-Gruppe	Nr.	Kriterium	NBV09		NBV08									
				spezifischer Bedeutungsfaktor	Anteil Hauptkriterien-Gruppe an Gesamtbewertung	Spezifische Gewichtung im Gesamtsystem	spezifischer Bedeutungsfaktor	Anteil Hauptkriterien-Gruppe an Gesamtbewertung	Spezifische Gewichtung im Gesamtsystem						
Ökologische Qualität	Ökobilanz	1	Treibhauspotenzial (GWP)	3	22,5%	3,4%	3	22,5%	3,5%						
		2	Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	1		1,1%			0,5	0,6%					
		3	Ozonbildungspotenzial (POCP)	1		1,1%			0,5	0,6%					
		4	Versauerungspotenzial (AP)	1		1,1%			1	1,2%					
		5	Überdüngungspotenzial (EP)	1		1,1%			1	1,2%					
	Ressourcenansprüche und lokale Umweltwirkungen auf die globale und lokale Umwelt	Abfallaufkommen	6	Risiken für die lokale Umwelt		3			3,4%	3	3,5%				
			8	Nachhaltige Ressourcenverwendung/ Holz		1			1,1%	1	1,2%				
			9	Mikroklima		0			0,0%	0,5	0,6%				
			10	Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf (PE _{nc})		3			3,4%	3	3,5%				
			11	Ges.-Primärenergiebed. u. Anteil erneuerbar (PE _{ges})		2			2,3%	2	2,3%				
			14	Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen		2			2,3%	2	2,3%				
			15	Flächeninanspruchnahme		2			2,3%	2	2,3%				
			Ökonomische Qualität	Wertentwicklung		16			gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	3	22,5%	13,5%	3	22,5%	13,5%
						17			Drittverwendungsfähigkeit	2	9,0%	2	9,0%		
			Soziokulturelle und funktionale Qualität	Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit		18			Thermischer Komfort im Winter	2	22,5%	1,6%	2	22,5%	1,6%
19	Thermischer Komfort im Sommer	3			2,4%	3	2,4%								
20	Innenraumhygiene	3			2,4%	3	2,4%								
21	Akustischer Komfort	1			0,8%	1	0,8%								
22	Visueller Komfort	3			2,4%	3	2,4%								
23	Einflussnahmemöglichkeiten des Nutzers	2			1,6%	2	1,6%								
24	Gebäudebezogene Außenraumqualität	1			0,8%	1	0,8%								
25	Sicherheit und Störfallrisiken	1			0,8%	1	0,8%								
Funktionalität	26	Barrierefreiheit		2	1,6%	2	1,6%								
	27	Flächeneffizienz		1	0,8%	1	0,8%								
	28	Umnutzungsfähigkeit		2	1,6%	2	1,6%								
	29	Öffentliche Zugänglichkeit		2	1,6%	2	1,6%								
	30	Fahrradkomfort		1	0,8%	1	0,8%								
Gestalterische Qualität	31	Sicherung der gestalterischen und städtebaulichen Qualität im Wettbewerb		3	2,4%	3	2,4%								
	32	Kunst am Bau		1	0,8%	1	0,8%								
Technische Qualität	Qualität der technischen Ausführung	33	Brandschutz	2	22,5%	4,5%	2	22,5%	4,5%						
		34	Schallschutz	2		4,5%			2	4,5%					
		35	Wärme- und feuchteschutztechnische Qualität der Gebäudehülle	2		4,5%			2	4,5%					
		40	Reinigungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit des Baukörpers	2		4,5%			2	4,5%					
Prozessqualität	Qualität der Planung	42	Rückbaubarkeit, Recyclingfreundlichkeit, Demontagefreundlichkeit	2	10,0%	4,5%	2	10,0%	4,5%						
		43	Qualität der Projektvorbereitung	3		1,3%			3	1,3%					
		44	Integrale Planung	3		1,3%			3	1,3%					
		45	Optimierung und Komplexität der Herangehensweise in der Planung	3		1,3%			3	1,3%					
		46	Sicherung der Nachhaltigkeitsaspekte in Ausschreibung und Vergabe	2		0,9%			2	0,9%					
		47	Schaffung von Voraussetzungen für eine optimale Nutzung und Bewirtschaftung	2		0,9%			2	0,9%					
		48	Baustelle / Bauprozess	2		0,9%			2	0,9%					
	Qualität der Bauausführung	49	Qualität der ausführenden Firmen / Präqualifikation	2		0,9%			2	0,9%					
		50	Qualitätssicherung der Bauausführung	3		1,3%			3	1,3%					
		51	Systematische Inbetriebnahme	3		1,3%			3	1,3%					
Standortqualität: gesonderte Bewertung															
Standortqualität	Standortqualität	56	Risiken am Mikrostandort	2	100,0%	15,4%	2	100,0%	15,4%						
		57	Verhältnisse am Mikrostandort	2		15,4%			2	15,4%					
		58	Image und Zustand von Standort und Quartier	2		15,4%			2	15,4%					
		59	Verkehrsanbindung	3		23,1%			3	23,1%					
		60	Nähe zu nutzungsspezifischen Einrichtungen	2		15,4%			2	15,4%					
		61	Anliegende Medien, Erschließung	2		15,4%			2	15,4%					

Abbildung 56: DGNB-Kriterien mit spezifischen Bedeutungs- und Gesamtgewichtungsfaktoren, Nutzungsvarianten NBV09 (grau hinterlegt) und NBV08

MODUL 1: Ist-Zustand, Ziel-Zustand und Entwicklungspfade								
Zeitpunkt der Ziel-Definition		Datum						
Zeitpunkt der Zielerreichung		Datum						
Zeitraum bis Zielerreichung		Jahre						
Dauer einer Periode		Jahre						
Stichprobenumfang initiale Ist-Wert-Ermittlung		Anzahl Gebäude						
		Kumulierte BGF m ²						
	Treibhaus- potenzial	Ozonschicht- zerstörungs- potenzial	Photochemisches Oxidantien- bildungspotenzial	Versauerungs- potenzial	Eutrophierungs- potenzial	Primärenergie nicht erneuerbar	Gesamtprimär- energie	Anteil Primärenergie erneuerbar
	GWP	ODP	POCP	AP	EP	PEne	PEges	PEern
Ist-Zustand (Phase 1.1)								
Initiale Ist-Werte	[kg CO ₂ e/m ² NGFa*a]	[kg CFC _{1,1} e/m ² NGFa*a]	[kg C ₂ H ₄ /m ² NGFa*a]	[kg SO ₂ e/m ² NGFa*a]	[kg PO ₄ ³⁻ /m ² NGFa*a]	[MJne/m ² NGFa*a]	[MJges/m ² NGFa*a]	[%]
Mittlere Ist-Werte (xarith) Gesamt G _{Ist}								
Konstruktion K _{Ist}								
Nutzung N _{Ist}								
10%-Perzentile								
25%-Perzentile								
Mediane (50%-Perzentile)								
75%-Perzentile								
90%-Perzentile								
Standardabweichung s								
Zeitpunkt Ist-Wertermittlung								
Ziel-Zustand (Phase 1.2)								
Zielsetzungs-Motivation								
Art der Zielsetzung								
Richtung der Zielsetzung								
Art des Vergleichswerts								
Bezugswert								
Quantitative Änderung								
Ziel-Sollwerte	[kg CO ₂ e/m ² NGFa*a]	[kg CFC _{1,1} e/m ² NGFa*a]	[kg C ₂ H ₄ /m ² NGFa*a]	[kg SO ₂ e/m ² NGFa*a]	[kg PO ₄ ³⁻ /m ² NGFa*a]	[MJ/m ² NGFa*a]	[MJ/m ² NGFa*a]	[%]
Gesamt-Gebäude								
Konstruktion								
Nutzung								
Zeitpunkt der Zielerreichung								
Entwicklungspfad (Phase 1.3)								
Durchschnittliche Änderungsrate pro Jahr								
Durchschnittliche Änderungsrate pro Periode								
Annäherungs- und Ziel-Sollwerte G_{Soll}	[kg CO ₂ e/m ² NGFa*a]	[kg CFC _{1,1} e/m ² NGFa*a]	[kg C ₂ H ₄ /m ² NGFa*a]	[kg SO ₂ e/m ² NGFa*a]	[kg PO ₄ ³⁻ /m ² NGFa*a]	[MJ/m ² NGFa*a]	[MJ/m ² NGFa*a]	[%]
Annäherungswert 2010/2011								
Annäherungswert 2012/2013								
Annäherungswert 2014/2015								
Annäherungswert 2016/2017								
Annäherungswert 2018/2019								
Annäherungswert 2020/2021								
Annäherungswert 2022/2023								
Annäherungswert 2024/2025								
Annäherungswert 2026/2027								
Annäherungswert 2028/2029								
Erreichter Ziel-Sollwert 2030								
Toleranzbereich								
Toleranzgrenze 2010/2011								
Toleranzgrenze 2012/2013								
Toleranzgrenze 2014/2015								
Toleranzgrenze 2016/2017								
Toleranzgrenze 2018/2019								
Toleranzgrenze 2020/2021								
Toleranzgrenze 2022/2023								
Toleranzgrenze 2024/2025								
Toleranzgrenze 2026/2027								
Toleranzgrenze 2028/2029								
Erreichter Ziel-Sollwert 2030								

Abbildung 57: Vorlage für Definition des Ziel-Zustandes (Phase 1.2)

Tabelle 24: Eingabeformat der Ökobilanz-Ist-Werte (DGNB LCA Formblatt)

DATENERMITTLUNG - ÖKOBILANZ /VEREINFACHTES RECHENVERFAHREN/												
PROJEKTNAME		SB01	SB02	SB03	SB04	SB05	SB10	SB11				
		GWP / CO ₂	ODP / CFC ₁₁	POCP / C ₂ H ₄	AP / SO ₂	EP / PO ₄ ³⁻	PEne	PEe	PEges			
Einheit		[kg/m ² NGFa*a]	[kg/m ² NGFa*a]	[kg/m ² NGFa*a]	[kg/m ² NGFa*a]	[kg/m ² NGFa*a]	[kWh/m ² NGFa*a]	[kWh/m ² NGFa*a]	[kWh/m ² NGFa*a]			
G _{ref}	/Gesamtwert (K+N)/		9,40	0,00000053	0,00420	0,0670	0,00530	55,00		61,00		
	Referenzwerte	K _{ref} /Herstellung, Instandhaltung, Entsorgung/	9,40	0,00000053	0,00420	0,0670	0,00530	55,00		61,00		
		N _{ref} /Betrieb/	0,00	0,00000000	0,00000	0,0000	0,00000	0,00		0,00		
		N _{stref} /Strombedarf, Nutzungsphase/										
		N _{wstref} /Wärmebedarf, Nutzungsphase/										
G _{ist}	/Gesamtwert (K+N)/		0,00	0,00000000	0,00000	0,0000	0,00000	0,000	0,000	0,000		
Ist-Werte	K _{ist}	/Herstellung, Instandhaltung, Entsorgung/		0,000	0,00000000	0,00000	0,0000	0,00000	0,000	0,000	0,000	
		H _{ist}	/Herstellung/		0,000	0,00000000	0,00000	0,0000	0,00000	0,000	0,000	0,000
	Ist-Werte	Ist-Werte	H _{ist} (KG 310)	Baugrube								0,000
			H _{ist} (KG 320)	Gründung								0,000
			H _{ist} (KG 330)	Außenwände								0,000
			H _{ist} (KG 340)	Innenwände								0,000
			H _{ist} (KG 350)	Decken								0,000
			H _{ist} (KG 360)	Dächer								0,000
			H _{ist} (KG 370)	Baukonstruktive Einbauten								0,000
			H _{ist} (KG 380)	Sonstige Baukonstruktionen								0,000
			H _{ist} (KG 410)	Abwasser, Wasser,								0,000
			H _{ist} (KG 420)	Wärmeversorgungsanlagen								0,000
			H _{ist} (KG 430)	Lufttechnische								0,000
			H _{ist} (KG 440)	Starkstromanlagen								0,000
			H _{ist} (KG 450)	Fernmeldeanlagen								0,000
			H _{ist} (KG 460)	Förderanlagen								0,000
			H _{ist} (KG 470)	Nutzungsspezifische Anlagen								0,000
			H _{ist} (KG 480)	Gebäudeautomation								0,000
			H _{ist} (KG 490)	Sonstige technische Anlagen								0,000
			Ist-Werte	E _{st}	/Rückbau, Entsorgung/		0,000	0,00000000	0,00000	0,0000	0,00000	0,000
E _{st} (1)	Metalle										0,000	
E _{st} (2)	Minerallische Baustoffe										0,000	
E _{st} (3)	Materialien mit einem Heizwert (Holz, Kunststoffe, etc.)										0,000	
E _{st} (4)	Wärmeerzeuger										0,000	
E _{st} (5)	Alle sonstigen Materialien, die auf Bauschutt- oder Hausmülldeponien										0,000	
I _{ist}	/Instandhaltung/										0,000	
N _{ist}	/Betrieb/			0,000	0,00000000	0,00000	0,0000	0,00000	0,000	0,000	0,000	
N _{st}	/Strombedarf, Nutzungsphase/										0,000	
N _{wst}	/Wärmebedarf, Nutzungsphase/										0,000	

Tabelle 25: Zeitliche Abfolge der Veröffentlichung relevanter Standards zur Ökobilanz und zum nachhaltigen Bauen

Jahr	Ereignis
1997	Veröffentlichung „ISO 14040: LCA: Principles and Framework“
1998	Veröffentlichung „ISO 14041: LCA: Goal and Scope“
2000	Veröffentlichung „ISO 14042: LCA: Impact Assessment“
2000	Veröffentlichung „ISO 14043: LCA: Interpretation“
2001	Veröffentlichung „ISO 14020: Labels General Principles“
2004	Mandatvergabe für CEN/TC 350
2006	Veröffentlichung „ISO 14025: Labels: Type III EPDs“
2006	Veröffentlichung der Neufassung „ISO 14040: LCA Principles and Framework“
2006	Veröffentlichung der Neufassung „ISO 14044: LCA: Requirements and Guidelines“
2006	Veröffentlichung des „Allgemeinen Leitfadens“ des Instituts für Bauen und Umwelt e.V. (IBU) für Umweltdeklarationen von Bauprodukten [85]
2007	Veröffentlichung „ISO 21930: EPDs for Construction Products“
2010	Veröffentlichung „CEN TR 15941: Generic Data“
2010	Veröffentlichung „EN 15643-1: General Framework“
2011	Veröffentlichung „EN 15643-2: Environmental Framework“
2011	Veröffentlichung „EN 15878: Building level Calculation methods“
2011	Veröffentlichung „EN 15942: EPD B2B Communication Formats“
2011	Veröffentlichung der Bauproduktenverordnung (CPR)
2012	Veröffentlichung „EN 15643-3: Social Framework“
2012	Veröffentlichung „EN 15643-4: Economic Framework“
2012	Veröffentlichung „EN 15804 Core Rules for the Product Category Construction products“

2007 Wärmeerzeugung Bürobaute

GaBi 4 Prozessplan: Energie (unterschiedl. Hebezeit) (kWh)
Es werden die Namen der Bauprozesse angezeigt.

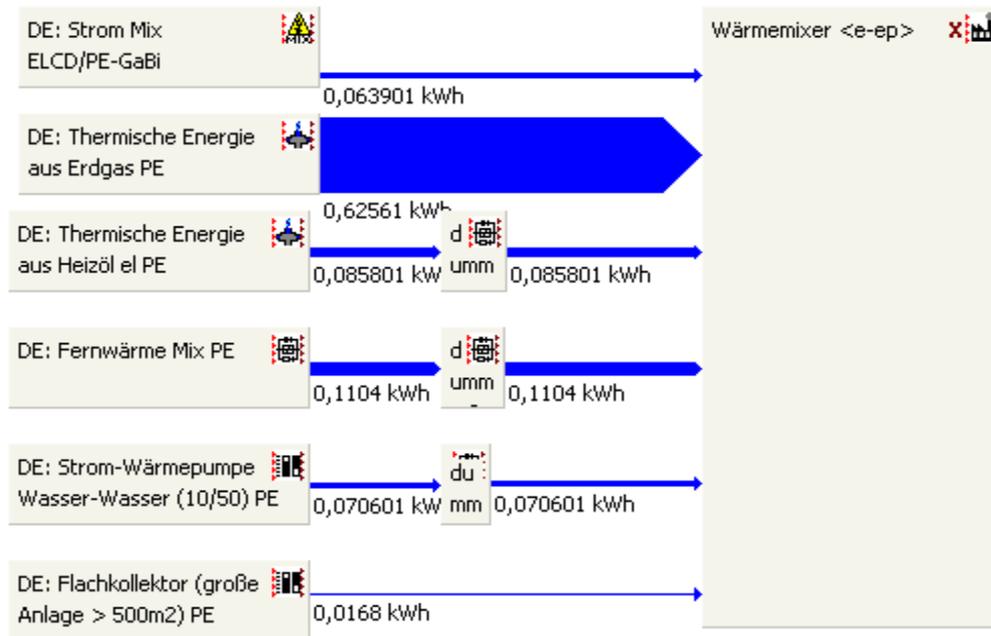


Abbildung 58: Ökobilanz-Modellierung der durchschnittlichen Wärmeerzeugung von Bürobaute gemäß Angaben Statistisches Bundesamt 2008

Tabelle 26: Ökobilanzergebnisse für durchschnittliche Wärmeerzeugung von Bürobauten gemäß Angaben Statistisches BA 2008 für Ermittlung f_{WRef}

2007 Wärmeerzeugung Bürobauten pro kWh	Gesamt pro kWh						
		DE: Fern- wärme Mix PE	DE: Flach- kollektor (große Anlage > 500m ²) PE	DE: Strom Mix ELCD/PE -GaBi	DE: Strom- Wärme- pumpe Wasser- Wasser (10/50) PE	DE: Thermi- sche Energie aus Erd- gas PE	DE: Thermi- sche Energie aus Heizöl el PE
CML2001 - Nov. 09, Eutrophierungspo- tential (EP) [kg Phosphat-Äqv.]	3,09E-05	2,69E-06	8,34E-08	6,39E-06	1,87E-06	1,64E-05	3,50E-06
CML2001 - Nov. 09, Ozonabbaupotenti- al (ODP, katalyti- sches) [kg R11- Äqv.]	1,08E-08	3,97E-11	1,05E-10	7,99E-09	2,36E-09	2,18E-10	4,75E-11
CML2001 - Nov. 09, Photochem. Oxi- dantienbildungs- pot. (POCP) [kg Ethen-Äqv.]	2,54E-05	2,13E-06	6,57E-08	5,03E-06	1,47E-06	1,33E-05	3,48E-06
CML2001 - Nov. 09, Treibhauspotential (GWP 100 Jahre) [kg CO₂-Äqv.]	0,2492477 27	0,0222845 3	0,0005927 7	0,045208 76	0,0132854 1	0,141759 42	0,026116 84
CML2001 - Nov. 09, Versauerungspo- tential (AP) [kg SO₂-Äqv.]	2,65E-04	2,08E-05	1,02E-06	7,79E-05	2,29E-05	1,10E-04	3,22E-05
Primärenergiebe- darf aus reg. Res- ourcen (unterer Heizwert) [MJ]	0,5345117 41	1,97E-04	0,2326501 3	0,035484 48	0,2646309 9	0,001146 89	0,000402 05
Primärenergiebe- darf aus reg. und nicht reg. Ressour- cen (unterer Heiz- wert) [MJ]	4,5496506 08	0,3501342 36	0,2419315 6	0,741842 48	0,4726511 9	2,379917 21	0,363173 93
Primärenergiebe- darf aus Ressour- cen (unterer Heiz- wert) [MJ]	4,0151388 67	0,3499370 35	0,0092814 3	0,706358	0,2080201 9	2,378770 32	0,362771 89

Datenerfassung Gebäude-Ökobilanz: Charakterisierung und Umfang der erfassten Daten			
Bezeichnung der Datenerfassung			
Kennzahlensystem	Gebäude-Ökobilanz gemäß...		
	Bewertung gemäß ...		
	Nutzungsvariante DGNB		
Zeitraumen	Zeitraumen der Erfassung		
	Perioden gemäß Zieldefinition		
Umfang	Anzahl Gebäude		
	Erfasste Fläche (BGFa kumuliert)		m ²
Datenqualität	Anteil DGNB geprüfte Gebäude		
	Art der Datenerfassung		
Charakterisierung	Durchschnittlicher Endenergiebedarf		kWh/m ² a
	Durchschnittlicher Heizwärmebedarf		kWh/m ² a
	Durchschnittlicher Kühlenergiebedarf		kWh/m ² a
	Durchschnittlicher Strombedarf		kWh/m ² a
	Durchschnittlicher Endenergiebedarf Referenzgeb.		kWh/m ² a
	Durchschnittliche Unterschreitung EnEV		%
	Typ und Anteil Energieträger Wärme 1		
	Typ und Anteil Energieträger Wärme 2		
	Typ und Anteil Energieträger Wärme 3		
	Typ und Anteil Energieträger Kälte 1		
	Typ und Anteil Energieträger Kälte 2		
	Typ und Anteil Energieträger Kälte 3		
	Typ und Anteil Rohbauart 1		
	Typ und Anteil Rohbauart 2		
	Typ und Anteil Rohbauart 3		
	Typ und Anteil Fassadenart 1		
	Typ und Anteil Fassadenart 2		
	Typ und Anteil Fassadenart 3		

Abbildung 59: Datenerfassungsblatt „Charakterisierung und Umfang“

Projektname / ID			
Baukörper	Rohbau-Typ		Typ
	Baustoffgewicht (bilanzierte Masse)		kg
	Anteil Holz am Gesamtgewicht		%
	Anteil Metall (ohne Bewehrung) am Gesamtgewicht		%
	Anteil Beton am Gesamtgewicht		%
	Überw. Typ Geschossdecken (mit Angabe Dicke)		Typ
	Flächengewicht der Decken (Durchschnitt)		kg/m ²
	Überw. Typ Innenwände		Typ
	Flächengewicht der Innenwände (Durchschnitt)		kg/m ²
	Dachtyp		Typ
Flächengewicht des Daches		kg/m ²	
Flächen und Volumina (nach DIN 277)	Brutto-Grundfläche (BGFa)		m ²
	Netto-Grundfläche (NGFa)		m ²
	Netto-Grundfläche gemäß EnEV		m ²
	A/V-Verhältnis		
	BRI		m ³
Vertikale Flächen	Überw. Typ der Fassade		Typ
	Flächengewicht der Fassade (Durchschnitt)		kg/m ²
	Verglasungsart		Typ
	Thermische Hüllfläche		m ²
Energieversorgung	Erstelldatum EnEV-Berechnung		Jahr
	Art der Wärmeerzeugung		Typ
	Energieträger Wärmeerzeugung		Typ
	Art der Kälteerzeugung		Typ
	Energieträger Kälteerzeugung		Typ
	Klimatisierung		Typ
	Endenergie gesamt		kWh/m ² a
	Heizwärmebedarf		kWh/m ² a
	Kühlenergiebedarf		kWh/m ² a
	Strombedarf (ohne Nutzer)		kWh/m ² a
	Endenergie Referenzgebäude EnEV		kWh/m ² a
Unterschreitung Vorgaben Referenzgebäude		%	

Abbildung 60: Datenerfassungsblatt „Charakteristische Gebäude-Kenngrößen, ausführlich“

Tabelle 27: Primärdaten: Initiale Ist-Werte GWP G_{ist} , K_{ist} und N_{ist} der Stichprobe A

Initiale Ist-Werte GWP der Stichprobe A			
Gebäude-Kürzel	Gist	Kist	Nist
1	77,4	25,5	51,9
2	38,7	5,6	33,1
3	29,9	14,5	11,9
4	31,9	11,6	20,2
5	51,9	13,0	38,9
6	39,0	6,9	32,1
7	39,2	9,5	29,7
8	27,6	12,5	15,1
9	25,6	13,0	0,0
10	34,5	7,5	27,0
11	47,1	4,2	38,6
12	33,7	0,0	0,0

Tabelle 28: Statistische Datenauswertung: Initiale Ist-Werte GWP G_{ist} , K_{ist} und N_{ist} der Stichprobe A

Initiale Ist-Werte GWP der Stichprobe A	Ist-Werte
Mittelwert Ist	39,7
Varianz	198,9
Standardabweichung	14,1
Min	25,6
10. Perzentil	27,8
1. Quartil (25.Perzentil)	31,4
Median Ist	36,6
3. Quartil (75.Perzentil)	41,2
90. Perzentil	51,5
Max	77,4

Tabelle 29: Primärdaten: Ist-Werte GWP G_{ist} der Beispielanwendung

Gebäude (Zuordnung)	GWP G_{ist}
AH (A)	21,8
AF (A)	25,8
D (A)	27,1
E (B)	31,6
S (B)	36,1
B (B)	36,5
V (B)	36,5
AD (C)	37,0
AB (C)	37,9
AA (C)	40,6
C (C)	41,4
D (D)	41,7
T (D)	43,0
AC (D)	50,3
X (D)	55,0
A (E)	57,0
AG (E)	62,9
AE (E)	64,0
U (E)	64,5
Q (F)	64,9
Y (F)	73,4

Tabelle 30: Statistische Datenauswertung: Ist-Werte GWP G_{ist} der Beispielanwendung

	Ist-Werte
Stichprobenumfang	21
Mittelwert Ist	45,2
Varianz	216,3
Standardabweichung	14,7
Min	21,8
10. Perzentil	27,1
1. Quartil (25.Perzentil)	36,5
Median Ist	41,4
3. Quartil (75.Perzentil)	57,0
90. Perzentil	64,5
Max	73,4

Die Umsetzung nachhaltiger Entwicklung hat zum Ziel, die Bedürfnisse der Menschen in Einklang mit verfügbaren ökologischen und wirtschaftlichen Ressourcen zu bringen. Der Bau- und Immobiliensektor bietet in Deutschland ein enormes ökologisches Verbesserungspotenzial. Für die Umsetzung von Maßnahmen zur Reduktion von Umweltwirkungen des Sektors sind klare, dirigierende und Akteurs-spezifische Anleitungen für unser heutiges und zukünftiges Handeln nötig. Vergleichswerte (Benchmarks) für »ökologisch nachhaltige Gebäude« helfen, eine nachhaltiger gebaute Umwelt zu erschaffen. Wie jedoch können Benchmarks bereitgestellt werden, die sowohl eine aktuelle Bewertung erlauben als auch langfristige übergeordnete ökologische Nachhaltigkeitsziele verfolgen?

Die Dissertation stellt eine methodische Basis zur Entwicklung von zukunftsorientierten Benchmarks für eine lebenszyklusbasierte Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit von Immobilien zur Verfügung. Hierzu wurde eine Methode entwickelt, die als Basis zwei prinzipielle Konzepte verbindet: Die Grundlagen der Methodik von Umweltkennzahlen-Managementsystemen zur Formulierung und Steuerung von Zielen und Gebäude-Ökobilanz-Kennzahlen zur Ermittlung lebenszyklusumfassender ökologischer Leistungswerte für Immobilien. Die Methode wird anhand eines Beispiels demonstriert.

Die Methode hilft politischen Entscheidungsträgern sowie öffentlichen oder privaten Organisationen ein Vorgehen zu entwickeln, wie langfristige ökologische Ziele für den Bau- und Immobiliensektor gesetzt und diese in Form konkreter Benchmarks für Immobilien umgesetzt und verfolgt werden können.

ISBN 978-3-8396-0851-7



9 783839 608517