

DIN

— Andrea Pelzeter

Lebenszyklus-Management von Immobilien

Ressourcen- und Umweltschonung in
Gebäudekonzeption und -betrieb

Beuth

GEFMA

Lebenszyklus-Management von Immobilien

(Leerseite)



Prof. Dr. Andrea Pelzeter

Lebenszyklus-Management von Immobilien

Ressourcen- und Umweltschonung
in Gebäudekonzeption und -betrieb

1. Auflage 2017

Herausgeber:
DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Beuth Verlag GmbH · Berlin · Wien · Zürich

Herausgeber: DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

© 2017 Beuth Verlag GmbH

Berlin · Wien · Zürich

Am DIN-Platz

Burggrafenstraße 6

10787 Berlin

Telefon: +49 30 2601-0

Telefax: +49 30 2601-1260

Internet: www.beuth.de

E-Mail: kundenservice@beuth.de

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in elektronische Systeme.

Die im Werk enthaltenen Inhalte wurden von Verfasser und Verlag sorgfältig erarbeitet und geprüft. Eine Gewährleistung für die Richtigkeit des Inhalts wird gleichwohl nicht übernommen. Der Verlag haftet nur für Schäden, die auf Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit seitens des Verlages zurückzuführen sind. Im Übrigen ist die Haftung ausgeschlossen.

Titelbild: © fotolia, imagophotodesign

Satz: B & B Fachübersetzergesellschaft mbH, Berlin

Druck: COLONEL, Kraków

Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier nach DIN EN ISO 9706

ISBN 978-3-410-25927-5

ISBN (E-Book) 978-3-410-25928-2

Autorenporträt

Frau Prof. Dr. Andrea Pelzeter studierte Architektur und später Immobilienökonomie, promovierte über die Lebenszykluskosten von Immobilien an der ebs European Business School, Oestrich-Winkel.

Nach Tätigkeiten als Architektin und wissenschaftliche Mitarbeiterin der ebs Immobilienakademie in Berlin wurde sie 2007 an die Hochschule für Wirtschaft und Recht (HWR) in Berlin als Professorin für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Facility Management (FM) berufen.

2010 verantwortete sie die GEFMA-Richtlinie 220 zur Lebenszykluskostenermittlung im FM. Seit 2012 leitet sie den GEFMA-Arbeitskreis zur Zertifizierung von Nachhaltigkeit im FM.



Danksagung

Dass es dieses Buch gibt, verdanke ich der Anregung und Unterstützung von vielen Personen, denen ich an dieser Stelle meinen Dank aussprechen möchte.

Sarah Merz vom Beuth Verlag danke ich für die Idee zu diesem Buch über das Lebenszyklus-Management (LzM) von Immobilien, das mir die Gelegenheit gab, die Ergebnisse meiner Forschungen und die Erfahrungen aus 20 Jahren Berufsleben zusammenzutragen. Die systematische Aufbereitung der Fallstudien mit beispielhaften Lösungen im LzM hat mir viel Freude bereitet und neue Erkenntnisse ermöglicht. Für das darin verarbeitete Material und die Bereitschaft zum inhaltlichen Austausch bin ich folgenden Personen zum Dank verpflichtet: Willem Bruijn, Annelie Casper, Dietmar Eberle, Henning Enste, Jochen Freivogel, Thilo Herzig, Nicolas Kerz, Donald Müller-Judex, Matthias Rammig und Claudia Schwind.

Schließlich danke ich meiner Familie: meiner Mutter Helga Schaller für die sorgfältige Durchsicht der Endfassung, meinen Kindern Julia und Carla für die „moralische“ Unterstützung sowie meinem Mann Christian für die fachliche Beratung bei der Umsetzung dieses Buchvorhabens im vergangenen Jahr.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Lebenszyklus-Management – Ziele und Aktivitäten	4
2.1	Definition	4
2.2	Zielstellungen des Lebenszyklus-Managements	4
2.3	Einflusspotenzial von Aktivitäten im Lebenszyklus	6
2.4	Aktivitäten des Lebenszyklus-Managements	11
2.4.1	Aktivitäten zur Steuerung der Nutzbarkeit	11
2.4.2	Aktivitäten zur Steuerung des Ressourceneinsatzes	23
2.4.3	Aktivitäten zur Steuerung der Information	33
2.4.4	Aktivitäten zur Steuerung der Umweltbelastung	42
2.5	Vision – das Optimum im Lebenszyklus-Management	45
3	Kennzahlen für das Lebenszyklus-Management	50
3.1	Definition allgemeiner Kennzahlen für Immobilien	50
3.1.1	Flächen	50
3.1.2	Kosten	51
3.1.3	Energie	56
3.1.4	Lebensdauer	57
3.2	Ermittlung von Lebenszykluskosten	59
3.2.1	Definition der Lebenszykluskosten	59
3.2.2	Lebenszykluskosten-Ermittlung nach GEFMA/IFMA 220	60
3.2.3	Weitere Standards zur Ermittlung von Lebenszykluskosten	67
3.2.4	Beispiel für Lebenszykluskosten-Ermittlung	71
3.3	Ökobilanz – Life Cycle Assessment	79
3.3.1	Definition	80
3.3.2	Vorgehen nach ISO 14040	80
3.3.3	Datenquellen für die Ökobilanzierung	86
3.3.4	Vereinfachtes Verfahren nach BNB	89
3.3.5	Carbon Footprint – CO ₂ -Fußabdruck	90
3.3.6	Exkurs: Zertifizierung geschlossener Stoffkreisläufe (cradle to cradle)	92
3.3.7	Beispiel für eine Ökobilanz	94
3.4	Bewertung der Nachhaltigkeit von Prozessen des Facility Managements	98
3.4.1	Definition von Facility Management	98
3.4.2	GEFMA-Richtlinie 160 – Nachhaltigkeit im Facility Management	99
3.4.3	Bewertung gemäß GEFMA 160	101
3.4.4	Weitere Standards zur Bewertung von Nachhaltigkeit im Gebäudebetrieb	105

3.4.5	Beispiel für eine Bewertung	106
3.5	Zusammenfassung Kennzahlen	113
4	Optimierungskonzepte für den Lebenszyklus von Immobilien	114
4.1	Reduktion der Lebenszykluskosten	114
4.1.1	Vorbemerkung	114
4.1.2	Grundprinzipien	114
4.1.3	Folgekosten reduzieren durch Erhöhung der Herstellungskosten	115
4.1.4	Herstellungskosten reduzieren durch Erhöhung der Folgekosten	121
4.1.5	Herstellungs- und Folgekosten gleichermaßen reduzieren	123
4.1.6	Folgekosten reduzieren ohne Auswirkung auf Herstellungskosten	124
4.2	Reduktion des CO ₂ -Ausstoßes	125
4.2.1	Grundprinzipien	125
4.2.2	Gebäude als CO ₂ -Senke	125
4.2.3	Energie CO ₂ -arm gewinnen	126
4.2.4	Energieverbrauch in der Nutzungsphase senken	128
4.2.5	Transportaufwand reduzieren	129
4.3	Verbesserung der Nachhaltigkeit im Facility Management	131
4.4	Technische Innovationen	135
4.4.1	Fassadenmaterialien	135
4.4.2	Integrierte Stromerzeugung	136
4.4.3	Energiespeicherung	138
4.4.4	Sensorsteuerung	138
4.4.5	Roboter im Gebäudemanagement	139
4.5	Zusammenfassung der Optimierungskonzepte	140
5	Best Practices im Lebenszyklus-Management	141
5.1	Beispiel mit hohem Technikeinsatz (High Tech)	141
5.1.1	Haus 2019 – Gebäudebeschreibung	141
5.1.2	Allgemeine Kennzahlen	147
5.1.3	Maßnahmen des LzM – Nutzbarkeit	148
5.1.4	Maßnahmen des LzM – Ressourceneinsatz und Umweltschonung	150
5.1.5	Lebenszykluskosten	154
5.1.6	Ökobilanz	157
5.1.7	Interview zu Haus 2019 – Nicolas Kerz	159
5.2	Beispiel mit „passiven“ Bauelementen (Low Tech)	161
5.2.1	Haus 2226 – Gebäudebeschreibung	161
5.2.2	Interview zu Haus 2226 – Dietmar Eberle	167

5.2.3	Allgemeine Kennzahlen	170
5.2.4	Maßnahmen des LzM – Nutzbarkeit	171
5.2.5	Maßnahmen des LzM – Ressourceneinsatz und Umweltschonung	172
5.2.6	Lebenszykluskosten	175
5.2.7	Ökobilanz	177
5.3	Beispiel zur Weiterentwicklung eines Bestandsgebäudes	179
5.3.1	Generalsanierung Wohnhochhaus Pforzheim – Gebäudebeschreibung	179
5.3.2	Allgemeine Kennzahlen	187
5.3.3	Interview zur Generalsanierung Wohnhochhaus Pforzheim – Jochen Freivogel ..	188
5.3.4	Maßnahmen des LzM – Nutzbarkeit	190
5.3.5	Maßnahmen des LzM – Ressourceneinsatz und Umweltschonung	191
5.3.6	Lebenszykluskosten	192
5.3.7	Ökobilanz	195
5.4	Synopse der Lebenszyklus-Kennzahlen der Fallbeispiele	196
5.4.1	Lebenszykluskosten im Vergleich	196
5.4.2	Umweltwirkungen im Vergleich	199
5.4.3	Vergleich am Gebäudemodell	200
5.5	Schlussfolgerungen für das LzM	207
6	Kritische Reflexion eines kennzahlenbasierten Lebenszyklus-Managements ..	210
6.1	Drei Fragen	210
6.2	Fünf Thesen	213
7	Fazit	217
	Literaturverzeichnis	221

(Leerseite)

1 Einleitung

Da Immobilien einen langen Lebenszyklus haben, erscheint es bedeutsam, diesen in allen seinen Phasen strategisch auszurichten, also zu managen. Doch angesichts der zahlreichen, verschiedenen Akteure im Lebenszyklus von Immobilien und der ebenso vielfältigen, möglichen Zielsysteme mit entsprechenden Kennzahlen steckt in dem Begriff Lebenszyklus-Management (LzM) ein hoher Anspruch.

Woher kommt das Interesse an LzM?

Das Prinzip der **Nachhaltigkeit** findet Eingang in immer mehr Wirtschaftsbereiche. Nachhaltige Entwicklung wurde im Brundtland-Bericht 1987 definiert als ein Wirtschaften, das heutige Bedürfnisse so erfüllt, dass künftige Generationen noch immer die gleichen Möglichkeiten zu ihrer eigenen Bedürfniserfüllung haben werden. Daraus resultiert der Anspruch, das wirtschaftliche Handeln auf einen langfristigen Zeithorizont auszurichten. Dem entspricht das Konzept des LzM bei Immobilien und deren Lebensdauer von 50 bis 100 Jahren – und mehr.

Außerdem wird erwartet, dass eine **Lebenszyklusphasen(LzPh)-übergreifende Optimierung** zu maximaler Effektivität und Effizienz im Ressourcenverbrauch durch Immobilien führt. LzM soll beispielsweise vermeiden, in der Herstellung von Gebäuden an Qualität zu sparen, wenn diese Einsparung in der Nutzungsphase zu erhöhten Aufwendungen für Reparaturen, Umbauten, Energieverbrauch, etc. führt. Da die einmal mit hohem Ressourceneinsatz gebauten Elemente einer Immobilie nur mit ebenso hohem Einsatz von Ressourcen wieder verändert werden können, kommt der Planung von Bau- und Umbaumaßnahmen eine besondere Bedeutung zu.

BEISPIEL

Sparsamkeit in der Herstellungsphase kann die Nutzungsdauer eines Gebäudes verkürzen. Ein Beispiel dafür ist die manchmal sehr knapp bemessene **Raumhöhe**. Einerseits spart es Baukosten und späteren Aufwand in der Beheizung, wenn Büroräume nur die konkret benötigte Höhe von z.B. 2,50 m aufweisen. Andererseits engt diese unveränderliche Festlegung künftige Änderungen ein. Will man später Büroräume zusammenlegen zu Flächen $> 100 \text{ m}^2$, dann benötigt man mindestens 2,80 m Raumhöhe (§ 23, AStV). Auch ein nachträglicher Einbau von Installationen, z. B. zur Klimatisierung, wird unmöglich, sofern er die Raumhöhe weiter reduziert.

Diese **fehlende Flexibilität** kann dazu führen, dass die Mieter/Nutzer häufig wechseln, bei jedem Wechsel Umbauten erforderlich werden und man ggf. ein zwar funktionsfähiges, aber nicht mehr marktgängiges Gebäude zurückbauen muss.

Ist LzM gleichbedeutend mit Nachhaltigem Bauen?

Ein nach den Prinzipien des Nachhaltigen Bauens errichtetes Gebäude bietet beste Voraussetzungen für Effektivität und Effizienz der Nutzung im gesamten Lebenszyklus der Immobilie. Entsprechend ist Nachhaltiges Bauen **ein Element des LzM**. Dazu kommen das

ressourcenschonende Bedienen, Instandhalten, Optimieren, Anpassen an sich ändernde Nutzungsanforderungen und schließlich Rückbauen eines Gebäudes. (Eine ausführliche Definition folgt in Kapitel 2.)

Wer ist Akteur des LzM?

Entsprechend den vielfältigen Tätigkeitsbereichen des LzM können verschiedene Akteure zum LzM beitragen: Architekten, Fachplaner, Immobilien- bzw. Facility Manager sowie Spezialisten, z. B. für Datenmanagement im Lebenszyklus, Energiemanagement, geschlossene Ressourcenkreisläufe, etc. Der Immobilien- bzw. Facility Manager kann auch Tätigkeiten des Asset- oder Property-Managements ausüben, d. h. die Immobilie unter Vermögensaspekten behandeln (vermieten, verbessern, verkaufen, etc.) oder Verträge und deren Ausführung in der Immobilie für den Gebäudeeigentümer managen. Der zuletzt genannte Gebäudeeigentümer ist oft der Initiator einer Immobilien-Entwicklung. Diese Rolle kann aber auch ein separater Projekt-Entwickler innehaben, der nur im Verlauf der Herstellungsphase tätig wird.

Tabelle 1.1: Hauptakteure des LzM

<i>Akteur</i>	Initiator (ggf. Eigentümer)	Architekt, Fachplaner	Bauunternehmen	Facility Manager
<i>typische LzPh</i>	Konzeptionsphase (ggf. alle Phasen des Lz)	Planungsphase, ggf. Sanierungsphase	Errichtungsphase, ggf. Sanierungsphase, Verwertungsphase	Nutzungsphase, ggf. Leerstandsphase
<i>Haupttätigkeit im LzM</i>	Nutzungs- und ressourcenoptimierte, umweltschonende Konzeption	Nutzungs- und ressourcenoptimierte, umweltschonende Planung	Ressourcenoptimiertes, umweltschonendes Bauen und Rückbauen	Nutzungs- und ressourcenoptimierte, umweltschonende Bedienung, Instandhaltung, Anpassung an sich ändernde Nutzungsanforderungen
<i>spezifische Konzepte zur Nachhaltigkeit (Zertifikate)</i>	ggf. Nachhaltigkeitsbericht (GRI) ¹	Nachhaltiges Bauen (z. B. BNB/DGNB, LEED, u. a.)	Nachhaltiger Bauprozess (Forschungsprojekt ²)	Nachhaltigkeit im Facility Management (GEFMA 160 ³)
<p>1 GRI: Global Reporting Initiative, Internationaler Standard zu Strukturierung und Inhalten eines Nachhaltigkeitsberichtes.</p> <p>2 Bewertungssystem Nachhaltiger Bauprozess, gefördert in Forschungsinitiative Zukunft Bau ab 2014, Prof. Graubner, TU Darmstadt.</p> <p>3 GEFMA: Deutscher Verband für Facility Management e. V., hier wird mit „GEFMA 160“ die von GEFMA herausgegebene Richtlinie GEFMA 160: Nachhaltigkeit im Facility Management bezeichnet.</p>				

Jeder dieser Akteure hat seine eigene Perspektive auf den Lebenszyklus von Immobilien und seinen Tätigkeitsschwerpunkt in einer spezifischen Phase des Lebenszyklus (Lz), vgl. Tabelle 1.1. Dabei wäre es ideal, wenn alle Akteure einen frühzeitigen und differenzierten Austausch miteinander darüber pflegten, was aus ihrer Sicht nutzungs- und ressourcenoptimiert sowie umweltschonend wäre. Insbesondere kommt es darauf an, die Konsequenzen von Entscheidungen zu Beginn des Lz, d. h. in der Konzeptions- und Planungsphase auf die Nutzungsphase zu erörtern.

Ein den gesamten Lebenszyklus begleitendes LzM entsteht erst durch das Zusammenwirken der jeweiligen Akteure. Dafür werden gemeinsame Kennzahlen, Bewertungsprinzipien wie auch Prognosemodelle benötigt. Diese sind Gegenstand der nachfolgenden Kapitel.

Was findet sich wo im Buch?

Ziele und Aktivitäten des LzM sind Gegenstand des **zweiten Kapitels**. Darin werden die Ziele der Nutzungs-, Ressourcen- und Informationsoptimierung sowie der Umweltschonung eingeführt. Anhand einer Auflistung möglicher Aktivitäten entlang des Lebenszyklus einer Immobilie werden deren Einflusspotenziale aufgezeigt. Eine Systematisierung der Aktivitäten stellt einen Bezug zu geeigneten Steuerungskennzahlen her. Abschließend zeigt eine „Vision“ ein denkbare Optimum auf, das bei konsequenter Umsetzung der vorgeschlagenen Aktivitäten erreicht werden könnte.

In **Kapitel 3** werden die zuvor benannten Steuerungskennzahlen im Detail erläutert. Als Basis dienen allgemeine Kennzahlen zu Flächen, Kosten, Energie und Lebensdauern. Darauf baut die Ermittlung von Lebenszykluskosten (LzK) auf. An einem Beispiel werden die Auswirkungen verschiedener Berechnungsparameter auf das Ergebnis der LzK-Berechnung veranschaulicht. Es folgt eine Einführung in die Ökobilanzierung mit speziellem Fokus auf die Wirkungskategorie der CO₂-Äquivalente (Carbon Footprint). Des Weiteren findet sich eine Übersicht über die Nachhaltigkeitsbewertung für Prozesse des Facility Managements in diesem Kapitel.

Kapitel 4 widmet sich Konzepten der Optimierung der zuvor benannten Zieldimensionen. Im nachfolgenden, **fünften Kapitel** belegen Fallbeispiele die mehrdimensionalen Effekte der dargestellten Handlungsoptionen. Die Beispiele zeigen vorbildliche Lösungen, die unterschiedliche Ansätze verfolgen: den High-Tech-Ansatz – kombiniert mit der Optimierung des Einsatzes nachwachsender Rohstoffe –, den Low-Tech-Ansatz – der technische Anlagen nach Möglichkeit vermeidet – und das Konzept der Optimierung des Bestandes – dadurch wird der Lebenszyklus bereits verbauter Ressourcen maximiert.

Mit einer kritischen Reflexion und einer Einordnung des Dargestellten in künftige Herausforderungen, z. B. im Rahmen eines hochintegrierten Ressourcen-Managements, endet dieser Versuch einer Zusammenstellung des derzeitigen Stands der Technik in der integrativen Disziplin des Lebenszyklus-Managements.

2 Lebenszyklus-Management – Ziele und Aktivitäten

2.1 Definition

Lebenszyklus-Management (LzM) ist bisher kein normativ gefasster Begriff. Entsprechend wird er sehr individuell interpretiert, ggf. auch erweitert zum Immobilien-Lebenszyklus-Management (ILM). Wahlweise wird damit die betriebswirtschaftliche Sichtweise auf den Lebenszyklus (Lz), beispielsweise in Form der Lebenszykluskosten-Ermittlung und -Optimierung benannt oder/und die auf Umweltwirkungen ausgerichtete Ermittlung und Verbesserung von Ökobilanzen. In diesem Buch wird eine disziplinübergreifende Vision des LzM vorgestellt. Daher wird LzM wie folgt definiert:

MERKE**Lebenszyklus-Management von Immobilien (LzM):**

Managen aller Aktivitäten im Lebenszyklus von Immobilien mit dem Ziel einer Lebenszyklusphasen-übergreifenden Nutzungs-, Ressourcen- und Informations-Optimierung bei gleichzeitiger Umweltschonung.

Information basiert auf Daten, die vom Empfänger/Nutzer der Daten interpretiert werden. GEFMA 198-1: „Dokumentation im Facility Management“ definiert Information so: „Informationen übertragen Kenntnisse über Sachverhalte, Zustände und Vorgänge, die schriftlich, bildlich und akustisch übermittelt werden können. Träger von Informationen sind Dokumente.“

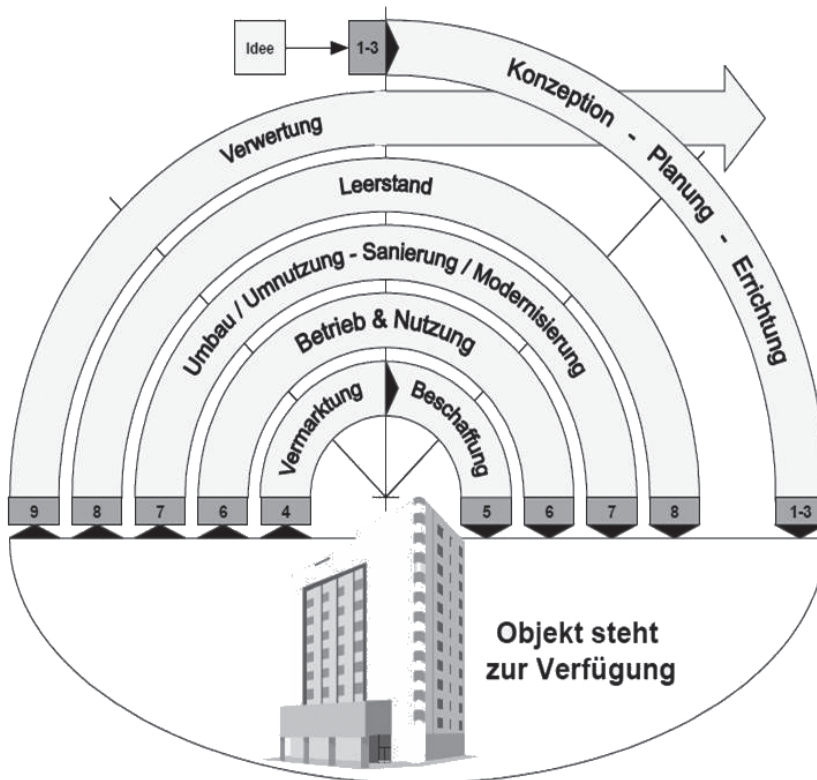
Die obige Definition des LzM stützt sich auf das polyzyklische Modell von neun möglichen **Lebenszyklusphasen** (LzPh) gemäß der GEFMA-Richtlinie 100, vgl. Bild 2.1. Darin werden die Phasen der Konzeption, Planung und Errichtung zusammengefasst zur Herstellung eines Objektes, das danach entweder vermarktet bzw. beschafft werden kann oder direkt seiner bestimmungsgemäßen Nutzung zugeführt wird. Die Nutzungsphase kann von Leerstand bzw. von Sanierung unterbrochen werden. Das Ende des Lebenszyklus wird hier als Verwertungsphase bezeichnet. Dabei ist unter Verwertung der Rückbau bzw. Abbruch mit nachfolgender Wiederverwendung oder Entsorgung zu verstehen.

2.2 Zielstellungen des Lebenszyklus-Managements

Als Optimierungsfelder benennt die obige Definition: Nutzung, Ressourcen, Information und Schonung der Umwelt.

- Nutzungsoptimierung:

Eine Immobilie, die nicht genutzt werden kann, stellt eine maximale Ressourcenverschwendung dar. Daher steht die Nutzungsoptimierung in dieser Auflistung an erster Stelle. Nur wenn ein Gebäude hinsichtlich Zugänglichkeit, Flächenzuschnitt, Ausstattung, etc. die geplanten und denkbare, künftige Nutzungen sehr gut ermöglicht, ist es sinnvoll, die beiden nachfolgenden Optimierungsgegenstände anzusteuern. Eventuelle Wirkungen des Gebäudes auf die Gesundheit seiner Nutzer werden ebenfalls im Rahmen der Nutzungsoptimierung angesprochen.



Quelle: GEFMA 100-1, S. 6

Bild 2.1: Lebenszyklusphasen von Immobilien, polyzyklisches Modell der GEFMA

- **Ressourcenoptimierung:**

Unter Ressourcen werden hier finanzielles Kapital genauso wie Energie und Material verstanden (visualisiert als €, kWh, kg in Bild 2.2). Die Optimierung zielt darauf, möglichst wenige Ressourcen in Anspruch zu nehmen. Dabei ist ein „Gebrauch“ (mit hochwertiger Wiederverwendung in möglichst lokalen Kreisläufen) dem Verbrauch vorzuziehen, ebenso der Einsatz erneuerbarer Ressourcen dem Einsatz nicht erneuerbarer. Auch Arbeitskraft zählt zu den im Lebenszyklus von Immobilien beanspruchten Ressourcen. Sie wird hier in Form von Kosten erfasst¹.

- **Informationsoptimierung:**

Information ist zwar auch eine Ressource (Krcmar 2012), aber eine Optimierung zielt anders als bei den vorgenannten Ressourcen nicht auf eine Reduktion, sondern auf Verfügbarkeit, Aktualität und Strukturierung. Die in diesem Sinne „optimale“ Information – z. B. über die in einer Immobilie verbauten Materialien oder über den Zeitpunkt

¹ Die sozialen Aspekte von Arbeit werden in diesem Buch nicht thematisiert. Siehe dazu Müller-Christ 2014, S. 100 ff.

der letzten Erneuerung technischer Anlagen – reduziert den Aufwand an Kosten, Zeit, Material, etc. für die Instandhaltung. Fehlende Information kann dagegen zu Wertabschlägen im Verkaufsprozess führen (Leykam 2012).

- **Umweltschonung:**

Die natürliche Umwelt wird bereits durch nicht ge- oder verbrauchte Ressourcen geschont. Zudem sind jedoch auch die Emissionen aus der Herstellung, Nutzung und Verwertung von Gebäuden zu beachten. Außer der vielbeachteten Emission von CO₂ sind weitere Emissionen, u. a. die von Bioziden, mögliches Ziel einer Optimierung.

Während im Falle der Nutzung und der Information ein Maximum angestrebt wird, geht es beim Ressourcenverbrauch um eine Minimierung. Auch die Umwelt kann man nur schonen, indem man sie möglichst wenig belastet.

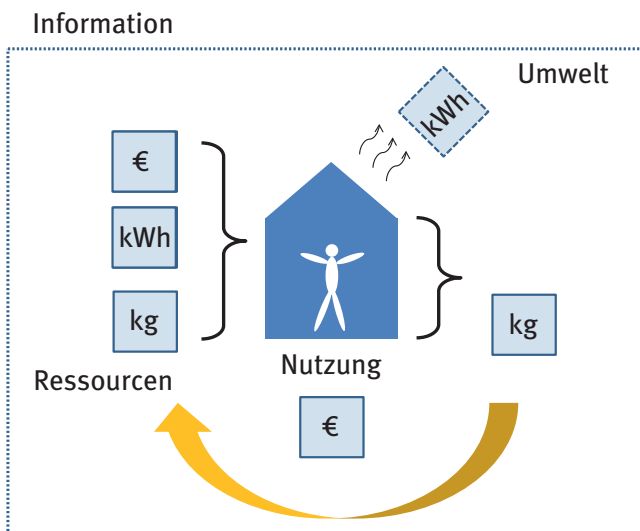


Bild 2.2: Optimierungsfelder im LzM

2.3 Einflusspotenzial von Aktivitäten im Lebenszyklus

Die üblichen Aktivitäten im Lebenszyklus von Immobilien dienen zunächst einmal den primären Aufgaben in der jeweiligen LzPh: dem Planen, Errichten, Nutzen, etc.². Dabei legen sie aber gleichzeitig die Grundlagen für Nutzungsmöglichkeiten, Ressourcenverbräuche und Umweltbelastungen in den darauf folgenden LzPh. So entscheidet beispielsweise bereits die Wahl des Standortes einer Immobilie darüber, wie hoch die Aufwendungen für Mobilität zum Erreichen des Standortes sein werden und ob dort Windenergie oder Solarenergie effektiv nutzbar gemacht werden kann, vgl. Tabelle 2.1.

² Eine ausführliche Auflistung findet sich in GEFMA-Richtlinie 100-2.

Tabelle 2.1: Aktivitäten der Konzeptionsphase mit Auswirkungen auf die Zielerreichung im LzM

Aktivität in LzPh 1	Determinierung von:	Ziele im LzM
1.300 Grundstücke erwerben	Lage (Anbindung ÖPNV, Aufwand für Mobilität)	Verringerung des motorisierten Verkehrs
		Nutzbarkeit ohne PKW
	Solarenergiepotenzial (Region, Verschattung)	hoher Ertrag aus Solarthermie, Photovoltaik (PV)
	Geothermiepotenzial (Fläche, Bohrgenehmigung)	hoher Ertrag aus Geothermie
1.400 Planungsgrundlagen ermitteln	Nutzungsmix	Synergien, z. B. Kühlung Serverräume erwärmt Wellness-Bereich
1.420 Bedarfsplanungen in LzPh 1 durchführen	Nutzflächen, Ausstattung	sparsamer Flächenverbrauch
	Flexibilität	langfristige Nutzbarkeit

In der auf die Konzeption folgenden Planungsphase werden die Materialien definiert, die in der Nutzungsphase gepflegt und instand gehalten werden müssen. Auch über die künftigen Möglichkeiten der erneuten Nutzung bzw. des Recyclings von Baustoffen entscheiden planerische Festlegungen, vgl. Tabelle 2.2.

Tabelle 2.2: Aktivitäten der Planungsphase mit Auswirkungen auf die Zielerreichung im LzM

Aktivität in LzPh 2	Determinierung von:	Ziele im LzM	
2.200 Objektplanungen durchführen	Flächeneffizienz	sparsamer Ressourcenverbrauch	
	Erschließung	langfristige Nutzbarkeit	
	Barrierefreiheit	Nutzbarkeit in einer alternden Gesellschaft	
	Baumaterial (erneuerbar, recycelbar)		nachwachsende Rohstoffe
			sparsamer Materialverbrauch
			hohe Wiederverwertungsquote
Baumaterial (erneuerbar, recycelbar)	Minimale schädliche Ausdünstungen		

Aktivität in LzPh 2	Determinierung von:	Ziele im LzM
2.200 Objektplanungen durchführen	physische Qualität der Hüllflächen	Solare Gewinne
		Thermische Speicherkapazität
	Qualität der Oberflächen	Dauerhaftigkeit, Reparaturfähigkeit
		Reinigungs-/Pflegeaufwand
	Gebäudetechnik	Energieeffizienz
		Nutzung erneuerbarer Energiequellen
		Instandhaltungsaufwand
	Baukosten (Planung)	sparsamer Kapitaleinsatz
	Information – Planungsphase	für gesamten LZ nutzbare Struktur/Formate/Inhalte

Während der Errichtungsphase sind Bauunternehmen die Hauptakteure. Sie können durch den Einsatz regionaler Produkte – sofern die Planung das prinzipiell ermöglicht – den motorisierten Verkehr und die damit verbundenen Emissionen reduzieren. Weitere Einflüsse der Errichtungsphase auf die Ziele im LzM zeigt Tabelle 2.3.

Tabelle 2.3: Aktivitäten der Errichtungsphase mit Auswirkungen auf die Zielerreichung im LzM

Aktivität in LzPh 3	Determinierung von:	Ziele im LzM
Beschaffung der Baumaterialien	Produktherkunft, Transportwege	Regionale Ressourcen-/Produktkreisläufe
		Verringerung des motorisierten Verkehrs
Bauprozesse durchführen	Bauqualität	Dauerhaftigkeit
	Abfallqualität/-menge	sparsamer Materialverbrauch
		hohe Wiederverwertungsquote
Dokumentation Bauprozesse	Information – Bauphase	Information zu tatsächlich verwendeten Produkten, zur Lage von verputzten/einbetonierten Leitungen, etc.

Die LzPh 4-Vermarktung und LzPh 5-Beschaffung haben keine über die in den LzPh 1 bis 3 benannten hinausgehenden Einflüsse auf die Ziele im LzM. Ihnen folgt die Betriebs- und Nutzungsphase. In dieser, möglichst langen LzPh wirken sich die zuvor getroffenen Entscheidungen aus. Außerdem bieten die vielen einzelnen Aktivitäten der Nutzungsphase Ansatzpunkte, um die Nutzungsqualität, den Ressourceneinsatz und die Umweltbelastung zu verbessern, z. B. durch eine Entsorgung der Reststoffe, die eine hohe Recyclingquote erzielt, vgl. Tabelle 2.4.

Tabelle 2.4: Aktivitäten der Betriebs- und Nutzungsphase mit Auswirkungen auf die Zielerreichung im LzM

Aktivität in LzPh 6	Determinierung von:	Ziele im LzM
6.100 Objektbetrieb managen	Umweltschutzmaßnahmen	sparsamer Ressourcenverbrauch
		geringe Umweltbelastung
6.120 Bereitstellung von FM-Tools	Verfügbarkeit, Strukturierung der Information	dauerhaft und vielfältig nutzbare Daten (BIM) ¹
6.140 Pflege der Dokumentation	Information – Nutzungsphase, Aktualität der Information	Verlässlichkeit der Daten
6.170 Arbeitssicherheit im FM organisieren	–	sichere Betriebsprozesse
6.210 Flächenmanagement in LzPh. 6 durchführen	Flächeneffizienz	sparsamer Ressourcenverbrauch
6.330 Anlagen & Einrichtungen inspizieren & warten	–	Dauerhaftigkeit
		Verfügbarkeit, sichere Nutzung
		Energieeffizienz
6.340 Anlagen & Einrichtungen instand setzen	–	Verfügbarkeit, sichere Nutzung
		Energieeffizienz
6.400 Objekte ver- und entsorgen	–	sparsamer Ressourcenverbrauch
6.420 Energiemanagement durchführen	–	geringe Umweltbelastung
		Energieeffizienz

Aktivität in LzPh 6	Determinierung von:	Ziele im LzM
6.440 Entsorgungsmanagement durchführen	–	geringe Umweltbelastung
		hohe Wiederverwertungsquote
6.500 Objekte reinigen & pflegen	–	sparsamer Ressourcenverbrauch
6.510 Unterhaltsreinigung durchführen	–	geringe Umweltbelastung
6.600 Objekte schützen & sichern	–	Verfügbarkeit, sichere Nutzung
6.700 Objekte verwalten	–	kontinuierliche Nutzung/Auslastung
6.800 Support bereitstellen	–	sparsamer Ressourcenverbrauch
		geringe Umweltbelastung
6.880 Beschaffungen durchführen	–	sparsamer Ressourcenverbrauch
		geringe Umweltbelastung
		hohe Wiederverwertungsquote
	Produktherkunft, Transportwege	Regionale Ressourcen-/Produktkreisläufe
	–	Verringerung des motorisierten Verkehrs
6.900 Projekte in LzPh. 6 durchführen	analog LzPh 2 und 3	
1 BIM: Building Information Modeling, vgl. 2.4.3.3		

Die LzPh 7-Umbau/Umnutzung & Sanierung/Modernisierung verläuft analog zu den Phasen Planung und Errichtung, im Sinne eines Unterzyklus, und weist die gleichen Aktivitäten sowie Einflüsse auf das Erreichen der LzM-Ziele auf. Ähnlich verhält es sich mit der LzPh 8-Leerstand: zwar gibt es darin eine differierende „Nutzung“, aber die Aktivitäten des ressourceneffizienten Leerstands-Betriebs haben die gleichen Einflüsse wie die der LzPh 6. Nur die finale Phase des Lebenszyklus, die LzPh 9-Verwertung, unterscheidet sich nochmals von den vorgenannten: die Verwertung der Immobilie im Sinne des Endes der

physischen Existenz des Gebäudes sollte durch einen möglichst sortenreinen Rückbau erfolgen, vgl. Tabelle 2.5, damit die Rohstoffe erneut hochwertig und ohne viel Aufwand für die Aufbereitung genutzt werden können.

Tabelle 2.5: Aktivitäten der Verwertungsphase mit Auswirkungen auf die Zielerreichung im LzM

Aktivität in LzPh 9	Determinierung von:	Ziele im LzM
9.100 Objekte abrechnen/rückbauen	sortenreiner Rückbau	hohe Wiederverwertungsquote
9.200 Altlasten beseitigen	Bodenqualität	geringe Umweltbelastung
9.300 Reststoffe recyceln/entsorgen.	Information – Verwertungsphase	hohe Wiederverwertungsquote

Die vorangegangenen Tabellen benannten den Zusammenhang von Aktivitäten im Lebenszyklus von Immobilien mit Zielen im Lebenszyklus-Management (LzM). Als ordnendes Prinzip diente dabei die Chronologie der Abfolge der Aktivitäten. Es folgt eine Ausdifferenzierung der möglichen Management-Aktivitäten, dieses Mal an den vier Optimierungsfeldern des LzM orientiert: Nutzbarkeit, Ressourcen, Information und Umwelt.

2.4 Aktivitäten des Lebenszyklus-Managements

Die oben benannten Auswirkungen von Aktivitäten im Lebenszyklus der Immobilien zeigen im Detail auf, dass in frühen Phasen getroffene Festlegungen sehr langfristige Auswirkungen haben können, die teilweise auch irreversibel sind, z. B. im Falle der Standortwahl. Hier kann entsprechend das Lebenszyklus-Management ansetzen und mit geeigneten Analyse- und Steuerungsaktivitäten zu optimalen Entscheidungen beitragen.

2.4.1 Aktivitäten zur Steuerung der Nutzbarkeit

Folgende Aktivitäten können zur Sicherstellung und Verbesserung der Nutzbarkeit von Immobilien dienen:

- Bedarfskonzept erarbeiten
- Nutzungsflexibilität definieren
- Gesundheitsschutz sicherstellen
- Verfügbarkeit gewährleisten

2.4.1.1 Bedarfskonzept erarbeiten

Nutzbarkeit setzt eine Kongruenz zwischen Gebäude und Nutzungswünschen voraus. Entsprechend beginnt die Steuerung der Nutzbarkeit mit der Entwicklung eines **Bedarfskonzeptes**. Dieses geht vom Menschen und seinen allgemeinen Bedürfnissen, z. B. hinsichtlich Temperatur, Belichtung, Privatheit, etc., sowie von seinen spezifischen, mit

der Tätigkeit im Gebäude verbundenen Bedürfnissen aus, z.B. Fläche für Prozesse und Arbeitsmaterialien, technische Ausstattung, etc.

Hat man auf diese Weise den qualifizierten Flächenbedarf für den jeweiligen Hauptprozess definiert, dann folgen die Überlegungen zu den benötigten **Flächen für Unterstützungsprozesse**, z.B. für Reinigung, Speisenversorgung, o.Ä. Schließlich sind die Verkehrs- und die Technikflächen zu definieren, um Zugänglichkeit und Medienserschließung, sicherheitstechnische Ausstattung, etc. zu gewährleisten. Das Bedarfskonzept sollte dabei die räumlichen Bezüge einzelner Nutzungseinheiten entsprechend herausarbeiten, z.B. kurze Wegstrecke zwischen Abteilung X und Y oder begrenzte Länge des Datenkabels zwischen Serverraum und Operationssaal.



Bild 2.3: Vorgehen bei der Bedarfsplanung

DIN 18205 „Bedarfsplanung im Bauwesen“ gibt Empfehlungen zum Vorgehen. Ziel ist die Umsetzung der Bedarfsanforderungen in eine bauliche Anforderung. Diese dient dann als Grundlage für die Beauftragung von Architekten und anderen Planern (z. B. für Technische Gebäudeausrüstung). Die Bedarfsplanung läuft der Konzeptionsphase (LzPh 1 nach GEFMA 100), bzw. der Grundlagenermittlung nach HOAI³ (Leistungsphase 1) voraus. Sie kann bei Architekten als Sonderleistung beauftragt werden. Besonders hervorzuheben aus den Regelungen der DIN 18205 ist die Integration der einschränkenden Gegebenheiten, z. B. durch verfügbare Finanzierung oder durch Vorgaben aus dem Bebauungsplan (u. a. bzgl. genehmigungsfähiger Nutzung, baulicher Ausnutzung des Grundstücks).

3 HOAI: Honorarordnung für Architekten und Ingenieure

Für Bauten des Bundes existiert ein festes Regelwerk in Form der **RBBau** (Richtlinie für die Durchführung von Bauaufgaben des Bundes). Einheitliche Muster strukturieren die Planung von benötigten Stellen (M12 Stellenplan) und darauf aufbauendem Raumbedarf (M13). Dabei werden den Stellen jeweils fixe Flächenkennzahlen zugeordnet, z. B. rechnet man je Sachbearbeiter mit einem Raumbedarf von 12 m² bei Unterbringung im Einzelzimmer. Durch diese Festlegung sind die o. g. Schritte der Identifikation von Arbeitsplatz-spezifischen Bedürfnissen bereits vorweggenommen worden.

HINWEIS

Mobilität, Digitalisierung, unternehmensübergreifende Projektarbeit und Ähnliches lassen die Bedeutung eines festen und umfassend ausgestatteten Arbeitsplatzes für jeden einzelnen Mitarbeiter abnehmen. Stattdessen gewinnt die Funktion eines Firmengebäudes als Ort der Kommunikation und des Wissenstransfers an Bedeutung. Dabei wird der **Betriebsgastronomie** bisweilen sogar eine Schlüsselrolle zugeordnet: an einem Schweizer Wissenschaftscampus erhält jedes Gebäude seine eigene Kantine, um den Austausch von Ideen unter den Mitarbeitern zu befördern.

Eine den Bedarf stark prägende Anforderung liegt in der **Barrierefreiheit** begründet. Diese ist für die öffentliche Hand und Unternehmen mit Publikumsverkehr zwingend umzusetzen. Barrierefreiheit beginnt bei einem stufenlosen Gebäudezugang (ggf. Rampen, Aufzüge vorsehen), geht über Orientierungsunterstützung für Menschen mit Einschränkungen ihrer Sehfähigkeit (kontrastreiche Markierungen, akustische Hinweise in Aufzügen, etc.) und endet in der Nutzbarkeit von Arbeitsplätzen und WC-Räumen für Rollstuhlfahrer. Die zu beachtenden Details, z. B. hinsichtlich Einbauhöhen, technischer Ausstattung (z. B. Notruf-Anlage in WCs) und Manövrierflächen, finden sich in den DIN-Normen 18040-1 bis -3: „Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen“.

Über die normativen Anforderungen hinaus sollte Barrierefreiheit insbesondere hinsichtlich der Nutzung durch Rollstuhlfahrer bedacht werden. In einer **alternden Gesellschaft** wird der Anteil derer, die trotz Mobilitätseinschränkung aktiv am Arbeitsleben teilhaben wollen – und sollen, ansteigen. Die barrierefreie Zugänglichkeit aller Ebenen eines Gebäudes und das Angebot von entsprechenden Sanitärräumen können damit zum Wettbewerbsvorteil werden. Die Mehrinvestition in breite Türöffnungen (85 cm nutzbare Breite, ca. 101 cm Öffnungsmaß im Rohbau) ist im Falle von Neuherstellung oder Sanierung marginal. Bei einer nachträglichen Einzelmaßnahme fallen dagegen erhebliche Umbaukosten an.

BEISPIEL

Barrierefreie WCs als Standardausstattung

Im Neubau des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (bezogen 2014, Berlin) wurden 50 % der WC-Blöcke (d. h. 2 von 4 je Etage) barrierefrei gestaltet. So haben gerade diejenigen, die in ihrer Bewegung eingeschränkt sind, keine weiteren Wege als alle anderen Mitarbeiter.

2.4.1.2 Nutzungsflexibilität definieren

Nutzungsänderungen sind die Regel, nicht die Ausnahme. Entsprechend steigt die Lebensdauer einer Facility mit ihrer Flexibilität, d.h. mit der Option, verschiedene Nutzungen mit geringem Aufwand für Umbauten zu ermöglichen. Wie kann man diese Flexibilität aber herstellen, wenn man die Anforderungen aus künftigen Nutzungen heute noch nicht klar benennen kann? Und sind die Vorhaltungskosten für Flexibilität möglicherweise unwirtschaftlich – im Lebenszyklus eines Gebäudes?

Die in den Zeiten der Wohnungsnot konzipierten Wohnungsbauten (bis in die 1970er-Jahre) waren extrem flächeneffizient konzipiert, mit Küchen, die der Hausfrau „auf den Leib geschneidert“ wurden: keine unnötigen Wege zwischen den Küchengeräten, nur ein Umdrehen zwischen Herd und Spülmaschine. Daraus resultierten Küchengrößen von ca. 6,5 m². In aktuellen Familien- und Wohn-Konzepten hat sich der Nutzungsanspruch an die Küche geändert: alle Mitglieder von Familie oder Wohngemeinschaft möchten bei der Essenszubereitung mithelfen, oder zumindest anwesend sein. Dafür braucht man mindestens 12 m² Fläche, gerne mehr. So wurde die frühere Flächensparnis zu einem aktuellen Vermietungsproblem (oder Umbau-Anlass). Umgekehrt erfreuen sich Bauten der Gründerzeit großer Beliebtheit.

BEISPIEL

Ehemalige Fabriketagen werden heute zu Büros, Arztpraxen oder auch Wohnungen umgenutzt. Gleichermaßen sind die **Wohnungen der Gründerzeit (um 1900)** als Büroflächen begehrt. Beide befinden sich in Zentrumsnähe, haben großzügige Raumhöhen, regelmäßig angeordnete Erschließungen, wenig zwingend erforderliche Gebäudetechnik über Heizung, Elektro- und Sanitäranlagen hinaus. Der Brandschutz war durch seitliche Brandwände zwischen den als Blockrandbebauung gestalteten Häusern gegeben. Die relativ gleichmäßig geschnittenen Zimmer der Gründerzeitwohnung lassen verschiedenste Wohnformen, u. a. als Wohngemeinschaft, Familie, aber auch die Kombination von Wohnen und Arbeiten zu. Diese Bauformen sind zwar nicht das Resultat einer auf 100 Jahre ausgelegten Planung gewesen. Sie können aber Vorbild sein für künftige (Um-)Baukonzepte mit hoher Nutzungsflexibilität.

Gute Erreichbarkeit, Universalität, Veränderbarkeit bzw. Nachrüstbarkeit sind Prinzipien der Gestaltung von nutzungsflexiblen Gebäuden.

- **Erreichbarkeit**

Ein Gebäude, das mit öffentlichen Verkehrsmitteln oder durch seine zentrale Lage gut erreichbar ist, wird nach dem Ende des einen Nutzungszyklus wieder von einer neuen Nutzung beansprucht werden. Für Nutzungen aus dem Bereich von Produktion oder Logistik kann die Erreichbarkeit anders definiert sein, z.B. Autobahnanschluss, Schienenanschluss, etc. Dabei sind Veränderungen der Produktion durch Digitalisierung und Automatisierung, z. B. durch vermehrten Einsatz von lokalen 3D-Druckern, zu bedenken.

• **Universalität**

In diesem Punkt geht es primär um Festlegungen zur Tragkonstruktion: Tragende Wände, Stützen, „notwendige“ Treppen (für das sichere Verlassen des Gebäudes im Brandfall, mit massiven Wänden als Brandschutz) und die Raumhöhen sind während des Lebenszyklus von Gebäuden kaum mehr veränderbar. Teilweise Eingriffe sind kostenintensiv, vollständige Veränderungen bedeuten praktisch einen „Totalschaden“, d. h. einen Rückbau plus Neuerrichtung. Die Tragkonstruktion sollte folgende Anforderungen umsetzen:

- Flächen mit wenigen unverrückbaren Einbauten (Schächte, Stützen, tragende Wände) ermöglichen eine freie Aufteilung gemäß den Erfordernissen der möglichen Nutzungen.
- Diese Flächen müssen durch ein engmaschiges Netz von Treppen und Aufzügen erschlossen werden, damit auch eine unabhängige Nutzung kleinerer Raumeinheiten möglich wird. Erst so wird aktives Flächenmanagement im Sinne von An-/Abmieten von Räumen, je nach aktuellem Bedarf umsetzbar.
- Eine großzügige Raumhöhe (größer 3,00 m) bietet Ausbaureserven für Deckenabhängung, Leitungsführung oder Doppelboden. Sollen größere Raumeinheiten (d. h. $>100 \text{ m}^2$) z. B. als Bürolandschaft genutzt werden, sind gemäß der technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR) mindestens 3,00 m Raumhöhe „im Lichten“ (d. h. Ausbaumaß, nicht Rohbaumaß) erforderlich (ASR A1.2). Das mit der Raumhöhe verbundene, größere Luftvolumen ist von Vorteil für die Luftqualität, insbesondere in Versammlungs- oder Besprechungsräumen.
- Die Gebäudetiefe sollte zwischen 12 und 16 m liegen, damit eine natürliche Beleuchtung und Belüftung grundsätzlich möglich bleibt.
- Die Nutzlast wird gemäß DIN EN 1991-1-1 in Abhängigkeit von der geplanten Nutzung festgelegt. Sie ist Ausgangspunkt für die Bemessung des Tragwerks im Sinne von Trägerstärken, Betonbewehrung, Deckendicken, etc. Dabei gibt es deutliche Unterschiede zwischen Büroräumen und Archivräumen in der Nutzlast (kN je m^2). Eine Lastreserve, d. h. eine Auslegung für eine höhere, als die zunächst geplante Nutzlast erhöht die universelle Nutzbarkeit (vgl. Beispiel mit Fabriketagen).

• **Veränderbarkeit**

Gemäß der obigen Darstellung sind alle nicht tragenden Bauelemente leichter veränderbar als tragende Stützen/Wände und Balken/Decken. Darüber hinaus kann man den Aufwand für die Veränderung verringern, indem man variable oder mobile Elemente vorsieht, z. B. Schiebeelemente oder demontable Trennwände. Auch ein niedriger Ausstattungsstandard reduziert den Umbauaufwand, z. B. die offene Leitungsverlegung an der Decke, ohne Deckenabhängung.

• **Nachrüstbarkeit**

Die vertikale bzw. horizontale Leitungsführung in Schächten bzw. Trassen (z. B. in Fluren) sollten etwas Ausbaureserve aufweisen, damit Leitungen für Strom oder andere Medien gemäß späteren Anforderungen nachgerüstet werden können, ohne allzu großen Aufwand. Der Aufwand wird zudem durch gute Zugänglichkeit (betretbarer Schacht/Tür zum

Schacht) und robuste Revisionsklappen (kein Überstreichen nach Öffnung und Nachrüstarbeiten erforderlich) verringert.

Alle o. g. Anforderungen zur Erhöhung der Flexibilität sind mit – gewissen – zusätzlichen Kosten verbunden. Um diese Kosten gegenüber einer auf den bekannten, aktuellen Bedarf hin optimierten Planung zu rechtfertigen, empfiehlt sich die Modellierung der Lebenszykluskosten (LzK, vgl. 3.2) mit verschiedenen Szenarien. Diese zeigen mögliche Nutzungsänderungen und vergleichen die damit verbundenen Kosten (inkl. evtl. Mietausfällen) für Umbauten mit den Kosten für die Vorhaltung von Nutzungsflexibilität.

2.4.1.3 Gesundheitsschutz sicherstellen

Ein Gebäude soll seine Nutzer „trocken, sicher und warm“ beherbergen. Was unter „trocken“ und „warm“ normativ verstanden wird, ist u. a. in DIN 4108: „Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden“ nachzulesen. In diesem Abschnitt wird darauf eingegangen, was über normative bzw. gesetzliche Vorgaben hinaus im Rahmen von Lebenszyklus-Management zu bedenken ist.

Zu der selbstverständlichen Sicherheit vor Wettereinflüssen und unerwünschtem Eindringen (Einbruch) kommt die Erwartung, dass vom Gebäude und seinem Betrieb keine Gefahr für Leib und Leben der Nutzer ausgeht, z. B. durch defekte Stromkabel oder Schadstoffe in der Raumluft. Gerade letzteres kann zu hohen Sanierungskosten führen. Maßnahmen des Gesundheitsschutzes reduzieren mögliche Beeinträchtigungen des Menschen durch Facilities, vgl. Bild 2.4.

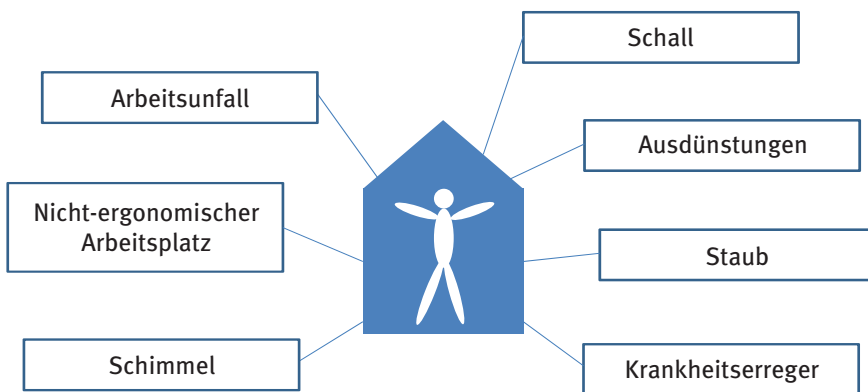


Bild 2.4: Mögliche gesundheitliche Beeinträchtigungen in Gebäuden

- **Schallschutz**

Die Beeinträchtigung der Nutzbarkeit von Gebäuden durch Lärm kann verschiedenste Ursachen haben: Geräusche von außen – z. B. Straßen-/Schienen-/Luft-Verkehr, Geräusche der Gebäudetechnik – z. B. Fließgeräusche in Sanitärleitungen, Strömungsgeräusche in Lüftungsleitungen – und Geräusche der Nutzer – z. B. Gespräche, Gehgeräusche.

– Geräusche von außen:

Gegen Lärm durch Verkehr oder Produktion helfen entsprechend **schalldämmende Fenster**. Da eine Fensterlüftung diesen Schallschutz konterkarieren würde, ist außerdem eine mechanische Lüftung – mit Schalldämmung – für den nötigen Luftaustausch erforderlich.

– Geräusche der Gebäudetechnik:

Fließgeräusche insbesondere von WC-Spülungen werden oft als störend empfunden, obgleich sie durch ihre Lautstärke nicht die Gesundheit beeinträchtigen würden. Zwar gibt es Standards für die **schallisolierende Leitungsinstallation** (z. B. Gummischicht zwischen Leitungsrohr und Befestigungsmanschette), aber mangelnde Sorgfalt in der Bauausführung kann zu unerwünschter Geräuschübertragung führen. Hier lohnt eine intensive Bauüberwachung in LzPh 3. Zudem kann es bei anspruchsvoller Nutzungsart erforderlich sein, gegenüber der DIN 4109 (Schallschutz im Hochbau) erhöhte Schallschutzstufen zu vereinbaren, z. B. gemäß VDI 4100 (2012, Schallschutz im Hochbau) oder gemäß der Empfehlung 103 der Deutschen Gesellschaft für Akustik (DEGA 2009).

– Geräusche der Nutzer:

Gehgeräusche, auch als Trittschall bezeichnet, werden analog zu den durch Gebäudetechnik verursachten Geräuschen durch schallisolierende Maßnahmen reduziert (**Trittschalldämmung**, z. B. elastische Auflager für Treppenläufe).

Sprache, Telefongeräusche u.Ä. können dagegen nicht am Ort ihrer Entstehung „isoliert“ werden. Stattdessen helfen Maßnahmen, die den Luftschall absorbieren. Dafür eignen sich z. B. Gipskartonständerwände mit Schalldämmmatten oder **Schallschutzpaneele** (gelochtes Obermaterial lässt Schall eindringen, der von einer dahinter liegenden Dämmmatte „geschluckt“ wird). Außer den Oberflächen können auch Einrichtungsgegenstände zum Schallschutz beitragen. Textilien, z. B. Vorhänge und offene Bücherschränke, wirken schallschluckend.

Noch vor den Maßnahmen zur Schalldämmung sollte die Möglichkeit zur konzeptionellen Reduzierung von Störpotenzialen genutzt werden. Eine **Zonierung**, d. h. Staffelung von leisen zu mittel-lauten und lauten Nutzungsbereichen und deren Zuordnung zu ggf. lauten oder leiseren Außenbereichen, z. B. Straßenseite mit Verkehrslärm vs. Gartenhof, verringert die Störungen durch die angrenzenden Bereiche ohne materiellen Aufwand.

• **Ausdünstungen aus Baustoffen vermeiden**

Lackierungen, Klebstoffe, Dichtungsmassen o.Ä. können gesundheitsschädigende Inhaltsstoffe aufweisen, die auch nach dem ersten Austrocknen kontinuierlich an die Raumluft abgegeben werden. Im BNB-Kriteriensteckbrief 1.1.6: „Risiken für die lokale Umwelt“ findet sich eine differenzierte Auflistung der zu beachtenden Schadstoffgruppen (BMUB Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit 2014). Diese Baustoffe gilt es, durch die Wahl gesundheitsverträglicher Alternativen (z. B. Öl als Schutz von Holzoberflächen nutzen) bzw. durch den Verzicht auf Klebungen oder von Oberflächenversiegelungen zu vermeiden.

- **Staub reduzieren**

Im Wesentlichen ist der „Kampf gegen den Staub“ eine operative Maßnahme während der Nutzungsphase einer Immobilie: Regelmäßige, staubbindende Reinigung reduziert die Menge des überall vorhandenen bzw. entstehenden Staubs.

In der Konzeptions- und Planungsphase kann aber darauf geachtet werden, dass auch während der Heizperiode die Luftfeuchtigkeit über 30 % gehalten wird. Dann bleiben die Staubpartikel gebunden und gelangen nicht ohne Weiteres in die Atemluft. Eine Luftbefeuchtung kann außer durch mechanische Maßnahmen (Zerstäuber, Klimaanlage) auch durch Pflanzen oder durch eine Wasserfläche bewirkt werden.

HINWEIS

Luftbefeuchtung oder „Keimschleuder“?

Achtung: Mechanische Luftbefeuchtung birgt die Gefahr einer **Verkeimung**, da das feuchtwarme Klima in den Anlagenteilen zur Wasserverdunstung/-zerstäubung die Vermehrung von Krankheitserregern begünstigt. Es sind also entsprechend regelmäßige Hygieneinspektionen, Filterwechsel u. a. erforderlich.

- **Krankheitskeime reduzieren**

Durch eine geeignete Wahl von Oberflächen kann die Vermehrung von Krankheitskeimen z. B. auf Türklinken behindert werden. Sehr harte und glatte Oberflächen, z. B. aus Edelstahl, bieten wenig Haftungsmöglichkeiten für Bakterien und sind gut zu desinfizieren. Der Einsatz von keimtötenden Kupfer- oder Silberbeschichtungen (daher trank man im Mittelalter aus Silberbechern!) könnte ebenfalls eine Maßnahme darstellen.

HINWEIS

Kupfer- und Silberionen können als Nanopartikel durch Sprühen oder Tauchen auf Oberflächen nachträglich aufgebracht werden (Reckter 2014). Die Ionen wirken keimtötend und antiadhäsiv. So verhindern sie die Bildung eines Biofilms, der das Bakterienwachstum andernfalls begünstigen würde.

Aber treibt man hier Teufel mit Beelzebub aus? Gibt es **Risiken durch Nanopartikel**? Die Forschung belegt, dass Nanopartikel mit der Atemluft, über die Haut und über die Nahrungskette in den Körper gelangen und dort Reaktionen auslösen. Ob diese jedoch schädlich sind, wird derzeit noch erforscht (Cedervall 2012).

Während der Nutzungsphase ist insbesondere in Räumen, die von gesundheitlich geschwächten Personen genutzt werden (z. B. Krankenhaus), eine keimtötende Reinigung und Belüftung elementar. Dazu müssen nicht zwingend chemische, möglicherweise hautreizende Desinfektionsmittel verwendet werden. Es gibt auch natürliche Alternativen, die z. B. aus Milchsäure, Wirkstoffen der Zwiebel und Allicin (Knoblauch) hergestellt und ggf. mit Ultraschallvernebelungsverfahren in der Raumluft verteilt werden (Keller 2015).

- **Schimmel vermeiden**

Eine feuchte Oberfläche bietet nicht nur Bakterien und Viren gute Lebensbedingungen, auch Schimmel bildet sich dort vermehrt. In der Planungsphase müssen sogenannte **Wärmebrücken** vermieden werden. Diese Stellen sind kälter als ihre direkte Umgebung, weil sie die thermische Energie besser transportieren, z. B. durch Metallträger oder auskragende Betonplatten, die das Gebäudeinnere mit dem Gebäudeäußeren ohne eine thermische Trennung verbinden. An der kälteren Oberfläche kann es zum Ausfall von Kondensat aus der Innenraumluft kommen.

Außer der Vermeidung von Wärmebrücken ist auf die Begrenzung der Luftfeuchtigkeit zu achten – meist in den Sommermonaten relevant. Da moderne Gebäude die Anforderung der Luftdichtigkeit (EnEV 2014, § 6) erfüllen müssen, kann Feuchtigkeit nicht mehr durch Ritzen in der Gebäudehülle unkontrolliert abziehen. Entsprechend muss eine mechanische **Lüftung** – ggf. mit Wärme-/Kälterückgewinnung – vorgesehen werden.

- **Ergonomische Einrichtung des Arbeitsplatzes**

Die Arbeitsstätten-Verordnung (ArbStättV) wie auch die Bildschirmarbeitsplatz-Verordnung (BildscharbV) geben u. a. vor, wie Bildschirme blendungsarm aufgestellt werden und Bürostühle auf die individuellen Körpermaße einstellbar sein müssen. Um darüber hinaus ein Arbeiten im Stehen zu ermöglichen, sind höhenverstellbare Tische nützlich und auch zu empfehlen, s. u.

HINWEIS

„Sitzen ist das neue Rauchen“,

so heißt es (ZDF 2015). Bewegungsarmes Sitzen bei der Bildschirmarbeit beeinträchtigt das Muskel-Skelett-System, aber auch den Stoffwechsel des Menschen auf die Dauer. Selbst eine tägliche Stunde im Fitness-Studio kann 7,5 Stunden Sitzen im Büro nicht vollständig ausgleichen. Was tun?

Sorgen Sie für Bewegung im Arbeitsalltag: Gemeinschaftseinrichtungen wie z. B. **Gruppendrucker** oder Espresso-Bar in zentralen Bereichen motivieren ein regelmäßiges Aufstehen. Gut sichtbare **Treppen** provozieren sportliche Bewegung anstelle einer Fahrstuhlnutzung. Und das alles bietet zudem auch noch energetische Einsparmöglichkeiten.

- **Betriebsunfälle vermeiden**

Gemäß Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) ist jeder Arbeitgeber dazu verpflichtet, die Arbeitsstellen seiner Arbeitnehmer einer **Gefährdungsbeurteilung** zu unterziehen. Mit Aufklärung zur gefährdungsvermeidenden Gestaltung von Arbeitsprozessen, durch geeignete Schutzausrüstung, aber auch durch entsprechende bauliche Vorrichtungen kann die Zahl der Betriebsunfälle reduziert werden.

BEISPIEL**Sichere Zugänglichkeit**

Ein Beispiel für die unfallvermeidende Gebäudekonzeption ist der Einbau von Inspektionsstegen in Technikzentralen. So können Unfälle beim Nutzen von Leitern für die Inspektion und Wartung von hochgelegenen Anlagenteilen, z. B. Brandschutzklappen, reduziert werden.

2.4.1.4 Verfügbarkeit gewährleisten

Nach Konzeption, Planung und Bau steht eine Facility für die Nutzung zur Verfügung. Damit dieser Zustand möglichst lange anhält, bedarf es der Auswahl von zuverlässigen Anlagen, Materialien mit langer Lebensdauer, einer entsprechenden Ausführungsqualität der Bauarbeiten, aber auch von Anfang an einer strategischen Konzeption der Instandhaltung.

DIN 31051: „Grundlagen der Instandhaltung“ teilt die Instandhaltung in vier Bereiche ein, vgl. Bild 2.5.

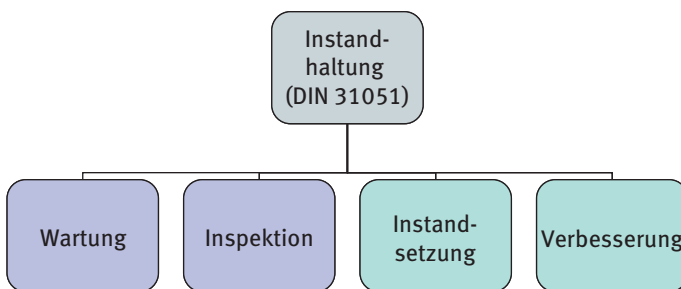


Bild 2.5: Gliederung der Instandhaltung nach DIN 31051

Die Tätigkeitsbereiche werden in DIN 31051 folgendermaßen definiert:

- Wartung „Maßnahmen zur Verzögerung des Abbaus des vorhandenen Abnutzungsvorrats ...“
- Inspektion „Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Istzustandes einer Betrachtungseinheit einschließlich der Bestimmung der Ursachen der Abnutzung und dem Ableiten der notwendigen Konsequenzen für eine künftige Nutzung ...“
- Instandsetzung „Maßnahmen zur Rückführung einer Betrachtungseinheit in den funktionsfähigen Zustand, mit Ausnahme von Verbesserungen ...“
- Verbesserung „Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements zur Steigerung der Funktionssicherheit einer Betrachtungseinheit, ohne die von ihr geforderte Funktion zu ändern ...“

Für bauliche Anlagen, von denen Gefahr ausgehen kann (Aufzüge, Druckanlagen, etc.), gibt es zudem gesetzlich vorgeschriebene Prüfungen. Diese entsprechen im Prinzip der Inspektion und werden u. a. durch die „Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln“ (**BetrSichV**) geregelt.

Wo keine normativen oder gesetzlichen Vorgaben zu beachten sind, kann im Rahmen des LzM strategisch vorgegangen werden. Die nachfolgenden Fragen dienen als Anregung, um die jeweils geeignete Vorgehensweise abzuleiten.

- Welches Verfügbarkeitsniveau ist erforderlich?
- Welche Zeitfenster stehen für Inspektion, Wartung und Instandsetzung der jeweiligen Bauelemente zur Verfügung?
- Welche Häufigkeit von Instandhaltungsmaßnahmen ist vertretbar?

Wenn diese Fragen für die spezifische Nutzung beantwortet wurden, kann man ableiten, ob Maßnahmen zur Steigerung der Verfügbarkeit über das normgerechte Planen und Bauen hinaus erforderlich sind. So wird man in Schulen mit langen Sommerferien alle störenden Maßnahmen auf diesen Zeitpunkt im Jahr bündeln können, ohne besondere bauliche Maßnahmen ergreifen zu müssen.

Im Falle einer Produktionsanlage, in der der Ausfall der Reinraumtechnik zu Verlusten in Millionenhöhe führen würde, ist dagegen die bauliche Vorhaltung z. B. von redundanten technischen Anlagen erforderlich. Auch die Stromversorgung eines Krankenhauses muss in sensiblen Bereichen ohne jede Unterbrechung gewährleistet sein. Daher werden meist mehrere Notstromaggregate parallel installiert.

Ähnliches gilt für Serverzentren. Für diese Nutzungsart gibt es die Klassifizierung der Verfügbarkeit in sogenannten Tier-Stufen⁴, definiert durch das US-amerikanische Uptime Institute in der TIA-942 (Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers), vgl. Tabelle 2.6.

Tabelle 2.6: Tier-Klassifizierung der Verfügbarkeit von Daten-Serverzentren, nach TIA-942

	Verfügbarkeit	Ausfallzeit/a	Redundanz	Kühlung (Watt/m ²)
Tier I	99,67 %	28,8 h		22–320
Tier II	99,75 %	22,0 h	redundante Komponenten	430–540
Tier III	99,98 %	1,6 h	zus. 2-facher Server und mehrfache Versorgungswege	1 070–1 620
Tier IV	99,99 %	0,8 h	komplette Redundanz inkl. Versorgungswegen	> 1 600

4 Tier: englisch für Kategorie

2.4.1.5 Checkliste zur Steuerung der Nutzbarkeit

Da die Nutzbarkeit vor allem eine qualitative Anforderung darstellt, ist sie nicht mit einzelnen Kennzahlen steuerbar. Stattdessen werden hier die vorangegangenen Beschreibungen in einer Tabelle zusammengefasst, vgl. Tabelle 2.7. Diese kann nach eigenem Bedarf zu einer Checkliste ausgearbeitet werden.

Tabelle 2.7: Mögliche Kriterien für die Nutzbarkeit einer Immobilie

Kriterium	im Detail	ausgearbeitet?
Bedarfskonzept erarbeiten	Nebenflächen für Facility Services (z. B. Putzraum)	
	Barrierefreiheit	
	Erreichbarkeit	
	...	
Nutzungsflexibilität definieren	Universalität	
	Veränderbarkeit	
	Nachrüstbarkeit	
	...	
Gesundheitsschutz sicherstellen	Schallschutz	
	Ausdünstungen aus Baustoffen vermeiden	
	Staub reduzieren	
	Krankheitskeime reduzieren	
	Schimmel vermeiden	
	Ergonomische Einrichtung des Arbeitsplatzes	
	Betriebsunfälle vermeiden	
	...	
Verfügbarkeit gewährleisten	Verfügbarkeitsniveau	
	Zeitliche Rahmenbedingungen für Instandhaltung	
	...	

2.4.2 Aktivitäten zur Steuerung des Ressourceneinsatzes

Materielle Ressourcen sollen im Lebenszyklus von Immobilien im Idealfall in einem geschlossenen Kreislauf zirkulieren mit einem möglichst langen Nutzungszyklus. Für alle drei Ressourcenarten (Finanzen, Energie, Material) gilt das Prinzip der Sparsamkeit. Schließlich sind auch Wechselwirkungen und Substitutionen zwischen verschiedenen Arten von Ressourcen zu bewerten, z. B. im Falle von finanziellen Investitionen in energiesparende Maßnahmen. Im Folgenden werden mögliche Kreisläufe, Steuerungskonzepte und Steuerungskennzahlen für die drei Ressourcenarten finanzielles Kapital, Energie und Material unterschieden.

2.4.2.1 Finanzielle Ressourcen

Gebäude binden finanzielles Kapital in beträchtlichem Ausmaß. Außerdem kommen zu den Herstellungskosten jedes Jahr noch weitere Kosten für Verwaltung, Betrieb und Instandsetzung hinzu.

- **Kosten und Erlöse**

Den Kosten stehen in der Nutzungsphase dann Erlöse gegenüber, die durch Vermietung erzielt werden können. Wenn Gebäude durch den Eigentümer selber genutzt werden, entsteht ein Rückfluss des Kapitals indirekt über einen Gewinn aus der Geschäftstätigkeit oder durch die ersparte Vergleichsmiete.

- **Aktivitäten zur Steuerung des Einsatzes von finanziellen Ressourcen**

Damit Kosten im Lebenszyklus nicht zulasten der möglichen Erlöse aus der Gebäudenutzung bzw. -vermietung eingespart werden, sollte man eine Lebenszyklus-orientierte Steuerung der finanziellen Ressourcen anhand des Lebenszyklus-Erfolgs (LzE) vornehmen (Definition vgl. 3.2.1). Die in dieser Kennzahl integrierten Lebenszykluskosten (LzK) geben wiederum einen Überblick über Kosten aus allen Phasen des Immobilien-Lebenszyklus, um eine Reduktion der Herstellungskosten zulasten der Betriebs- und Instandsetzungskosten zu vermeiden.

Die Ermittlung von LzE bzw. LzK und Mieterlösen im Lebenszyklus kann in der Konzeptions- und Planungsphase iterativ zur Entwicklung von Lösungen genutzt werden, die die Kosten und Erlöse für den – wahrscheinlichen – Lebenszyklus der Immobilie optimieren.

2.4.2.2 Energetische Ressourcen

Damit die Gebäudenutzung wenig bzw. gar keine fossile Energie beansprucht, muss zum einen der Energiebedarf drastisch reduziert und zum anderen der Energieverbrauch aus erneuerbaren Energiequellen gedeckt werden. Dabei ist eine lokale Energieversorgung aus Sicht der Gesellschaft vorteilhaft (weniger Investition in Leitungen und Netzstabilität erforderlich). Entsprechend muss Energie aus der Umwelt, d.h. von Sonne, Wind und Erdreich gewonnen werden. Zudem ist eine Speicherung erforderlich, da Verfügbarkeit und Verbrauch oft zeitlich auseinanderfallen. So ist z.B. Solarenergie tagsüber und im Sommer besonders gut verfügbar, Energie für Beleuchtung bzw. Heizung dagegen nachts bzw. im Winter erforderlich.

- **Energieformen im Gebäudebetrieb**

Bei der Nutzung von Energie aus regenerativen Energiequellen ist zwischen verschiedenen Energieformen zu unterscheiden: thermische Energie (Wärme, Kälte) und elektrische Energie. Thermische Energie kann z.B. durch Solarthermie oder Geothermie nutzbar gemacht werden. Elektrische Energie ist z.B. durch Windkraftanlagen oder Photovoltaik (PV) zu gewinnen. Bild 2.6 zeigt typische Speicheranlagen je Anlage zur Energiegewinnung an. Dem ist hinzuzufügen, dass auch eine Speicherung elektrischer Energie durch Umwandlung in thermische Energie, z.B. heißes Wasser (Kessel) oder Kälte (Gefrierschrank), möglich ist. Die Umwandlung von Strom in gasförmige Energieträger (z. B. H₂ für die Nutzung in Brennstoffzellen) eröffnet Möglichkeiten der Nutzung u. a. für Mobilität.

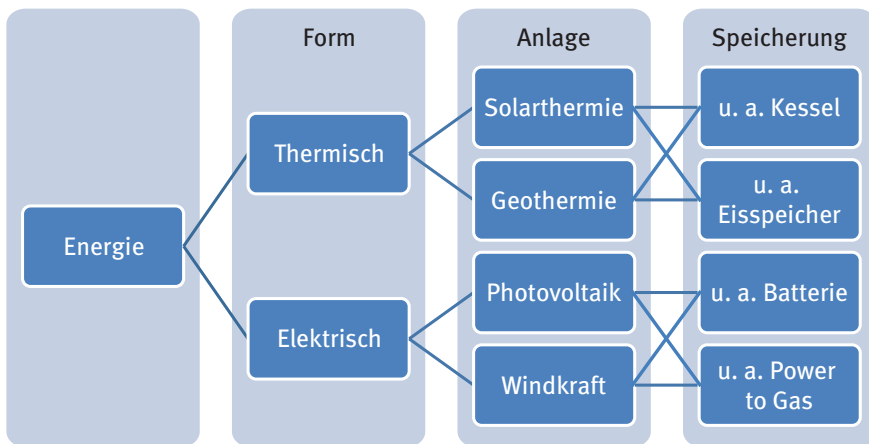


Bild 2.6: Energiegewinnung und -speicherung am Gebäude

- **Aktivitäten zur Steuerung des Einsatzes von Energie**

Energiemanagement nach DIN ISO 50001 arbeitet nach dem Prinzip des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (Plan-Do-Check-Act). Nach einer Erfassung des IST-Zustandes von Energieverbräuchen werden Verbrauchstreiber identifiziert, z.B. durch Benchmarking. Bild 2.7 zeigt die durchschnittlichen Energieverbräuche privater Haushalte im Bereich Wohnen – gesamt 631 Mrd. kWh, witterungsbereinigt in 2014 (Statistisches Bundesamt Deutschland 2015). Nach den wesentlichen Verbrauchstreibern Raumwärme und Warmwasser (gesamt 83 %) summieren sich die Verbräuche von Haushaltsgeräten und Geräten für Kochen, Trocknen und Bügeln auf 15 % des Verbrauchs.

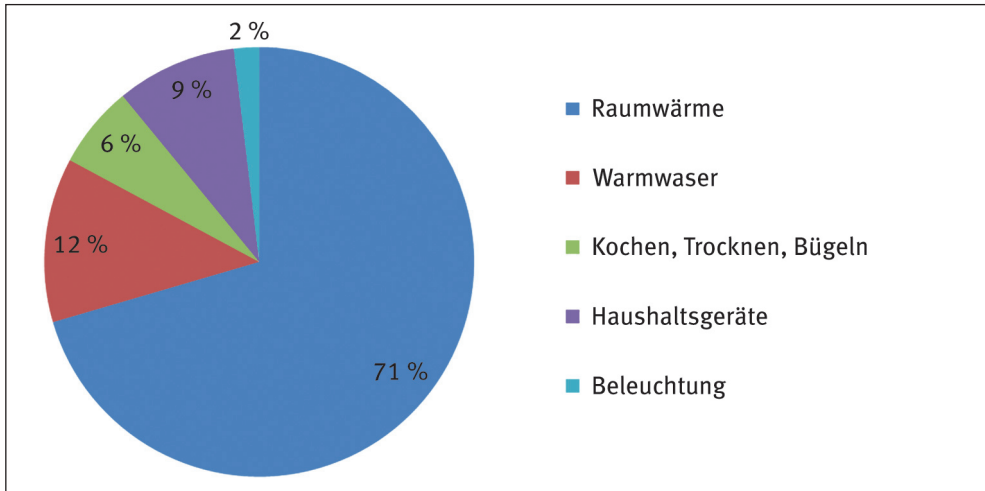


Bild 2.7: Energieverbräuche privater Haushalte im Bereich Wohnen

Daraus werden Maßnahmen zur Verbesserung abgeleitet, umgesetzt und auf ihren Erfolg hin überprüft.

Im Folgenden werden mögliche Maßnahmen skizziert:

- Verbrauch thermischer Energie senken:
Sehr gute Wärmedämmung, viel thermisch aktive Masse, sommerlicher Wärmeschutz durch außenliegenden Sonnenschutz, ggf. Wärme-/Kälte-Rückgewinnung in der Lüftung/Kühlung/Klimatisierung
- Thermische Energie generieren:
Solarthermische Anlagen auf dem Dach, ggf. an der Fassade (im Sommer für die Warmwasserbereitung nutzbar), geothermische Anlagen im Erdreich, z. B. im Falle von Pfahlgründung mit integrieren (im Sommer auch für Kühlung vorteilhaft).
- Thermische Energie speichern:
Große Warmwasserspeicher können im Gebäudeinneren (möglichst in Bereichen, die von der ggf. vorhandenen Wärmetransmission aus dem Speicher profitieren) integriert werden, um Wärmeenergie für den Winter zu speichern. Eisspeicher ersparen demgegenüber Kosten für die Herstellung (meist keine Dämmung), erfordern jedoch einen höheren Einsatz an Elektroenergie für den Betrieb der Wärmepumpen.
Es gibt auch Konzepte, die das Erdreich ohne jede Abgrenzung als Speichermedium zu nutzen.
- Verbrauch elektrischer Energie senken:
einige Beispiele:
Strom für Beleuchtung wird durch gute natürliche Belichtung gespart sowie durch den Einsatz von LED-Leuchtmitteln. Geregelte Heizungspumpen sollten Standard sein. Die Vermeidung von Stand-by-Verlusten bei elektrischen Geräten, z.B. Druckern, kann bis zu 7 % des Stromverbrauchs einsparen. Bei Haushaltsgeräten wie Kühlschrank,

Gefrierschrank, Waschmaschine, etc. kann sich deren vorgezogener Austausch durch gesparte Stromkosten amortisieren, da die Neugeräte eine deutlich bessere Energieeffizienz aufweisen. (Aber: der Energieaufwand für die Geräteherstellung ist in dieser Abwägung ebenfalls zu berücksichtigen, vgl. 3.3.)

– Elektrische Energie generieren:

Photovoltaik (PV) kann auf dem Dach und an der Fassade integriert werden. Wenig Verschattung durch Bäume oder Gebäude, eine gute Ausrichtung (Aufstellwinkel, Südorientierung) und evtl. Vermeidung von Überhitzung durch Dachbegrünung unter den PV-Paneelen erhöhen deren Stromertrag. Kleinwindanlagen müssen analog an geeigneter Stelle errichtet werden, dabei ist auf die Vermeidung einer Eintragung von Schwingungen in die Gebäudekonstruktion zu achten.

– Elektrische Energie speichern:

Elektroautos können als „fahrbare“ Batterien genutzt werden. An der Entwicklung von kostengünstigen, lokalen Speicherlösungen wird noch gearbeitet, z.B. bzgl. der Umwandlung von nicht sofort verwendbarem Strom in gasförmige Energieträger („Power to Gas“). Schon heute können wegen nachlassender Speicherkapazität ausgewechselte Autobatterien in Gebäuden eine „Restnutzung“ erfahren, wo eine geringere Speicherkapazität durch die Reihung vieler Altbatterien ausgeglichen wird (mehr dazu in 4.1).

2.4.2.3 Materielle Ressourcen

Materialien werden im Lebenszyklus von Immobilien für die Herstellung des Gebäudes, für seine Instandhaltung und Pflege (z. B. Reinigung), aber auch für die Nutzerprozesse eingesetzt. Eine Auflistung würde demnach außer Ziegeln, Fensterholz, etc. auch Ersatzteile für die technischen Anlagen, Büromöbel, Reinigungsgeräte, etc. und beispielsweise Hygienepapier umfassen, vgl. Bild 2.8.

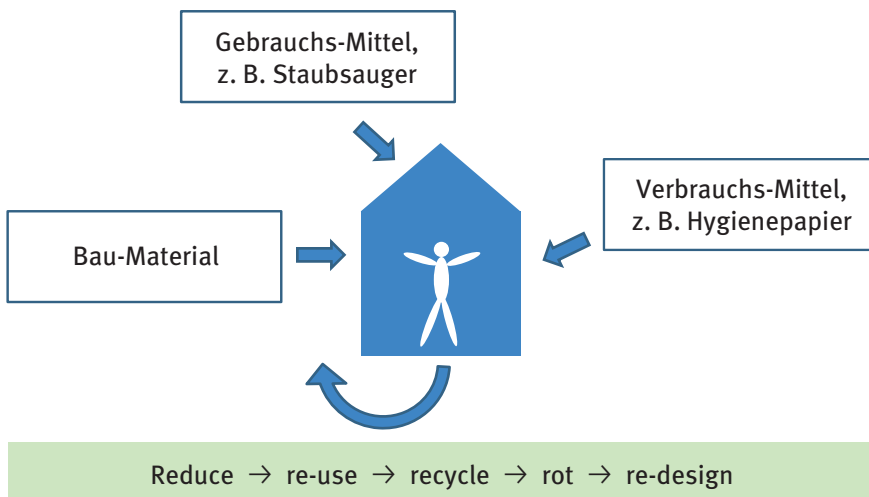


Bild 2.8: Materialkreislauf im Lebenszyklus von Immobilien

• **Materialkreislauf**

Für die Optimierung des Materialkreislaufs gilt die aus dem Gesetz für Kreislaufwirtschaft (§ 6 KrWG) bekannte Hierarchie von Handlungsmöglichkeiten:

- Vermeidung
- Wiederverwendung
- Recycling
- sonstige Verwertung (Energiegewinnung, Verfüllung)
- (Beseitigung)

Hier wurde die letztgenannte Handlungsmöglichkeit in Klammern gesetzt, weil die Beseitigung durch Verbrennen (ohne Energiegewinnung) oder Deponieren durch Optimieren von Materialkreisläufen vermieden werden soll. In Bild 2.8 zeigt die grün hinterlegte Hierarchie von Maßnahmen zum Schließen von Materialkreisläufen noch die folgenden beiden Optionen

- Verrotten/Kompostieren („rot“)
- Verändern der Produkt-Designs zur verbesserten Wiederverwendung („re-design“)

Eine **Vermeidung** von Material-Nutzung, z. B. durch Flächeneffizienz in der Gebäudekonstruktion, ist in jeder Hinsicht die effektivste Maßnahme (solange diese Effizienz nicht die Nutzbarkeit des Gebäudes einschränkt). Eine **Wiederverwendung** hält die einmal der Umwelt entnommenen Ressourcen in einer ggf. variierenden Nutzung, z. B. durch erneuten Einbau als Fenster, nach eventuellen Reparaturmaßnahmen (Instandsetzung). Beim **Recycling** wird ein Rohmaterial für die wiederholte Nutzung wiedergewonnen, z. B. können Metalle nahezu unbegrenzt gesammelt, eingeschmolzen und wieder verarbeitet werden. Ein **Down-Cycling** ist beispielsweise bei Gummi üblich: aus Autoreifen werden z. B. elastische Bodenbeläge auf Sportplätzen. Die **energetische Verwertung** ist z. B. durch Biogasgewinnung aus Gärprozessen, Verbrennung möglich. Das Verrotten bzw. **Kompostieren** von biotischen Materialien (Holz, Hanf, pflanzliche Speisereste, etc.) schließt den biologischen Material-Kreislauf.

Das nachfolgende Zitat aus dem Kreislaufwirtschaftsgesetz zeigt, dass die öffentliche Hand schon heute zur Förderung von materiellen Ressourcenkreisläufen verpflichtet ist.

„Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG

§ 45 Pflichten der öffentlichen Hand

(1) Die Behörden des Bundes ... sind verpflichtet ... zu prüfen, ob und in welchem Umfang

1. Erzeugnisse eingesetzt werden können,
 - a) die sich durch *Langlebigkeit, Reparaturfreundlichkeit und Wiederverwendbarkeit oder Verwertbarkeit*⁵ auszeichnen,

5 kursive Formatierung durch Autorin

- b) die im Vergleich zu anderen Erzeugnissen zu weniger oder zu schadstoffärmeren Abfällen führen oder
 - c) die durch Vorbereitung zur Wiederverwendung oder durch Recycling aus Abfällen hergestellt worden sind, sowie
2. die nach dem Gebrauch der Erzeugnisse entstandenen Abfälle unter besonderer Beachtung des Vorrangs der Vorbereitung zur Wiederverwendung und des Recyclings verwertet werden können.“

- **Aktivitäten zur Steuerung des materiellen Ressourceneinsatzes**

Die beiden o. g. Prinzipien – wenig Material einsetzen und dieses kreislauffähig auswählen – erfordern vielfach ein Umdenken, wenn sie konsequent umgesetzt werden sollen. Anstelle des preisgünstigsten Bieters muss ggf. der näher gelegene gewählt werden, der auch ein Rücknahmekonzept mit anbietet.

- Material sparsam einsetzen

Bei Ersterstellung, Instandsetzung oder Modernisierung wird auf eine Vermeidung von Materialresten (z. B. aus Verschnitt) geachtet. Die Optimierung von Materialgewicht ist bei Gebäuden dagegen nicht grundsätzlich zu empfehlen, weil Masse durch ihre thermische Trägheit energetisch erwünscht sein kann.

Auch **Wasser** ist eine materielle Ressource. Dessen sparsame Nutzung ist insbesondere in Gegenden relevant, die von Trockenheit bedroht werden. Aber auch in wasserreichen Regionen ist die Aufbereitung von Trinkwasser und die Ableitung von Abwasser ein ressourcenverbrauchender Prozess. Daher gehören Trinkwasser sparende Anlagen und die Bewirtschaftung von Regenwasser⁶ (Sieker et al. 2006) ebenfalls zum Ressourcen sparenden Gebäudebetrieb.

- Langlebige, reparaturfähige Materialien auswählen

Diese reduzieren die Anzahl der Erneuerungszyklen während der Nutzungsdauer einer Immobilie, z. B. können Holzfenster bei gegebenem Witterungsschutz (Anstrich bzw. Dachüberstand) und entsprechender Pflege (schreinermäßige Überarbeitung, ggf. Austausch von verwitterten Teilen) über 100 Jahre lang nutzbar sein. Bei Kunststoff-Fenstern ist keinerlei Reparatur möglich, ein Austausch nach ca. 25 Jahren erforderlich (Materialermüdung).

- Kreislauffähige Materialien einsetzen

Metalle, nachwachsende Baustoffe, aber auch Kunststoffe müssen am Ende des Lebenszyklus des Bauelementes sortenrein getrennt rückbaubar sein, damit sie in den Materialkreislauf zurückgegeben werden können. Das bedeutet einen weitgehenden Verzicht auf Klebungen, z. B. bei Oberflächenbeschichtungen (Teppich), und schadstoffhaltige Baustoffe, z. B. in Lacken.

6 Regenwasserbewirtschaftung: Speicherung für die Nutzung als Brauchwasser, z. B. zur Spülung von Toiletten oder zur Bewässerung von Grünanlagen, sowie Versicherung auf dem Grundstück.

Zu der Auswahl von Ver- bzw. Gebrauchsgütern mit dem Ziel der Schonung materieller Ressourcen gibt auch die im Folgenden zitierte Zertifizierung von Nachhaltigkeit im Facility Management nach GEFMA 160 im Kriterium „Beschaffung“ eine Empfehlung ab. Darin spiegeln sich die Prinzipien der **Recyclingfähigkeit** bzw. der **Herstellung aus recycelten Rohstoffen** (z. B. im Falle von Papier). Zudem wird auf **regionale Produkte** abgehoben. Regionale Produkte (hier definiert durch „Rohstoffe und Produktion Umkreis von 100 km“) reduzieren den Transportaufwand, der zu Energieverbrauch und Umweltbelastung führt (siehe 2.4.2.1 und 2.4.3) aber auch Materialaufwand in Form von Transport-Verpackung, -Fahrzeug, etc. provoziert.

Das Zertifikat „**Cradle to Cradle**“ bescheinigt die Umsetzbarkeit eines vollständigen Ressourcenkreislaufs für alle Einzelteile eines Produktes.

aus: Zertifizierung von Nachhaltigkeit im Facility Management nach GEFMA 160-1, Kriterium Beschaffung,

„Anlage 1: Auflistung von Verbrauchsgütern (Auswahl)“

- Verbrauchsmittel des Bürobedarfs (abschließend: Papier, Ordner, Toner/Patronen, Batterien)
- Verbrauchsmittel der Sozial- und Sanitärräume (Toilettenpapier, Papierhandtücher, Stoffhandtücher, etc.)
- Verbrauchsmittel der Instandhaltung

...

Anlage 1.1: Zuordnungskriterien für nachhaltige Verbrauchsgüter des Bürobedarfs (Auswahl)

- Papierprodukte aus Recyclingmaterial, Kennzeichnung durch Blauer Engel, EU-Ökolabel, FSC-recycled, EUGROPA
- Papierprodukte aus nachhaltiger Forstwirtschaft, Kennzeichnung durch FSC- oder PEFC-Zertifikate
- Papierprodukte aus regionaler Herstellung (Rohstoffe und Produktion im Umkreis von 100 km)
- Schadstoffgeprüfte Toner und Tinten, Kennzeichnung durch Blauer Engel, BG-Prüfzert., LGA schadstoffgeprüft, u. a.
- Toner- und Tintenmodule mit zertifiziertem Recycling-/Entsorgungsweg
- Wieder aufladbare Batterien/Akkus

Der Nachweis der Nachhaltigkeit alternativer Verbrauchsgüter über andere als die genannten Zuordnungskriterien ist zulässig. Anerkannt werden zusätzlich auch alternative Verfahren zum Total-Ersatz von Verbrauchsgütern, z. B. Einführung und Umsetzung eines Dokumentenmanagementsystems zur Reduzierung des Papierverbrauchs.

Anlage 1.2: Zuordnungskriterien für nachhaltige Verbrauchsgüter der Sozial- und Sanitärräume (Auswahl)

- Hygienepapiere (Toilettenpapier, Papierhandtücher, Papiertaschentücher, Papierservietten, Haushaltsrollen) aus Recyclingmaterial, Kennzeichnung durch Blauer Engel, EU-Ökolabel

- Hygienepapiere aus nachhaltiger Forstwirtschaft, Kennzeichnung durch FSC- oder PEFC-Zertifikate
- Hygienepapiere aus regionaler Herstellung (Rohstoffe und Produktion im Umkreis von 100 km)
- Sonstige Hygieneprodukte (Seifen, Spülmittel, etc.): Kennzeichnung durch Blauer Engel, EPEA-Zertifizierung, EU-Ökolabel

Der Nachweis der Nachhaltigkeit alternativer Verbrauchsgüter über andere als die genannten Zuordnungskriterien ist zulässig. Anerkannt werden zusätzlich auch alternative Verfahren zum Total-Ersatz von Verbrauchsgütern, z. B. die Händetrocknung durch moderne Handtrockengeräte.

Anlage 1.3: Zuordnungskriterien für nachhaltige Verbrauchsmittel der Instandhaltung (Auswahl)

- Umweltverträgliche Betriebsstoffe (Schmiermittel, Kühlmittel), Kennzeichnung durch Blauer Engel, EU-Ökolabel, u. a. (Andere Betriebsstoffe wie Energieträger und Putzmittel werden in entsprechenden Kriterien abgebildet)
- Betriebsstoffe, die eine hohe Qualität hinsichtlich der Aspekte Gesundheit und Arbeitssicherheit gewährleisten, Kennzeichnung z. B. durch Blauer Engel

Der Nachweis der Nachhaltigkeit alternativer Verbrauchsgüter über andere als die genannten Zuordnungskriterien ist zulässig.

Anlage 2: Auflistung von Gebrauchsgütern (Auswahl)

- Büro-/Raumausstattung (Mobiliar, elektrische Geräte, Lampen/Leuchtmittel)
- Arbeitsgeräte des Gebäudebetriebs/der Gebäudebewirtschaftung (Werkzeuge, etc.)

...

Anlage 2.1: Zuordnungskriterien für nachhaltige Büro-/Raumausstattung (Mobiliar, elektrische Geräte, etc.)

- Umweltverträgliches, schadstoffgeprüftes, emissionsarmes Mobiliar, Kennzeichnung durch Blauer Engel, Gütezeichen der Deutschen Gütegemeinschaft Möbel, EPEA-Zertifizierung, EU-Ökolabel, u. a.
- Holzprodukte/-werkstoffe aus nachhaltiger Forstwirtschaft, Kennzeichnung durch FSC-/PEFC-Zertifikate
- Umweltschonende, schadstoffgeprüfte, emissionsarme EDV-Geräte, Kennzeichnung durch Blauer Engel, BG-Prüfzert., Eco-Kreis (TÜV-Rheinland), Energy Star, LGA schadstoffgeprüft, EU-Ökolabel, EU-Energieeffizienzlabel, u. a.
- Umweltschonende Kleingeräte: Blauer Engel
- Leuchten: EU-Ökolabel, Blauer Engel

Der Nachweis der Nachhaltigkeit alternativer Büro-/Raumausstattungen über andere als die genannten Zuordnungskriterien ist zulässig.

Anlage 2.2: Zuordnungskriterien für nachhaltige Arbeitsgeräte des Gebäudebetriebs

- Energieeffiziente, lärm- und vibrationsreduzierte Werkzeuge

Der Nachweis der Nachhaltigkeit alternativer Arbeitsgeräte über andere als die genannten Zuordnungskriterien ist zulässig. Andere Arbeitsgeräte des Gebäudebetriebs/der Gebäudebewirtschaftung (Reinigungsgeräte, Gartengeräte, etc.) werden in entsprechenden Kriterien abgebildet.“

2.4.2.4 Wechselwirkungen zwischen den Ressourcenarten

Es ist in den obigen Ausführungen schon angeklungen: Material, Energie und Finanzen bilden keine getrennt voneinander ablaufende Ressourcensysteme, sondern sind stets miteinander verknüpft, vgl. Bild 2.9. Beispielsweise wird Material eingesetzt zur Reduktion des Energieverbrauchs für die Temperierung von Gebäuden. Dieses wiederum kostet Geld. Umgekehrt kann der mit Photovoltaik erzeugte Strom in das öffentliche Stromnetz eingespeist und damit verkauft werden, was Erlöse erzielt. Oder: durch Verbrennen werden Materialien energetisch verwertet, der entstehende Strom und die gewonnene Wärme haben einen Geldwert.

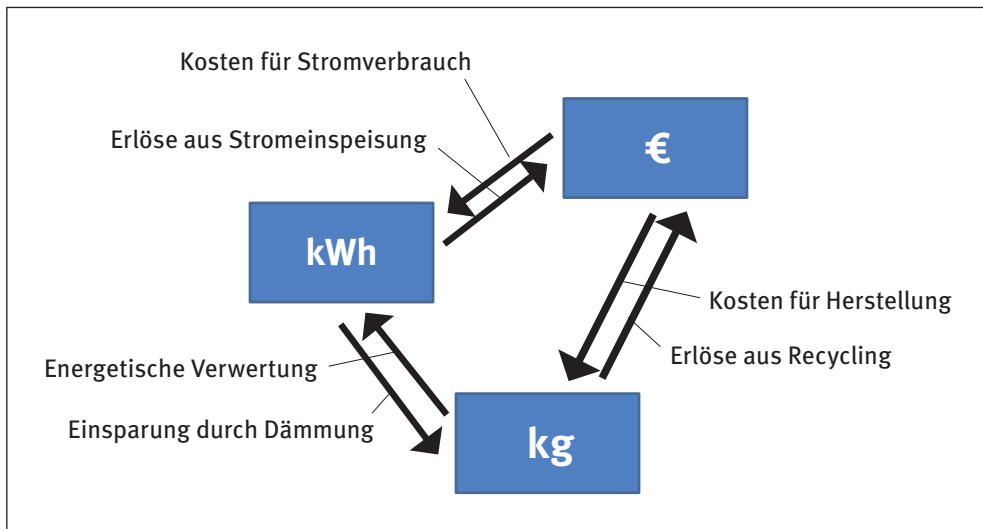


Bild 2.9: Wechselwirkung zwischen materiellen, energetischen und finanziellen Ressourcen

Was bedeuten diese Wechselwirkungen für die Steuerung des Ressourceneinsatzes?

Eine einzige Kenngröße – sei es für materielle, energetische oder finanzielle Ressourcen – wird nicht genügen, um die Optimierung des Ressourceneinsatzes im Lebenszyklus zu steuern. Vielmehr muss es darum gehen, sowohl

- sparsame Materialkreisläufe zu installieren, als auch eine
 - energetische Autarkie bei
 - minimalen Kosten und maximalen Erlösen
- im Lebenszyklus einer Immobilie umzusetzen.

2.4.2.5 Kennzahlen zur Steuerung des Ressourceneinsatzes

- **Steuerungskennzahlen für finanzielle Ressourcen**

Das Immobiliencontrolling hält zahlreiche Kennzahlen bereit (Schäfers, Wolfgang, u. a. 2016), u. a. zur Wertentwicklung. In diesem Abschnitt werden lediglich Beispiele aufgeführt, die einen direkten Bezug zu den in Kapitel 3 erläuterten Kennzahlen aufweisen.

- Herstellungskosten
- Betriebskosten
- Instandsetzungskosten
- Lebenszykluskosten
- Leerstandsrate
- Mieterlöse
- Lebenszyklus-Erfolg
- etc.

- **Steuerungskennzahlen für energetische Ressourcen**

- Einsatz thermischer Energie
- Einsatz elektrischer Energie
- Anteil von Energie aus erneuerbaren Energiequellen
- Bilanz Gewinnung/Verbrauch (Grad der Selbstversorgung)
- etc.

HINWEIS

Vergleichbarkeit der energetischen Kennzahlen sicherstellen

Für den Vergleich von Heizenergieverbräuchen ist zwingend eine Witterungsbereinigung vorzunehmen, sonst suggeriert ein warmer Winter Energieeinsparungen, die lediglich wetterbedingt entstanden sind. Klimafaktoren stellt der Deutsche Wetterdienst nach Postleitzahlen geordnet zur Verfügung (Deutscher Wetterdienst 2016).

Weitere Einflüsse können Nutzungsänderungen, Leerstand, Neuinstallation von technischen Anlagen, etc. sein.

• **Steuerungskennzahlen für materielle Ressourcen**

- Lebensdauer
- Reparaturfähigkeit
- Kreislauffähigkeit
- Anteil an Sekundärrohstoffen
- Anteil an nachwachsenden Rohstoffen
- Anteil von Betriebsmitteln mit Umweltkennzeichen
- etc.

2.4.3 Aktivitäten zur Steuerung der Information

2.4.3.1 Spezifische Information je nach Lebenszyklusphase

Rund um ein Gebäude entstehen in jeder Phase des Lebenszyklus neue, auf verschiedensten Daten basierende Informationen, z.B. zu Grundstücksgröße, Brandschutzkonzept, vertraglich vereinbarten Serviceleistungen. Diese Informationen finden sich in unterschiedlichen Dokumenten wieder, die jedoch meistens nicht allen Akteuren im Lebenszyklus verfügbar sind, z. B. Grundstückskaufvertrag, Baugenehmigung, Wartungsauftrag, etc.

Die Herausforderung einer Informationssteuerung für den gesamten Lebenszyklus der Immobilie besteht nun darin, die Information des je nach Lebenszyklusphase wechselnden Hauptakteurs für die nächste LzPh verfügbar zu machen. Das beginnt mit dem simplen Vorhandensein einer Dokumentation und endet im Idealfall mit einer strukturierten Datenbasis, die verschiedenste Gewerke bzw. Nutzer mit aktueller Information im geeigneten Datenformat versorgt, vgl. Tabelle 2.8.

Tabelle 2.8: Informationen je nach Akteur und Lebenszyklusphase

Akteur	typische LzPh	Informations- erzeugung, z. B.	Informations- art, z. B.	in LzPh:	wichtig für
Initiator (ggf. Eigentümer)	1: Konzeption (ggf. alle Phasen des Lz)	Grundstücks- kauf, Nutzungs- konzeption	Lageplan, ggf. Mietvertrag	2	Planung
Architekt, Fachplaner	2: Planung, ggf. 7: Sanierung	Genehmigungs-, Ausführungs- planung, Men- genermittlung, Ausschreibung	Pläne, Konzept bzw. Gutachten zu Schall-, Wärmeschutz, Standicherheit, Brandschutz, etc.	3, 4, 5, 6, 7	Nutzungsände- rung, Sanierung

Akteur	typische LzPh	Informations- erzeugung, z. B.	Informations- art, z. B.	in LzPh:	wichtig für
Bauunter- nehmen	3: Errichtung, ggf. 7: Sanierung, 9: Verwertung	Produktauswahl, -einbau, Rest- stoffentsorgung	Produktmerk- male, -herkunft, tatsächlich gebaute TGA, Lage der Lei- tungen etc.	4, 5, 6, 7, 9	CO ₂ -Berechnung, Nutzungsände- rung, Instand- setzung
Verkäufer/ Käufer (ggf. Nutzer)	4: Vermarktung 5: Beschaffung	Kaufvertrag, ggf. Mietvertrag	Fertigmaße, tat- sächlich gebaute Räume, TGA	6, 7	Mietvertrag, ggf. Sanierungs- planung
Facility Manager	6: Nutzung, ggf. 8: Leerstands- phase	Reinigung, Instandhaltung	Reinigungs- flächen, -mittel, Zeitpunkt/Art der Wartung, Instandsetzung	4, 5, 7, 9	Reinigungs- planung, Umwelt- management, Bewertung Instandsetzungs- stau (Verkauf), Betreiberwechsel

2.4.3.2 Richtlinien zur Systematisierung der Information

Im Idealfall gibt es eine einheitliche Struktur, in der Informationen gesammelt und gehalten werden. Mit dem Konzept des Building Information Modeling (BIM) ist eine für den gesamten Lebenszyklus der Immobilie sowie für alle damit befassten Akteure bzw. Gewerke im Kommen. Bereits verfügbar und gut etabliert sind die folgenden Standards:

- DIN 276 Kosten im Hochbau – Definition von Bauelementen, die auch in der Instandhaltung hilfreich sind, vgl. 3.1.2
- DIN 277 Grundflächen und Rauminhalte im Bauwesen – Teil 1: Hochbau
- DIN 18960 Nutzungskosten, mit Bezugnahme auf DIN 276 im Bereich der Instandhaltung
- GEFMA 200 Kosten im Facility Management, mit Bezugnahme auf DIN 276, 277, 18960 u. a.
- GEFMA 198 Dokumentation im Facility Management, zur Ordnung der verschiedensten Dokument-Arten (Bezug auf zahlreiche bestehende Standards, u. a. GEFMA 400). Zudem definiert GEFMA 198 ein Leistungsbild FM-Dokumentation.
- GEFMA 400 ff. Computer Aided Facility Management – CAFM. Hier wird die Datenbasis in Bestands-, Prozess- und sonstige Daten unterschieden.

Die weiteren GEFMA-Richtlinien der 400er-Gruppe thematisieren Einführung, Datenbasis, Ausschreibung/Vergabe und Zertifizierung von CAFM.

Für die Zusammenführung differierender Informations- und Dokumentenarten bietet GEFMA 198 die in Tabelle 2.9 dargestellte Struktur an:

Tabelle 2.9: Informationsstruktur gemäß GEFMA 198 – Dokumentation im FM

A	Allgemeine Daten	z. B. Beteiligte im Lebenszyklus
B	Management	z. B. Immobilienstrategie
C	Organisation	z. B. Aufbau-/Ablauforganisation
D	Verträge	z. B. Dienstleisterverträge
E	Flächen	z. B. Raumbuch
F	Architektur und Technik	z. B. Brandschutzkonzept
G	Infrastrukturelle Leistungen	z. B. Dienstleistungskonzept Reinigung
H	Kosten	z. B. Wirtschaftsplan
I	Projekte	z. B. Energieoptimierung

2.4.3.3 Prinzipien zur Steuerung der Information

In 2.2 werden Verfügbarkeit, Aktualität und Strukturierung als Optimierungsziele im Hinblick auf die Information genannt. Zur **Strukturierung** dienen – beispielsweise – die in 2.4.3.2 aufgeführten Standards.

Um die **Aktualität** der Informationen über die LzPh ihrer Entstehung hinaus sicherzustellen, muss man entsprechende Vereinbarungen treffen, d.h. Leistungsbeschreibungen und Verträge zur Dokumentation und zu deren kontinuierlicher Aktualisierung ausarbeiten. Beispielsweise ist die Erstellung einer Gebäudebestandsdokumentation in der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI, Stand 2013) als „Besondere Leistung“ aufgeführt, die nicht mit dem Basishonorar nach HOAI abgegolten ist, sondern separat beauftragt und nach Vereinbarung vergütet werden muss. GEFMA 198 bietet für die Ausschreibung der den gesamten Lebenszyklus abbildenden Dokumentationstätigkeiten ein „Leistungsbild FM-Dokumentation“ an.

BEISPIEL

Auszug aus GEFMA 198-1: Dokumentation im Facility Management, Kap. 6

Leistungsbild FM-Dokumentation

Das vorliegende Leistungsbild bietet einen übersichtlichen Leitfaden, der je nach Anforderung der Branche bzw. Facility eine eigene Gliederung aller Dokumente (in einem vorgegebenen Gliederungsrahmen) und somit die Erstellung eines nutzerspezifischen FM-Handbuchs ermöglicht.

Projektstart/Vorgaben

Im Rahmen des Projektmanagements sind folgende Aufgaben zu Beginn des Projektes festzulegen:

- a) Festlegung der Projektstruktur und Dokumentationsanforderungen pro Beteiligtem
- b) Kommunikation der Standards und Richtlinien
- c) Begleitung der Vertrags-/Vergütungsgestaltung (Anforderungen an FM-Dokumentation)

Phase 1: Betriebskonzept

Im Rahmen der Ableitung des Betriebskonzepts werden von den Projektinitiatoren sowie den Nutzern der Immobilie die Grundlagen für den späteren Betrieb gelegt.

Der Nutzer ist gefordert, sein konkretes Bedarfsprofil bezogen auf sein Kerngeschäft zu formulieren und innerhalb folgender Kerndokumente zusammenzustellen:

- Nutzerprofil: Leitbild des Unternehmens, Nutzerstruktur und allgemeine Rahmenbedingungen
- Flächenbedarf und funktionale Anforderungen
- Prozesse/Betriebsabläufe (Kern-/Hauptprozesse)
- wesentliche Unternehmensrisiken
- Aufstellung der für den Betrieb benötigten Produktionsfaktoren (Geräte, Technik)
- Aufbau- und Ablauforganisation im Rahmen des Personalkonzepts (Kerngeschäft)
- Leistungsprofil (Kerngeschäft vs. FM-Prozesse)

Phase 2: Betreiberkonzept

- *Phase 2a: Grundlagen*
 - Übersicht FM-Prozesse/Unterstützungsprozesse
 - Dienstleistungskatalog/Aufgabenprofil (Schnittstellen zwischen Kerngeschäft und FM)
 - Risikoprofil zwischen Kerngeschäft und FM
 - Planungsanforderungen für einen effizienten und wirtschaftlichen Betrieb

- *Phase 2b: (Betreiber-)Strategie*
 - Aufgaben- und Risikoprofil (Schnittstelle Kern- und Unterstützungsprozesse), Outsourcing Strategie
 - Übergeordnetes Bewirtschaftungskonzept für den Gebäudebetrieb
 - FM-Organisation (Aufbau-/Ablauforganisation)
 - Planungsanforderungen für einen effizienten und wirtschaftlichen Betrieb (Input für Planer)
- *Phase 2c: Detaillierung*
 - Einzelkonzepte pro FM-Dienstleistung (Reinigungskonzept, Instandhaltungskonzept, etc.)
 - Stellenprofile und Arbeitsanweisungen
 - Implementierungsplan
- *Phase 2d: Festschreibung*
 - In der Phase 2d werden das Betreiberkonzept festgeschrieben und alle Dokumente in die FM-Dokumentation überführt.
- *Phase 2e: Fortschreibung*
 - In der Phase 2e wird das FM-Handbuch (Betreiberhandbuch) im Verlauf der Nutzungsphase fortgeschrieben (Anpassung statischer Dokumente, Erstellung dynamischer Dokumente).

Liegen die Informationen strukturiert und aktuell vor, dann stellt sich die Frage nach der **Verfügbarkeit**. Analoge Dokumente – ausgedruckt auf Papier – sind derzeit für Verträge weiterhin erforderlich und werden zum Beleg der damit verbundenen Ansprüche im Falle einer juristischen Auseinandersetzung entsprechend an einem konkreten Ort aufbewahrt.

Alle anderen Dokumente bzw. darin gefasste Informationen entstehen mit zunehmender Ausschließlichkeit digital. Durch die **Digitalisierung** von Informationen und Dokumenten ergibt sich die Möglichkeit, deren Verfügbarkeit zu optimieren. So kann die Information über den Typ einer Heizungsanlage und die vertraglich vereinbarten Positionen der aktuellen Wartung von der Beauftragung bis zur Durchführung und Abrechnung mittels internetfähiger Endgeräte abrufbar werden. Workflow-unterstützende Software führt ggf. den Handwerker vor Ort durch den gesamten Wartungsprozess und schließt mit der Dokumentation, wer wann was gemacht, welches Ersatzteil eingebaut hat, etc. Ohne Medienbrüche kann sich die Meldung an den Auftraggeber, die Rechnungstellung und vielleicht auch die Nachbestellung des Verbrauchsmaterials anschließen. Dafür existieren im Rahmen der Betreiberprozesse zahlreiche CAFM-Software-Angebote. Internetfähige Endgeräte gehören in Form von Smartphones inzwischen zum Lebensstil und können ggf. per App die gewünschten Funktionen übernehmen.

Zu beachten ist dabei jeweils die Frage der **Datensicherheit**: Derzeit schränken Vorgaben zum Datenschutz die Übertragung von sensiblen Daten über das Internet beispielsweise bei der öffentlichen Hand ein. Auch kann es Probleme beim Datenempfang geben, speziell in Kellerräumen, die durch mehrere Stahlbetondecken „abgeschirmt“ sind.

Das Datenmodell ist entsprechend der verwendeten Software für Eingabe, Abruf und Auswertung der Informationen jedoch bisher sehr spezifisch für den Hauptakteur einer LzPh, z. B. verschieden für den Architekten, den Statiker (der u. a. für die Stabilität des Tragwerks verantwortlich ist) und für den Gebäudebetreiber bzw. Facility Manager. Das in einigen europäischen Staaten⁷ bereits zum Standard erhobene Building Information Modeling (**BIM**) könnte nun die Idee eines den Lebenszyklus begleitenden Datenmodells umsetzen, das für jeden Akteur zu jeder Zeit die benötigten Informationen bereithält.

MERKE

BIM (Building Information Modeling) befindet sich derzeit in der Normungsphase. Die „Vornorm“ DIN SPEC 91400 (2015): „Building Information Modeling (BIM)“ verknüpft das bausemantische Ordnungssystem der Standard-Leistungsbeschreibung **STLB-Bau** mit der Systematik von ISO 16739: „Industry Foundation Classes (**IFC**)“.

BIM ist dabei keine Software, sondern ein **mehrdimensionales Datenmodell**. Zu den drei räumlichen Dimensionen kommen als Attribute der jeweiligen Elemente (z. B. Bauteile, technische Anlagen) weitere Informationen zu Material, Kosten, Bauzeit, ggf. Lebensdauer, Reinigungshinweise, Wartungsvorschriften, etc. hinzu. Die Informationen aus verschiedenen Gewerken werden in sog. Fachmodellen zusammengestellt. Deren Synopse ermöglicht beispielsweise eine digitale Konfliktprüfung bzgl. der Leitungsführung von Lüftung, Abwasser, o. Ä., die ansonsten auf der Baustelle zu ungeplanten Änderungen, hässlichen Abkofferungen und außerdem zu Mehrkosten, ggf. auch zu Bauzeitverlängerungen führen können. Auf diese Weise kann BIM Zeit- und Kostenrisiken – insbesondere bei Großprojekten – reduzieren, sofern das Modell konsequent vor Baubeginn vervollständigt wird. Das bedeutet auch, dass alle Entscheidungen frühzeitig getroffen werden müssen (Nünemann 2016).

Allerdings ist BIM mit einem erhöhten Aufwand während der Planungsphase verbunden. Für die Koordination der in das Modell eingehenden Daten wird das neue Tätigkeitsfeld des BIM-Koordinators bzw. **BIM-Managers** erforderlich werden (Benaneck 2015). Der BIM-Manager hat die Aufgabe, die Konsistenz des Datenmodells zu prüfen und durch Rückmeldungen an die Gewerke ggf. herzustellen.

BIM könnte aber nicht nur den Planungs- und Bauprozess optimieren, sondern auch die Betreiberprozesse: Wenn das Modell **während der Nutzungsphase** weiterhin besteht und mit Aktualisierungen bei Veränderungen – z. B. durch Umbauten – gepflegt wird, dann können auch die Ausschreibungen für Instandsetzungen oder Reinigung auf Knopfdruck aus dem Datenmodell gewonnen werden – weil ja die Flächen, Nutzungstypen, Reinigungserfordernisse etc. bereits darin enthalten sind, vgl. Bild 2.10. Mit entsprechenden Schnittstellen zu Workflow-unterstützender FM-Software kann auch das Controlling oder das Qualitätsmanagement für die Betreiberprozesse von BIM profitieren.

7 Norwegen, Großbritannien ab 2016

In DIN SPEC 91303 Bestandteile und Struktur einer Lebenslaufakte für Erneuerbare-Energie-Anlagen wird die „**Lebenslaufakte**“ als Instrument zur Überführung von Informationen aus der Herstellungs- in die Nutzungs- und Betriebsphase empfohlen. Sie sammelt strukturiert Informationen zu Ort, Produkt und Funktion. Im Idealfall werden dabei die verschiedenen Perspektiven abgebildet (Essig 2015):

- Ökonomisch: Kosten im Lebenszyklus, Budgets, Steuerungskennzahlen, etc.
- Rechtlich: Verträge, Gesetze/Verordnungen, etc.
- Stofflich: Materialien bzgl. Verwendung, Entsorgung, etc.
- Technisch: Tragfähigkeit, Bauelemente
- Funktional: Prozesse, Tätigkeiten, z. B. Wartung, etc.

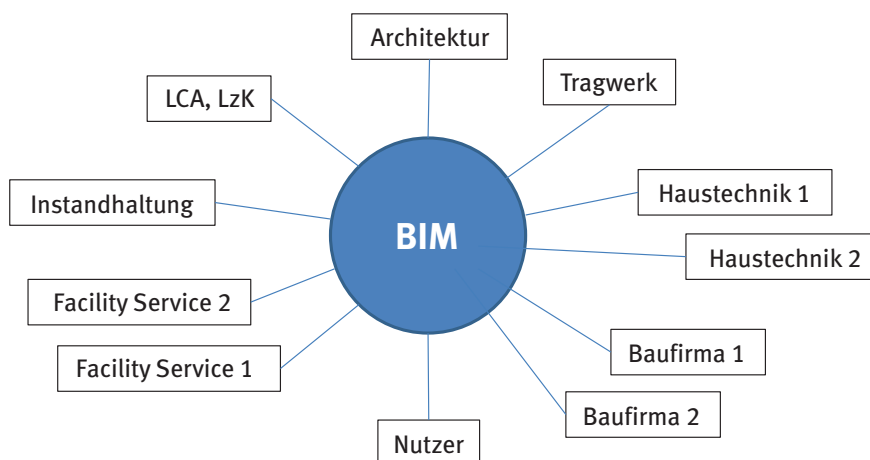


Bild 2.10: Building Information Modeling (BIM) mit Informationen für den gesamten Lebenszyklus

Ein weiterer Baustein auf dem Weg zur vollständigen Digitalisierung von Informationen im Lebenszyklus von Immobilien ist die **digitale Identifikation von Elementen** im Gebäude. Ein **RFID⁸-Chip** in jedem Bauteil macht eine zweifelsfreie Identifikation möglich, sodass Verwechslungen ausgeschlossen werden – vorausgesetzt, der RFID-Chip enthält die korrekte Information. Dieser Chip könnte nicht nur zur Identifikation dienen, er könnte auch im Lebenszyklus immer weiter beschrieben werden und so lokal Informationen über seinen Lebenszyklus sammeln.

8 RFID: Radio Frequency Identification

HINWEIS

Wem gehören die Daten?

Im Facility Management ist es gängige Praxis, dass jeder Dienstleister sein eigenes CAFM-Programm im Rahmen seiner Dienstleistung nutzt und dem Gebäudeeigentümer/-verwalter zugänglich macht. Zwar treffen gute FM-Verträge entsprechende Vereinbarungen zur Übergabe einer Dokumentation bei Vertragsende. Aber das vollständige Datenmodell ist meist nur mit der jeweils spezifischen Software nutzbar. Die Softwarelizenz gehört aber dem Dienstleister, für den das Datenmodell nun aber nutzlos geworden ist.

Ein klassischer Fall von Verschwendung im Prozess, der nur durch den harten Verdrängungswettbewerb unter FM-Dienstleistern bisher nicht – finanziell erkennbar – zulasten der FM-Kunden geht.

Sinnvoller wäre es, wenn die Daten dem Gebäude bzw. dem jeweiligen Eigentümer zugeordnet würden. Dann müsste dieser eine entsprechende Datenverantwortung übernehmen, die er wiederum delegieren könnte. Wird BIM diese Entwicklung fördern?

2.4.3.4 Checkliste zur Steuerung der Information

Information ist nicht dann besser, wenn sie mit mehr Dokumenten belegt wird. Zu viele Dokumente, bzw. eine unstrukturierte Datenhaltung erschweren die Auffindbarkeit der gesuchten Information. Auch die Aktualitätsanforderungen sind nicht mithilfe eines minimalen Taktes zur Aktualisierung – wie etwa bei Sicherheitsupdates für den Virenschanner – zu quantifizieren. Für beide Zielkriterien gilt: so viel wie nötig, dabei aber so wenig, so kompakt und so integriert wie möglich.

Anstelle von quantitativen Kennzahlen sind also qualitative Indikatoren nützlich. GEFMA 160 beschreibt die optimale Dokumentation aus Sicht des Facility Managements folgendermaßen:


	Nachhaltigkeit im Facility Management Bewertungssystem Büro- und Verwaltungsgebäude		GEFMA 160-1	
Qualität der FM-Organisation	Nr. 4.4 Dokumentation und Berichtswesen			
Bewertungsmaßstab	Gesamtbewertung Kriterium			
	1. Vollständigkeit und Aktualität der Objektdokumentation			
	1.1 Basis-Objektdokumentation			
	1.1.1	Bestandsdokumentation - Pläne und Berechnungen	Indikatorenpunkte	
		Die bauordnungsrechtlichen Bestandsdokumente sind an einem definierten Stand-/Speicherort vorhanden und entsprechen dem aktuellen Stand des Gebäudes bzw. enthalten Kennzeichnungen zu überholten Dokumentenständen. Die Bestandsdokumentation liegt in digitaler Form vor. Oder alternativ bei Neueintritt: Alle gesetzlich vorgeschriebenen und für den Gebäudebetrieb relevanten Bestandsdokumente werden vom Betreiber nachgeführt und dem aktuellen Stand des Gebäudes angepasst. Dies erfolgt (auch) in digitaler Form.	10	
	1.1.2	Nutzerhandbuch	Indikatorenpunkte	
		Es liegt ein Nutzerhandbuch vor, das Angaben, Erläuterungen und Anleitungen für den unmittelbaren Nutzer zu <u>allen</u> nutzungsrelevanten Gebäudekomponenten enthält und den aktuellen Stand des Gebäudes repräsentiert. Außerdem umfasst das Nutzerhandbuch auch nachhaltigkeitsrelevante Verhaltensinformationen für die Gebäudenutzer. Oder alternativ bei Neueintritt: Vom Betreiber wird ein Nutzerhandbuch nachgeführt, das Angaben, Erläuterungen und Anleitungen für den unmittelbaren Nutzer zu <u>allen</u> nutzungsrelevanten Gebäudekomponenten enthält und den aktuellen Stand des Gebäudes repräsentiert. Außerdem umfasst das Nutzerhandbuch auch nachhaltigkeitsrelevante Verhaltensinformationen für die Gebäudenutzer.	8	
	Hinweis: – Die Anforderungen an ein Nutzerhandbuch gemäß Indikator 1.1.2 sind neutral hinsichtlich der Form. Ein Nutzerhandbuch in Papierform wird ebenso akzeptiert wie eine digitale Form – Für Gebäude mit niedrigem Technisierungsgrad (z. B. ohne raumlufttechnische Anlagen, keine Raumsteuerungsfunktionen über Lichtschalter, Heizungsthermostat, o. ä. hinaus) gelten Informationsflyer oder Informationen über Intra-/Internet-Lösungen als Nutzerhandbuch			
	1.1.3	Betreiberhandbuch	Indikatorenpunkte	
		Es liegt ein Betreiberhandbuch vor, das das gesamte bzw. für das betrachtete Gebäude erforderliche Spektrum der GEFMA 922-8 (oder vergleichbar) abdeckt und den aktuellen Stand des Gebäudes darstellt. Außerdem umfasst das Betreiberhandbuch auch mögliche Maßnahmen der Nachhaltigkeitsoptimierung. Oder alternativ bei Neueintritt: Vom Betreiber wird ein Betreiberhandbuch nachgeführt, das das gesamte bzw. für das betrachtete Gebäude erforderliche Spektrum der GEFMA 922-8 abdeckt und den aktuellen Stand des Gebäudes darstellt. Außerdem umfasst das Betreiberhandbuch auch mögliche Maßnahmen der Nachhaltigkeitsoptimierung.	8	
	1.1.4	Gebäudebeschreibung	Indikatorenpunkte	
		Es liegt ein Gebäudepass gemäß Leitfadens Nachhaltiges Bauen, Version 2001 oder eine vergleichbare Gebäudedokumentation (z.B. gemäß DIN 32835-1) vor, die dem aktuellen Stand des Gebäudes entspricht. Oder alternativ bei Neueintritt: Eine lückenhafte und/ oder nicht aktuelle Gebäudebeschreibung wird vom Betreiber nachweislich vervollständigt und/ oder aktualisiert.	4	
	1.2 Kontinuität der Objektdokumentation			
	1.2.1	Bestimmung eines Dokumentationsbeauftragten	Indikatorenpunkte	
	Für das Gebäude wird ein übergeordneter Dokumentationsbeauftragter benannt. Alle Informationen aus dem Gebäudebetrieb werden an den Dokumentationsbeauftragten weitergeleitet. Dieser nimmt bedarfsgesteuert die Integration gebäudebetriebsrelevanter Informationen in die Objektdokumentation vor.	15		
1.2.2	Kontrolle der Vollständigkeit und Aktualität	Indikatorenpunkte		
	In einer zentralen Liste werden alle Veränderungen des Gebäudes (inkl. seiner Betriebsführung) aufgezeichnet. Die Liste enthält Informationen zum Gegenstand der Veränderung und Verweise auf das/ die betreffende(n) Dokument(e)/ Schriftstück(e) der Objektdokumentation.	15		

Bild 2.11: Auszug aus GEFMA 160 – Nachhaltigkeit im FM, Kriterium Dokumentation und Berichtswesen

2.4.4 Aktivitäten zur Steuerung der Umweltbelastung

Das Bauen und Betreiben von Gebäuden belastet die Umwelt durch die Emissionen von Stoffen in Luft, Wasser und Boden. Dabei stehen die Emissionen von CO₂ u. a. aus der Nutzung fossiler Energiequellen angesichts der drohenden Klimaerwärmung stark im Fokus der Aufmerksamkeit. Das auf der Weltklimakonferenz in Paris ausgehandelte, globale Ziel, die Klimaerwärmung auf 2 besser auf 1,5 Grad Celsius zu beschränken (Bojanowski 2015), fordert von Deutschland eine drastische Reduktion des Ausstoßes von > ca. 10 T CO₂ je Person und Jahr auf 1 T CO₂ ab dem Jahr 2050.

Die oben angerissene Umstellung auf minimalen Energiebedarf und erneuerbare Energiequellen im Gebäudebereich muss also konsequent umgesetzt werden. Über CO₂ hinaus gibt es jedoch noch weitere, global und lokal wirkende Belastungen durch das Bauen und Betreiben von Immobilien.

2.4.4.1 Umweltbelastung – global

Die möglichen, umweltschädigenden Emissionen werden zu Gruppen zusammengefasst. Mittels Äquivalenten lassen sich gleichgerichtete, aber unterschiedlich intensive Wirkungen von Substanzen aufsummieren, z. B. hat Methan eine ca. 25-mal höhere Wirkung im Sinne des Treibhauseffektes als Kohlendioxid (CO₂). Tabelle 2.10 zeigt die in dem Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB) bzw. im Deutschen Gütesiegel Nachhaltiges Bauen (DGNB) bewerteten Wirkungskategorien von umweltbelastenden Emissionen.

Tabelle 2.10: Wirkungskategorien von Emissionen

Potenzial	(engl.)	(Abkü)	Äquivalent	Belastetes Medium
Treibhauspotenzial	Global Warming Potential	GWP	CO ₂	Luft (Klima)
Ozonschichtabbaupotenzial	Ozone Depletion Potential	ODP	R ₁₁	Luft (Ozonschicht)
Ozonbildungspotenzial	Photochemical Ozone Creation Potential	POCP	C ₂ H ₄	Luft (Sommersmog)
Versauerungspotenzial	Acidification Potential	AP	SO ₂	Luft, Wasser, Boden
Überdüngungspotenzial	Eutrophication Potential	EP	PO ₄	Wasser, Boden

2.4.4.2 Umweltbelastung – lokal

Zu den globalen Wirkungen von Emissionen kommen noch lokale Wirkungen hinzu, die wegen der Belastung der Innenraumluft sowie der lokalen, natürlichen Umgebung für Gebäude separat bewertet werden. Im BNB für Bürogebäude wird der Verzicht auf

bestimmte Stoffe, die Partikel an die Umgebungsluft bzw. durch Auswaschung an den Boden oder das Wasser abgeben, positiv bewertet. Folgende sechs Stoffgruppen werden im Bewertungskriterium 1.1.6 „Risiken für die lokale Umwelt“ hervorgehoben:

- Gefährliche und besonders besorgniserregende Stoffe (SVHC, Substance of Very High Concern), z. B. krebserregende Stoffe (Asbest in Altbauten)
- Auslaugbare, gefährliche Stoffe
- Schwermetalle, z. B. in Farben enthalten
- VOC, organische Lösungsmittel, z. B. in Klebmitteln von Holzwerkstoffen
- Halogenierte Kälte-/Triebmittel
- Biozide, z. B. in Fassadenanstrichen

Weitere, lokale Emissionen, die durch die Erstellung und Benutzung von Gebäuden verursacht werden, sind:

- Lichtemissionen, „Lichtverschmutzung“, vgl. LEED und BREEAM
- Lärmemissionen, vgl. BREEAM
- Flächenversiegelung/Flächeninanspruchnahme (BNB) bzw. Wärmeinseleffekt (LEED)

2.4.4.3 Prinzipien zur Steuerung der Umweltbelastung

Das Umweltmanagement nach DIN EN ISO 14001 verfolgt analog dem o.g. Energiemanagement einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess: Plan-Do-Check-Act.

Für die Phase des „Plan“ ist jeweils eine Analyse des IST-Zustandes erforderlich. Dafür definieren DIN EN ISO 14040 ff. Prinzipien der Umweltbilanzierung (auch: Ökobilanz, Life Cycle Assessment, LCA). Diese muss Medien übergreifend (Boden, Luft, Wasser) und Stoffstrom-integriert vorgehen, in folgenden vier Schritten:

- Definition von Ziel und Untersuchungsrahmen (Systemgrenze)
- Sachbilanz
- Wirkungsbilanz
- Auswertung.

Die Herausforderung besteht darin, die vielfältigen Komponenten von Bauprodukten und deren Herstellungs-, Transport-, Nutzungs- sowie End-of-Life-Prozesse im Detail zusammenzustellen. Dabei helfen Datenbanken, z. B. Ökobaudat (<http://www.oekobaudat.de>, über 1000 Datensätze in 2016) bzw. die Bauproduktdeklarationen (EPD environmental product declaration) gemäß DIN EN 15804: Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte (mehr dazu in 3.3).

Schließlich sind die Daten zu interpretieren, ggf. Alternativen im Sinne des Umweltschutzes auszuwählen und umzusetzen. Für die Bewertung und den Vergleich von ganzen Gebäuden sind Benchmarks hilfreich, z. B. aus BNB.

BEISPIEL

Bewertungsskala für die Ergebnisse einer Ökobilanz aus BNB_BN (Bürogebäude Neubau), Kriteriensteckbrief 1.1.1 „Treibhauspotenzial (GWP)“, Version 2015:

Zielwert: $100 \leq 25 \text{ kg CO}_2\text{-Äqu.}/(\text{m}^2_{\text{NGFa}} \cdot \text{a})$

Richtwert: $50 = 41 \text{ kg CO}_2\text{-Äqu.}/(\text{m}^2_{\text{NGFa}} \cdot \text{a})$

Grenzwert: $10 \geq 66 \text{ kg CO}_2\text{-Äqu.}/(\text{m}^2_{\text{NGFa}} \cdot \text{a})$

0 Das Treibhauspotenzial (GWP) wurde nicht nachgewiesen

2.4.4.4 Steuerungskennzahlen für die Umweltbelastung

Wirkungskategorien der Umweltbelastung in Äquivalenten:

- Treibhauspotenzial, CO₂
- Ozonschichtabbaupotenzial, R₁₁
- Ozonbildungspotenzial, C₂H₄
- Versauerungspotenzial, SO₂
- Überdüngungspotenzial, PO₄
- ...

Wirkungsbilanz nach Kriterien und Lebenszyklusphase (Ökobau.dat 2015)

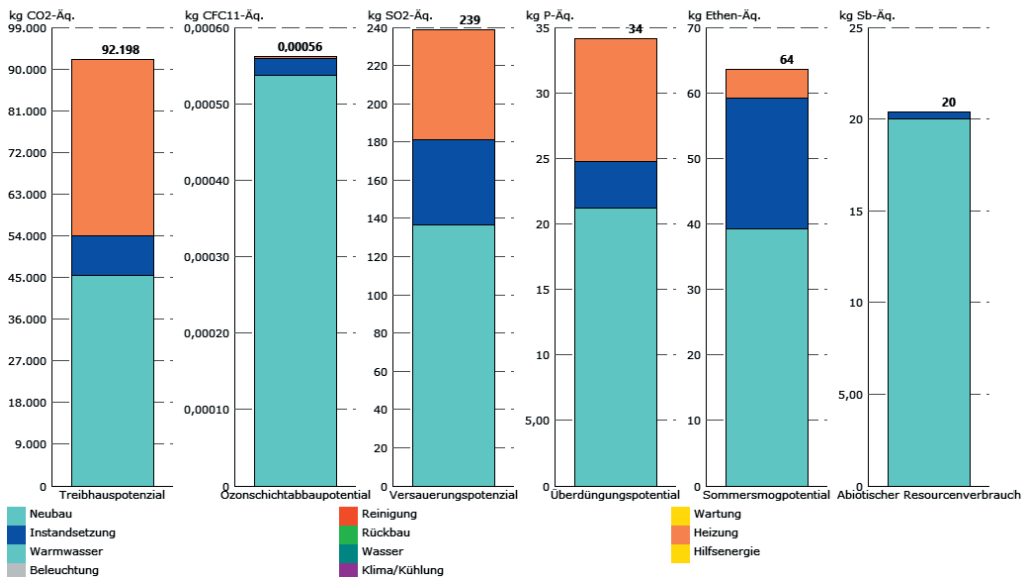


Bild 2.12: Screenshot Legep, Wirkungsbilanz für „Haus Simple“ mit Wärme-dämmverbundsystem-Fassade

2.5 Vision – das Optimum im Lebenszyklus-Management

Die oben beschriebenen Aktivitäten streben ein maximal nachhaltiges, lange nutzbares Gebäude an. Wie könnten das Gebäude und seine Betriebsprozesse aussehen?

- **Prozessoptimierung**

- kontinuierliche Anwendung von Lebenszyklus-Modellierungen zur Entscheidungsfindung

Während Konzeption, Planung und Errichtung wurden iterativ Lebenszyklus-Analysen zu Kosten und Stoffströmen vorgenommen, die zu einem ökonomisch, ökologisch und sozial optimierten Gebäude geführt haben. Dieses darf man sich äußerlich so vorstellen, wie die beiden Fallbeispiele Haus 2226 bzw. Haus 19 aus Kapitel 5.

- Nutzung von Building Information Modeling (BIM)

Damit Daten zu jedem Bauprodukt, verwechslungsfrei und auch in späteren Phasen des Lebenszyklus des Gebäudes nutzbar bleiben, wird eine Datenstruktur verwendet, die alle Gewerke, alle Stakeholder-Perspektiven und alle Lebenszyklusphasen abbildet. Elemente zur lokalen Identifikation eines Bauelementes (z. B. Wand) wurden in Form von RFID-Chips (Radio Frequency Identification) überall eingebaut. Sie ermöglichen vor Ort eine Auslesung, z. B. zur Tragfähigkeit der Wand, Material des Putzes, des Anstrichs, Farbton, Zeitpunkt des letzten Anstrichs, etc. Die Nutzung der Daten ist unabhängig von Software-Produkten.

- Facility Management (FM) nach GEFMA 160

Alle Prozesse zur Unterstützung der primären Nutzungsprozesse im Gebäude werden gebündelt und gemäß den Prinzipien von Nachhaltigkeit im FM, gemäß GEFMA 160 (vgl. Unterkapitel 3.4) konzipiert, ausgeschrieben, gesteuert und umgesetzt.

- **Nutzungsoptimierung**

- Erreichbarkeit, Mobilität

Das Ziel einer CO₂-freien Mobilität wurde durch einen zentral gelegenen Standort mit S-Bahn-Anschluss erreicht. Die wenigen, erforderlichen Fahrten werden durch Elektroautos und Elektro-Lastenfahräder ermöglicht. Für diese gibt es Ladestationen, die Strom aus der hauseigenen Photovoltaik nutzen. Zudem dienen die Auto- und Fahrradbatterien als Pufferspeicher für ggf. überschüssige, regenerative Energie. Eine Tankstelle für Wasserstoff aus der Power-to-Gas-Anlage befindet sich gerade im Aufbau. Sie wird die deutlich leichteren Autos mit Brennstoffzellen-Antrieb versorgen.

- Flexibilität, Mischnutzung, Shared-Office

Die Medienversorgung und Zugänglichkeit (Treppen, Flure) sind modular aufgebaut, sodass auch kleine Raumeinheiten separat genutzt und hinsichtlich des Energieverbrauchs individuell abgerechnet werden können. An zentraler Stelle gibt es zudem Shared-Offices für Selbstständige, die in verschiedenen Projekten mitwirken bzw. Netzwerke für größere Aufgaben bilden.

Alle Etagen sind nutzungsflexibel konzipiert. So kann die vorhandene Nutzungsmischung aus Arbeiten, Wohnen, Pflegen bei Veränderungen entsprechend angepasst werden. Kürzlich wurde die Wohntage umgebaut für eine Alten-WG.

- Lufthygiene, Luftfeuchtigkeit

Weil nur biologische Baustoffe verwendet wurden, gibt es keine Emissionen von Schadstoffen an die Raumluft und somit keine Einschränkungen der Nutzbarkeit des Gebäudes für Allergiker. Für eine angenehme Luftfeuchtigkeit sorgen die massiven Wände bzw. Decken und der Kalkputz.

- Verfügbarkeit gewährleisten

Es wurde eine robuste, fehlertolerante Technik eingebaut, die stets auch eine manuelle Steuerung bzw. Betätigung erlaubt. Sensoren u. a. für Temperatur, CO₂-Gehalt der Raumluft und Energieabgabe bzw. -aufnahme machen Daten für die Steuerung und Analyse aller Gebäudenutzungsparameter verfügbar. Sensoren zur Überwachung der Dichtigkeit der Dachkonstruktion sind eingebaut worden. So können Instandsetzungen an sensiblen Bereichen exakt terminiert werden, ohne auf die Restnutzungsdauer eines Bauelementes zu verzichten, das beim unbemerkten Versagen hohen Schaden, z. B. durch eindringende Feuchtigkeit, verursachen würde.

- **Ressourcenoptimierung**

- materielle Ressourcen

Das Gebäude wurde ausschließlich aus kreislauffähigen Materialien hergestellt, d. h. aus nachwachsenden Rohstoffen, die am Ende ihrer baulichen (oder alternativen) Nutzung in den biologischen Kreislauf zurückgeführt werden können (durch Kompostierung), oder aus Materialien bzw. Produkten, die vom Hersteller wieder zurückgenommen, in Einzelteile zerlegt und in einen technischen Materialkreislauf rückgeführt werden. Zu 70 % bestehen die verwendeten Materialien aus recycelten Rohmaterialien (Sekundärrohstoffen). Das Gebäude erhielt dafür eine Cradle to Cradle-Zertifizierung.

BEISPIEL

Produkt-Leasing statt Kauf

Für die technischen Anlagen nutzten wir das Herstellerangebot, die Bauteile nur zu „leasen“. So verzichten wir zwar auf die Chance, dass der Materialwert während des Lebenszyklus steigt, z. B. bei Seltenen Erden und Metallen könnten Versorgungsgänge die Preise treiben. Aber die Hersteller sind besser auf die Wiedergewinnung und Weiterverarbeitung vorbereitet als wir.

Regenwasserbewirtschaftung

Regenwasser sammeln wir in Zisternen. Deren Überlauf führt in eine Wiese mit Versickerungsbereich. So entlasten wir die städtische Kanalisation bei Starkregenfällen und sparen uns die Regenwasser-Einleitungsgebühr. Das gesammelte Wasser reicht meistens für die Bewässerung unserer Nutzgärten.

Urban Gardening

Auf Balkonen und Gartenflächen bauen wir Obst, Gemüse und Kräuter an (das Dach ist für die Energiegewinnung reserviert). Nährstoffreiche Erde dafür zapfen wir aus dem Schnellkompostkasten, in den alle veganen Speisereste entsorgt werden. Ein kleines Gewächshaus haben wir auch: Darin betreiben wir Aquaponik. Die Ausscheidungen der Fische in dem einen Wasser-Kreislauf dienen – nach einer Umwandlung durch Bakterien – im Wasser-Kreislauf mit Gemüse als Dünger. Unsere lokalen Erzeugnisse sind gesund, haben keinen Kilometer Transportweg hinter sich, müssen nicht in Plastik verpackt werden, brauchen keine harte Schale für 3 Monate Lagerung und geben uns das ganze Jahr über Anlass für Bewegung an der frischen Luft. Selbstverständlich haben wir auch Bienen und weitere Nützlinge, die helfen, wenn Schädlinge in unser Gemüse einfallen.

Gemeinsame Nutzung von Geräten (Sharing)

Im Erdgeschoss befindet sich eine Reparaturwerkstätte, in der außer den kaputten Fahrrädern auch Haushaltsgeräte und Möbel repariert bzw. zu Neuem verarbeitet werden können (upcycling). Zudem können alle Nachbarn die verschiedenen, seltener gebrauchten Geräte für Haus und Garten ausleihen. Der dafür verantwortliche „Geräte-Meister“ hat in diesem Jahr den ersten Lehrling aufgenommen.

- energetische Ressourcen

Gemeinsam mit den Nachbarhäusern bildet unser Gebäude ein Smart Grid⁹. Darin gleichen wir die Energieangebote aus den verschiedenen Anlagen für Windkraftnutzung, Photovoltaik, Solarthermie und Geothermie mit der Energienachfrage von Gebäudebereichen und Geräten ab, nutzen alle bereitgestellten Speichermöglichkeiten im Falle von Überangebot bzw. beziehen Energie bei fehlendem Angebot aus allen freigegebenen Batteriespeichern. Die neueste Speicheranlage erzeugt Wasserstoff aus überschüssigem Strom.

BEISPIEL

Energiesparen als Sport

Seit eine App jedem Nutzer seine aktuellen Verbräuche aus Handy-Ladegerät, TV-Standby, Kaffeemaschine, Licht in der Küche, etc. anzeigt, ist ein Wettbewerb um das Verbrauchsminimum eingetreten. Um dem Ganzen eine sportliche Note zu geben, haben wir die Geräte im Fitnessraum mit Dynamos versehen. So kann man den Strom für die Gamesession mit 3 Bildschirmen selber produzieren und gibt gleichzeitig dem Körper einen Ausgleich für das Sitzen vor den besagten Bildschirmen.

9 Smart Grid: Intelligentes Stromnetz, in dem Stromproduktion, -speicherung und -nutzung digital vernetzt und steuerbar sind.

– finanzielle Ressourcen

Jede Kilowattstunde Energie, die nicht verbraucht wird, spart auch Geld. Das Smart Grid kann sogar Geld für die Abnahme von Strom erhalten, wenn im Netz ein Überangebot besteht. Dann wird der thermische Speicher unter dem Haus aufgeladen oder das Fischbecken beheizt, etc.

Insgesamt hat das Gebäude durch seine nutzungsflexible Raumgestaltung und seine innerstädtische Lage eine hohe Wertstabilität. Die mittels LzK-Analyse ausgetüftelte, bauliche Lösung nutzte die in 2016 üblichen, niedrigen Zinsen, um in Dauerhaftigkeit und in Energiegewinnung bzw. -speicherung zu investieren. So sind wir nun unabhängig von Energie-Preisschwankungen.

• **Umweltschonung**

Umweltbelastungen gehen einerseits von der Errichtung eines Gebäudes aus, andererseits von den Prozessen der Nutzung.

– Errichtung des Gebäudes

Der auf den Lebenszyklus des Gebäudes hin optimierte Ressourceneinsatz reduziert Umweltbelastungen durch Rohstoffgewinnung bzw. Energiebereitstellung. Dabei wurde auf einen hohen Anteil an Sekundärrohstoffen bzw. nachwachsenden Rohstoffen geachtet. Der Verzicht auf fossile Brennstoffe zur Energiebereitstellung ist selbstverständliche Voraussetzung für jede Baugenehmigung geworden.

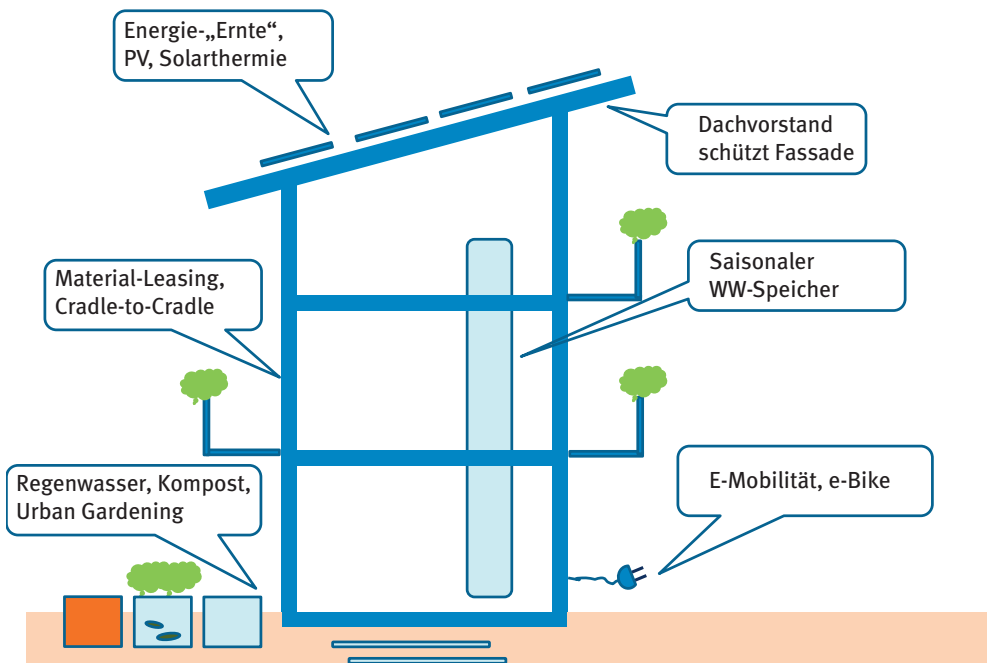


Bild 2.13: Ressourcenschonende Facility – Vision

Alle Oberflächen wurden so gewählt (Kalkputz, Dachbegrünung, gewachstes Holz im Innenraum), dass keine Biozide erforderlich bzw. keine Ausdünstungen von Lösungsmitteln, o. Ä. zu befürchten sind. Anstelle von dauerelastischen oder geschäumten Fugendichtungen wurden konstruktive Lösungen zur Abdichtung eingesetzt, z.B. gemauerter Fensteranschlag.

Luftreinigende Materialien setzen wir im Raum mit den Kopierern und Servern ein. Auch ein spezieller Fahrbahnbelag für die Hofeinfahrt wird gerade getestet. Er wird mittels Photokatalyse zur Reinigung der Luft im Außenraum beitragen. Die entstehenden Stoffe werden mit dem Regenwasser in die Grünzonen gespült. Dort düngen sie die Vegetation.

– Nutzung des Gebäudes

Alle Nutzungsprozesse werden im Rahmen unseres zertifizierten Umweltmanagementsystems – das die GEFMA 160 als Leitlinie zur Umsetzung nutzt – hinsichtlich einer Minimierung von Umweltbelastungen systematisch und iterativ analysiert. Zu den Maßnahmen gehören z.B. der ausschließliche Einsatz von biologisch abbaubaren Reinigungsmitteln, die Ausrichtung des Caterings an saisonalen Lebensmitteln, etc.

3 Kennzahlen für das Lebenszyklus-Management

3.1 Definition allgemeiner Kennzahlen für Immobilien

Die nachfolgenden Definitionen werden hier nur so weit ausgeführt, als es zum eindeutigen Verständnis erforderlich erscheint. Für Details wird jeweils auf die maßgeblichen Standards verwiesen.

3.1.1 Flächen

Flächen dienen häufig zur Bildung von Vergleichswerten, z. B. LzK/m². Dabei ist jeweils zu definieren, welche Flächen aufsummiert wurden, z. B. Nutzfläche, Mietfläche, beheizte Fläche, etc. In Deutschland ist die DIN 277 „Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau“ (2016) maßgeblich für die Abgrenzung der Nutzungsfläche (NUF) von Verkehrsfläche (VF), Technikfläche (TF) und Konstruktionsgrundfläche (KGF), vgl. Bild 3.1. Häufig wird die Summe aller Flächenarten, die Bruttogrundfläche (BGF), als Bezugswert gewählt. Sie bietet den Vorteil, dass wenige, möglicherweise abweichend vorgenommene Flächenabgrenzungen erforderlich sind. So kann man Fehler in der Benchmark-Bildung vermeiden.

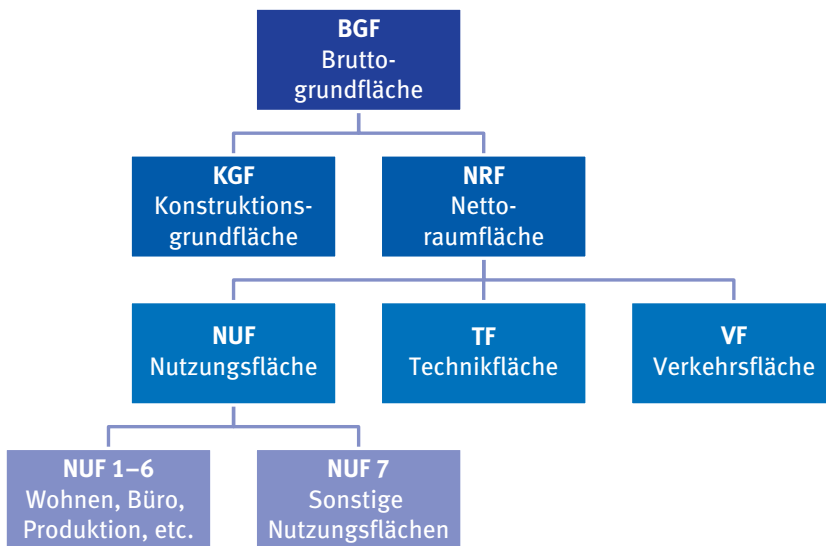


Bild 3.1: Flächenarten nach DIN 277

Die NUF 1-6 (in älteren Quellen bisweilen noch als Hauptnutzfläche bezeichnet) stellt die für die Gebäudenutzung primären Flächen dar, z. B. Büroraum. Entsprechend zielt Flächeneffizienz auf eine Maximierung ihres Anteils an der BGF ab. Dabei sind die obigen Aussagen zu Nutzbarkeit, insbesondere Flexibilität zu berücksichtigen. Bild 3.2 zeigt die durchschnittlichen Anteile von Nutzungs-, Verkehrs-, Technik- und Konstruktionsgrundfläche für Bürogebäude auf.

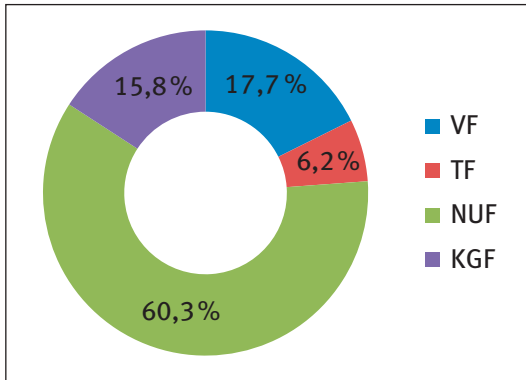


Bild 3.2: Durchschnittliche Flächenanteile in Bürogebäuden, Daten aus Benchmarking-Bericht 2015 (Rotermund 2015)

DIN 277 macht keine Unterscheidung, ob Flächen beheizbar oder vermietbar sind. Eine Ermittlung der beheizbaren Fläche ist z.B. nach EnEV (Energieeinspar-Verordnung) erforderlich. Zur Definition der vermietbaren Flächenanteile gibt die Gesellschaft für Immobilienwirtschaftliche Forschung (gif) Empfehlungen in der Richtlinie MF-G „Mietfläche Gewerbe“ (Focke und Pelzeter 2016).

3.1.2 Kosten

Die Kosten im Lebenszyklus von Immobilien werden gemäß der GEFMA-Richtlinie 200: „Kosten im Facility Management“ den neun Phasen im Lebenszyklus (vgl. 2.1) jeweils einzeln zugewiesen. Die bestehenden DIN-Normen zu Bau- und Nutzungskosten fassen jedoch einige Phasen zusammen.

- **Kosten der Herstellungsphase nach DIN 276: Kosten im Hochbau**

Die Kosten der Planungsphase werden als Teil der „Kosten im Hochbau“ gemäß DIN 276 definiert. Sie finden sich in der Kostengruppe (KG) 700: Baunebenkosten vgl. Tabelle 3.1, gemeinsam mit Kosten für Genehmigungen und Zwischenfinanzierung der Bauphase.

Tabelle 3.1: Herstellungskosten gemäß DIN 276: Kosten im Hochbau, Kennzahlen für Bürogebäude aus BK1

KG	Bezeichnung	% Bauwerkskosten (KG 300+400) z. B. Bürogebäude
100	Grundstück	–
200	Herrichten und Erschließen	2,8 %
300	Bauwerk-Baukonstruktion	72–78 %
310	Baugrube	
320	Gründung	
330	Außenwände	

KG	Bezeichnung	% Bauwerkskosten (KG 300+400) z. B. Bürogebäude
340	Innenwände	72–78 %
350	Decken	
360	Dächer	
370	Baukonstruktive Einbauten	
390	Sonstige Baukonstruktionen	
400	Bauwerk-Technische Anlagen	22–28 %
410	Abwasser, Wasser, Gas	
420	Wärmeversorgungsanlagen	
430	Lufttechnische Anlagen	
440	Starkstromanlagen	
450	Fernmelde- und Informationstechnische Anlagen	
460	Förderanlagen	
470	Nutzungsspezifische Anlagen	
480	Gebäudeautomation	
490	Sonstige Technische Anlagen	
500	Außenanlagen	7,9 %
600	Ausstattung und Kunstwerke	5,6 %
700	Baunebenkosten	16,3 %
	<i>Summe Baukosten (in % Bauwerksk.)</i>	132,6 %

- **Kosten der Nutzungsphase nach DIN 18960: Nutzungskosten**

Für spezifische Kosten der Nutzungsphase gibt es die Gliederung der DIN 18960: „Nutzungskosten“. Da diese in der Kostengruppe: Kapitalkosten auch Kosten für Finanzierung und Abschreibung enthält, würde die simple Addition von Kosten nach DIN 276 und DIN 18960 zu einer Doppelzählung der Herstellungskosten führen.

Tabelle 3.2: Kostengruppen nach DIN 18960: Nutzungskosten

KG	Bezeichnung
100	Kapitalkosten
200	Objektmanagementkosten
300	Betriebskosten
310	Versorgung
320	Entsorgung
330	Reinigung und Pflege von Gebäuden
340	Reinigung und Pflege von Außenanlagen
350	Bedienung, Inspektion und Wartung
360	Sicherheits- und Überwachungsdienste
370	Abgaben und Beiträge
390	Betriebskosten, Sonstiges
400	Instandsetzungskosten

Für die **Rückbauphase** gibt es bisher keine eigene Normierung der anfallenden Kostengruppen. Da Rückbau im Detail meist als Arbeitsschritt bei der Instandsetzung oder bei einem Um-, ggf. auch Neubau stattfindet, sind die Kosten dafür jedoch in den Benchmarks z. B. nach BKI (Baukosteninformationssystem der Architektenkammer Baden-Württemberg) mit abgebildet.

- **Kosten im Lebenszyklus nach GEFMA 200: Kosten im Facility Management**

In der unten beschriebenen LzK-Ermittlung nach GEFMA 220 werden die Kostengruppen nach GEFMA 200 verwendet, welche in den Ziffern 5 bis 7 sowohl auf DIN 276 als auch auf DIN 18960 Bezug nimmt, z. B. 6.320.461: Wiederkehrende Prüfung von Aufzugsanlagen. Hier steht „6“ für die Nutzungsphase, „320“ für die Wiederkehrenden Prüfungen und „461“ für Aufzugsanlagen nach DIN 276. In Tabelle 3.3 werden der Übersicht halber nur die Ziffern 1 bis 4 dargestellt.

Die Kosten für Unterstützungsprozesse, die nicht auf das Gebäude bezogen, sondern auf die Menschen im Gebäude bzw. deren Hauptprozesse bezogen erbracht werden, finden sich unter 6.800: „Supportleistungen“ wieder, z. B. Catering.

Tabelle 3.3: Kostengruppen nach GEFMA 200: Kosten im Facility Management

KG	Bezeichnung
0.000	FM – LEITUNG
1.000	KONZEPTIONSPHASE
2.000	PLANUNGSPHASE
3.000	ERRICHTUNGSPHASE
4.000	VERMARKTUNGSPHASE
5.000	BESCHAFFUNGSPHASE
6.000	BETRIEBS- & NUTZUNGSPHASE
6.100	Objektmanagement
6.200	Bereitstellung von Arbeits-/Produktionsstätten
6.210	<i>Flächenmanagement in LzPh. 6</i>
6.220	<i>Umzugsdienstleistungen</i>
6.230	<i>Ergänzung von Ausstattungen und Einrichtungen</i>
6.300	Objektbetrieb/Betriebsführung
6.310	<i>Bedienung</i>
6.320	<i>Wiederkehrende Prüfungen</i>
6.330	<i>Inspektion & Wartung</i>
6.340	<i>Instandsetzung & Erneuerung</i>
6.400	Ver- und Entsorgung
6.410	<i>Versorgung</i>
6.420	<i>Energiemanagement</i>
6.430	<i>Entsorgung</i>
6.440	<i>Entsorgungsmanagement</i>
6.500	Reinigung & Pflege
6.510	<i>Unterhaltsreinigung</i>
6.520	<i>Glas- und Fassadenreinigung</i>
6.530	<i>Sonderreinigung</i>
6.540	<i>Industriereinigung</i>
6.550	<i>Schädlingsbekämpfung</i>

KG	Bezeichnung
6.560	<i>Wäschereidienste</i>
6.570	<i>Reinigung & Pflege der Außenanlagen (Sommer- & Winterdienste)</i>
6.580	<i>Pflanzenpflege (außen & innen)</i>
6.600	Schutz- & Sicherheitsdienste
6.700	Objektverwaltung & Controlling
6.710	<i>Hausverwaltung</i>
6.720	<i>Mietverwaltung</i>
6.730	<i>Verwaltung Sachvermögen/Anlagenbuchhaltung</i>
6.740	<i>FM-Rechnungswesen & FM-Controlling</i>
6.750	<i>Objektbuchhaltung</i>
6.760	<i>Vertrags- und Versicherungsmanagement</i>
6.770	<i>Geltendmachen von Mängelansprüchen</i>
6.780	<i>Verwaltung FM-Personal</i>
6.790	<i>Sonstige Verwaltung</i>
6.800	Supportleistungen
6.810	<i>Büroservices</i>
6.820	<i>Postdienste, Warenannahme und -abgabe</i>
6.830	<i>Bibliotheksdienste</i>
6.840	<i>Veranstaltungsdienste</i>
6.850	<i>Verpflegung/Catering</i>
6.860	<i>Handwerksdienste</i>
6.870	<i>Beförderungs- und Transportdienste</i>
6.880	<i>Beschaffungen</i>
6.890	<i>Sonstiger Support, z. B. EDV-Support</i>
6.900	Projekte in LzPh. 6
7.000	UMBAU- & SANIERUNGSPHASE
8.000	LEERSTANDSPHASE
8.100	Management leerer Objekte

KG	Bezeichnung
8.110	<i>Stillsetzung Objekt und Anlagen</i>
8.120	<i>Leerstandsverwaltung</i>
8.130	<i>Wiederinbetriebnahme Objekt und Anlagen</i>
9.000	VERWERTUNGSPHASE

Unter Ver- und Entsorgung verstehen DIN 19860 und GEFMA 200 die Versorgung mit den Medien Wasser, Strom, Gas oder anderen Brennstoffen, ggf. Fernwärme sowie die Entsorgung von Abwasser und Abfällen bzw. Rest-/Wertstoffen. Gemäß der obigen Einteilung von Ressourcen in Materialien, Energie und Kosten findet sich die Versorgung mit Strom, Brennstoffen, Wärme/Kälte im Unterkapitel Energie wieder. Wasser, Abwasser und Abfall zählen dagegen zu den Materialien.

3.1.3 Energie

Von Energieverbrauch kann man physikalisch gesehen nicht sprechen, weil Energie stets erhalten bleibt. Durch die Nutzung im Gebäude erfolgt jedoch eine Umwandlung in Energieformen, die dann nicht mehr für den ursprünglichen Zweck nutzbar sind, z. B. im Falle der künstlichen Beleuchtung wird elektrische Energie in Licht- und Wärmeenergie umgewandelt. Ein Energie„verbrauch“ kann daher nur aus Sicht der Gebäudenutzung und mit der Gebäudehülle als Systemgrenze (Krödel 2015) festgestellt werden.

In Gebäuden wird hauptsächlich elektrische und thermische Energie genutzt. Die genutzte energetische Leistung wird in kWh ausgedrückt. Die EnEV unterscheidet dabei nach Primärenergie und Endenergie (EnEV 2014). **Primärenergie** bezeichnet die Energie, so wie sie der Umwelt entnommen wird, z. B. als Erdgas. Unter **Endenergie** versteht man Energie in der Form, wie sie im Gebäude genutzt wird, z. B. als Strom. Über Primärenergiefaktoren wird dem genutzten Strom, Gas, Erdöl etc. der Aufwand für Förderung, Transport und weitere Hilfsprozesse zugerechnet. So wird die auf die Umwelt bezogene Effizienz der Energiegewinnung anhand des jährlichen Primärenergiebedarfs erkennbar. Da im deutschen Strommix ein steigender Anteil erneuerbarer Energien enthalten ist, wurde der laut EnEV zu verwendende Faktor von 2,6 (in 2014) über 2,4 (in 2015) auf 1,8 ab 2016 abgesenkt.

Obleich die Primärenergiekennzahlen als Steuerungskennzahl hinsichtlich der Umweltbelastung konzipiert sind, können sie nicht mit dem CO₂-Ausstoß gleichgesetzt werden. Zudem ist die Setzung eines Primärenergiefaktors für Umweltenergie in Höhe von 0,0 politisch begründet. Aus technischer Sicht ist Energie aufzuwenden für die Anlagenherstellung, Wartung, etc. Mehr dazu in 4.2.3.

Ein weiterer, mit Blick auf die Umwelt definierter Begriff ist die „**graue Energie**“ (vgl. SIA Merkblatt 2032: „Graue Energie von Gebäuden“, Schweiz). Bei der nationalen Bilanzierung von CO₂-Ausstoß je Einwohner wird er genutzt, um die Vorketten für Herstellung, Transport, Lagerung, etc. von importierten Gütern einzubeziehen.

Tabelle 3.4: Primärenergiefaktoren laut EnEV 2014

Energieträger	Primärenergiefaktor EnEV
Heizöl	1,1
Erdgas, Flüssiggas	1,1
Steinkohle	1,1
Braunkohle	1,2
Holz	0,2
Nah-/Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung – Einsatz erneuerbarer Energieträger	0
Nah-/Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung – Einsatz fossiler Energieträger	0,7
Nah-/Fernwärme aus Heizwerken – Einsatz erneuerbarer Energieträger	0,1
Nah-/Fernwärme aus Heizwerken – Einsatz fossiler Energieträger	1,3
Strom	1,8 (ab 2016)
„Umweltenergie“ (Solarenergie, Umgebungswärme, u. Ä.)	0

3.1.4 Lebensdauer

Die Lebensdauer von Bauelementen ist für die Anzahl der Erneuerungen während des Lebenszyklus der Immobilie entscheidend. In der Berechnung von Lebenszykluskosten definiert sie die Anzahl der prognostizierten Ersatzinvestitionen, in der Ökobilanz vermehren sich die stofflichen und energetischen Aufwendungen während der Nutzungsphase entsprechend.

Das Ende der Lebensdauer eines Fensters oder eines gesamten Gebäudes ist aber in den seltensten Fällen durch die technische oder physische Altersgrenze bedingt. Häufig sind es funktionale oder auch wirtschaftliche Gründe, die einen Ersatz im Sinne der Instandsetzung bzw. das Ende eines Lebenszyklus auslösen. Deshalb wird vielfach die technische Lebensdauer von der wirtschaftlichen Nutzungsdauer bzw. von der Verweildauer im Gebäude unterschieden. Als Gründe für die Obsoleszenz, d. h. für das „Veraltet sein“ wird im Forschungsbericht zum Thema Lebens- und Nutzungsdauer von Bauteilen (Bah und Lennerts 2010) unterschieden:

- Funktion, z. B. Nutzungsänderung
- Mode, z. B. Farbe

- Baurecht, z. B. erhöhte Brandschutzanforderungen
- Ökologie, z. B. Erwartungen an Energieeffizienz
- Ökonomie, z. B. Wertzuwachs bei höherer Grundstücksausnutzung
- Technik, z. B. Fehlen von Ersatzteilen
- sonstige, z. B. Zusammenfassen von Instandsetzungsmaßnahmen

Ebenso unterschiedlich wie die möglichen Gründe für die Obsoleszenz sind auch die Einflussfaktoren, z. B. Planung, Bauausführung, Wartung, Witterungseinfluss, Nutzungsintensität, etc. Das begründet, warum über die mögliche Lebensdauer von Bauelementen wenig belastbare Daten existieren. Dennoch gibt es Erwartungswerte, die mit Bezug zur Bewertung des Nachhaltigen Bauens für Gebäude des Bundes (BNB) bereitgestellt werden (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit 2011).

Tabelle 3.5: Auszug aus Nutzungsdauern nach BNB, Stand 2011

Code Nr.	KG – 3. Ebene	Bauteil/Material	a	Ersatz in 50 a
		362 Dachfenster, Dachöffnungen, Überdachungen		
362.111		Dachflächenfenster (Rahmen): Aluminium, Kunststoff, Aluminium-Holz-Komposit	≥ 50	0
362.112		Dachflächenfenster (Rahmen): Aluminium-Kunststoff-Komposit	35	1
362.113		Dachflächenfenster (Rahmen): Laubholz, behandelt	40	1
362.114		Dachflächenfenster (Rahmen): Nadelholz, behandelt	25	1
362.211		Lichtkuppeln	25	1
362.221		Lichtbänder	20	2
362.311		Dachausstiege und Luken: Stahl feuerverzinkt (stückverzinkt)	40	1
362.312		Dachausstiege und Luken: Kunststoff	30	1
362.411		Antriebe für Öffnungen: Handantrieb	35	1
362.412		Antriebe für Öffnungen: elektrischer Antrieb	25	1
362.413		Antriebe für Öffnungen: pneumatischer Antrieb	20	2

Zur Orientierung folgen hier noch einige „Faustwerte“:

über 50 Jahre: Tragkonstruktion aus Mauerwerk, Stahlbeton, Stahl (sofern witterungsgeschützt)

um 25 Jahre: technische Gebäudeausrüstung (Lüftungsanlagen deutlich kürzer, Sanitärinstallationen ggf. länger)

um 10 Jahre: Bodenbeläge, Anstriche, Steuerungen

3.2 Ermittlung von Lebenszykluskosten

3.2.1 Definition der Lebenszykluskosten

Wegen ihres umfassenden Anspruchs sind die Lebenszykluskosten (LzK) einfach zu definieren. Komplex wird jedoch die Konkretisierung dieses anspruchsvollen Ansatzes. In der unter der Federführung der Autorin entstandenen GEFMA/IFMA-Richtlinie 220-1 (2010): „Lebenszykluskosten-Ermittlung im FM – Einführung und Grundlagen“¹⁰ werden LzK wie folgt definiert:

„Die LzK stellen die Summe aller über den Lebenszyklus von Facilities anfallenden Kosten dar.“

Dabei sind die Begriffe Lebenszykluskosten (LzK) und **Life Cycle Costs (LCC)** gleichbedeutend. LzK enthalten die Kosten für Planung und Realisierung, den Betrieb, die Instandhaltung eines Gebäudes – oder Teilen davon – sowie die Prozesse am Ende des Lebenszyklus.

Von LzK/LCC sind jedoch die **Whole Life Costs (WLC)** nach ISO 15686-5 (2008) „Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 5: life cycle costing“ zu unterscheiden. WLC umfassen außer den LCC noch Externalities – externe Kosten, Non-construction cost – gebäudeunabhängige Kosten und Income-Erlöse, vgl. Bild 3.3.

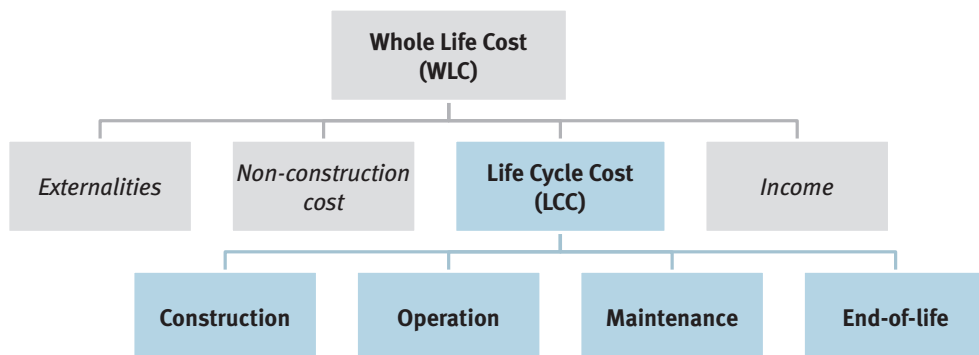


Bild 3.3: Whole Life Cost nach ISO 15686-5

¹⁰ Parallel in Deutschland als GEFMA-Richtlinie und in der Schweiz als IFMA-Richtlinie veröffentlicht.

Als externe Kosten könnten nach ISO 15686-5 beispielsweise die – zu definierenden – Kosten für Umweltbelastungen in Lebenszyklus-Analysen integriert werden. Gebäudeunabhängige Kosten sind z.B. Kosten für Catering. Deren Einbeziehung ist immer dann erforderlich, wenn die verglichenen Alternativen sich in diesen Punkten unterscheiden, z.B. wenn das eine Gebäude durch seine Lage in der Nachbarschaft zu einer Großküche die Essensversorgung gewährleisten kann, während in der verglichenen Alternative eine hauseigene Kantine betrieben werden soll.

Schließlich umfassen die WLC auch noch Erlöse. Diese werden bei einer ausschließlichen Betrachtung von Kosten im Lebenszyklus nicht adressiert. Letzteres impliziert die Annahme, dass alle verglichenen Alternativen oder Varianten zu identischen Erlösen, z. B. in Form von Mieten, führen. Wenn das jedoch nicht gegeben ist, z. B. weil die Alternative mit dauerhafterem Material auch einen höheren Mietpreis erzielt, dann müssen die Lebenszykluskosten um die Erlöse im Lebenszyklus von Facilities zum **Lebenszyklus-Erfolg (LzE)** erweitert werden (vgl. GEFMA 220-1, Pelzeter 2006).

3.2.2 Lebenszykluskosten-Ermittlung nach GEFMA/IFMA 220

In Teil 1 der Richtlinie wird die Vorgehensweise bei der Modellierung von LzK systematisiert sowie eine Empfehlung zur Ermittlung der LzK ausgesprochen (im Anhang). Teil 2 der Richtlinie veranschaulicht die Empfehlungen anhand eines konkreten Berechnungsbeispiels. Eine Tabellenkalkulation dazu ist bei GEFMA zu beziehen¹¹.

Die nachfolgenden Unterkapitel widmen sich den Fragen nach Zielsetzung, Betrachtungszeitraum, Systemgrenzen, Prognoseansatz, Berechnungsmethode, Berechnungsparametern und Umgang mit Unsicherheit vor einer Interpretation des Berechnungsergebnisses. In den nachfolgenden Unterkapiteln wird teilweise wörtlich aus GEFMA/IFMA 220 zitiert¹².

3.2.2.1 Zielsetzung

Lebenszykluskosten (LzK) sind ein finanzmathematisches Konstrukt, das für Entscheidungen mit langfristigem Horizont genutzt wird. Daher gibt es keine absolut korrekte Vorgehensweise für die LzK-Ermittlung, sondern nur eine Vorgehensweise, die mit Bezug auf die Zielsetzung der LzK-Ermittlung geeignet ist.

Zielsetzungen können sein:

- Optimierung der Investition
- Optimierung der Planung/Variantenvergleich
- Kennzahlen im Lebenszyklus-Management
- Budgetplanung (langfristig)
- Kostenüberwachung (langfristig)

11 <http://www.gefma.de/richtlinien.html>

12 Die Autorin hat GEFMA/IFMA 220 in den zitierten Bereichen nicht nur federführend, sondern auch persönlich ausgearbeitet.

- PPP¹³-Angebotserstellung
- Zertifizierung des Nachhaltigen Bauens.

Wenn Alternativen/Varianten miteinander verglichen werden sollen, müssen Detaillierungsgrad, Betrachtungszeitraum und Systemgrenze so gewählt werden, dass die Unterschiede der verglichenen Optionen zum Tragen kommen. Bei einer Zertifizierung dagegen hat man sich genau an die Vorgaben aus der Zertifizierung zu halten, dazu mehr unter 3.2.3.1.

3.2.2.2 Betrachtungszeitraum

Grundsätzlich sollten LzK den gesamten Lebenszyklus der untersuchten Facility als Betrachtungszeitraum definieren. Für technische Anlagen mit einer erwartbaren Lebensdauer von 25 bis 35 Jahren stellt diese Vorgabe kein grundsätzliches Problem dar. Was ist jedoch im Falle eines ganzen Gebäudes mit einer technischen Lebensdauer von 75 bis 100 Jahren zu tun? Kann man für 100 Jahre prognostizieren, wie sich der Strompreis entwickelt? Welche Anforderungen werden dann wohl an Flächen, technische Ausrüstung, Materialien der Oberflächen, etc. gestellt werden?

Empfehlung GEFMA/IFMA 220:

Da zu beobachten ist, dass kostenintensive Erneuerungen der Bausubstanz – sowohl im Sinne der Instandsetzung als auch im Sinne der Modernisierung aus Gründen von Generationswechsel, Zeitgeist, etc. – ca. 30–35 Jahre nach Fertigstellung anfallen (Bahr 2008), empfiehlt GEFMA/IFMA 220 eine Begrenzung des Betrachtungszeitraums auf ca. 30 Jahre. Eine über diesen Zeitraum hinausgehende Prognose müsste die technischen Innovationen wie auch die gesellschaftlich bedingten Veränderungen in der Gebäudenutzung konkret benennen, was nicht seriös mit Fakten für die getroffenen Annahmen zu belegen ist.

Bild 3.4 zeigt die weitere Abfolge der empfohlenen Festlegungen für eine systematische Modellierung von LzK.

3.2.2.3 Systemgrenzen

Über den Betrachtungszeitraum hinaus sind weitere Abgrenzungen zu treffen. Dabei kann man räumliche, akteursbedingte, prozessbedingte und zahlungsbedingte Aspekte bei der Ziehung von Systemgrenzen unterscheiden.

- **Räumliche Systemgrenze**

Je nach Untersuchungsziel kann definiert werden: Gebäudeensemble, Immobilie, Gebäude, DGNB/BNB-spezifische Abgrenzung des Bauwerks, Bauteil (z. B. Fassade), einzelne technische Anlage (z. B. Heizungssystem) oder Detail (z. B. Fußbodenbelag).

13 PPP: Public Private Partnership, Kooperation der Öffentlichen Hand mit privaten Partnern zur Erstellung bzw. Sanierung und meist auch zum Betreiben von öffentlichen Gebäuden. Vertragslaufzeit bis zu 30 Jahre.

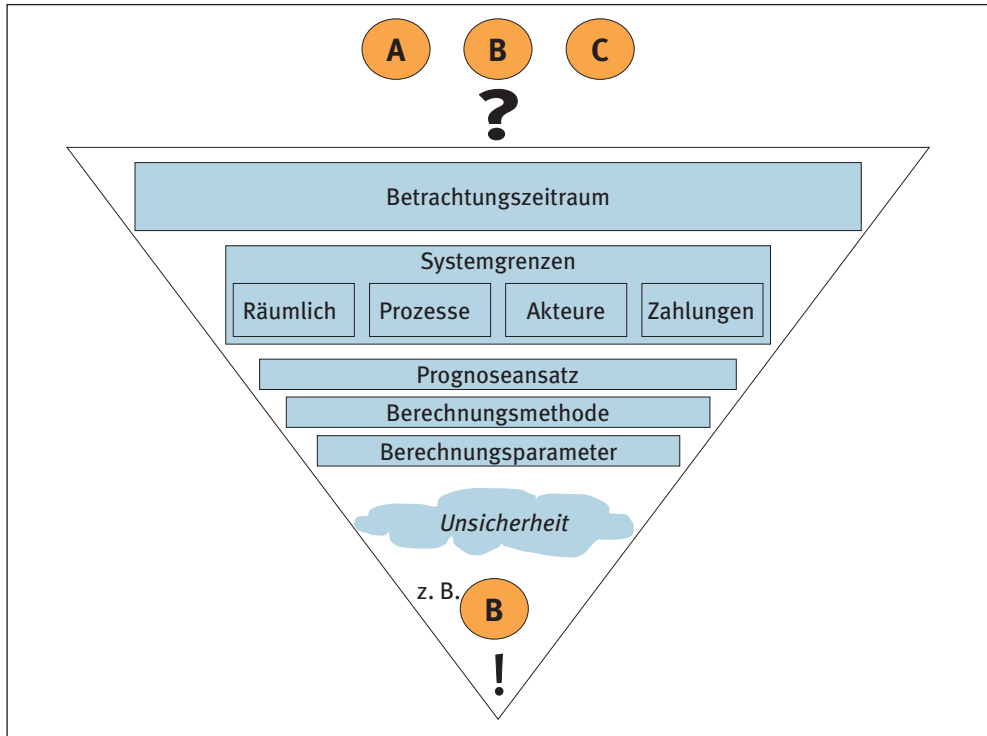


Bild 3.4: Modellierung von LzK nach GEFMA/IFMA 220

- **Akteursbedingte Systemgrenze**

Jeder Akteur bzw. Betroffene (Stakeholder) hat eine spezifische Sicht auf die aus dem Lebenszyklus resultierenden Zahlungen, speziell auf die Betriebskosten. Grundsätzlich können die Perspektiven der Mieter, Selbstnutzer, Vermieter, Investoren sowie der Gesellschaft unterschieden werden. Eine Berücksichtigung externer, durch die Gesellschaft zu tragender Kosten (z. B. für externe Effekte durch Emission und Immission) kann bei Verfügbarkeit belastbarer Kostenkennwerte (z. B. Euro je Tonne CO₂-Ausstoß) sinnvoll werden.

Empfehlung GEFMA/IFMA 220:

Perspektive des Selbstnutzers einnehmen, so erfolgt eine umfassende Integration von Betriebs- und Instandsetzungskosten, zu Marktpreisen.

- **Prozessbedingte Systemgrenze**

- Gebäudebezogene Prozesse:

Betrieb (inkl. Inspektion, Wartung, Reinigung, etc.) und Instandsetzung (Definition nach DIN 31051 im Sinne von Reparatur, Erneuerung) aller Gebäudeteile, inkl. Verbräuchen (Strom, Wärme, Wasser, etc.) sind üblicherweise Teil einer LzK-Modellierung. Die Einbeziehung von Prozessen der Modernisierung und Verbesserung ist hinsichtlich der damit verbundenen Prognoseunsicherheit abzuwägen.

Empfehlung GEFMA/IFMA 220:

keine Modernisierung/Verbesserung einbeziehen.

– Nutzungsbedingte Prozesse:

Beispiele für Prozesse, die weniger durch die Beschaffenheit eines Gebäudes, sondern vielmehr durch die Art und Qualität der Nutzung beeinflusst werden, sind: Objektverwaltung und Controlling, Schutz- und Sicherheitsdienste sowie Supportleistungen nach GEFMA 200, KG. 6.800, z. B. Catering, Postdienste, etc. Zwar werden auch Leistungen wie das Catering durch die Gebäudegestaltung (funktionale Raumgestaltung, Wegelängen, Verfügbarkeit technischer Hilfsmittel, etc.) beeinflusst, aber der wesentliche Kostentreiber sind die Anforderungen an die Supportqualität.

Empfehlung GEFMA/IFMA 220:

Prozesse der Objektverwaltung integrieren, keine Supportprozesse (ggf. separat ausweisen).

– Prozesse am Ende des Lebenszyklus:

Das Ende des Lebenszyklus in die Entscheidungsfindung mit einzubeziehen, ist ein wesentliches Anliegen der LzK-Ermittlung. Dem steht entgegen, dass Prognosen zu Kosten z. B. für Rückbau und Entsorgung oder zu möglichen Erlösen z. B. aus einer Verwertung von Baustoffen oder ggf. von Grundstücken zu einem erst in der weiteren Zukunft liegenden Zeitpunkt mit großer Unsicherheit behaftet sind. Grundsätzlich ist eine Modellierung denkbar als: kein spezifischer Prozess am Ende des Lebenszyklus (d. h. die Modellierung endet einfach mit dem letzten Jahr der Nutzung) oder Herstellung eines zu definierenden Zustandes (z. B. instand gesetzt, aber nicht modernisiert, oder auch: Rückbau und Neuherstellung) oder Rückbau und Entsorgung, etc.

Empfehlung GEFMA/IFMA 220:

keine Prognose von Prozessen am Ende des – eher kurzen, ca. 30-jährigen – Betrachtungszeitraums vornehmen, wegen zu großer Ungewissheit.

• **Zahlungsbedingte Systemgrenze**

Denkbar ist die Integration tatsächlicher und ggf. kalkulatorischer Zahlungen, Kosten und ggf. Erlöse. Es ist zu definieren, ob zusätzlich zu den nach obigen Definitionen zu integrierenden, tatsächlichen Zahlungen auch kalkulatorische Zahlungen z. B. für Eigenkapital, Finanzierung, Abschreibung, Eigenleistungen anzusetzen sind. Die Ergänzung der Kostenbetrachtung um Erlöse (z. B. aus Vermietung, Verkauf) ist für den Vergleich von Alternativen mit verschiedenen Qualitätsniveaus (bzgl. Komfort, Marktchancen, Image, Flexibilität, etc.) sinnvoll. Auch können Maßnahmen zur Kostenreduktion Auswirkungen auf die Erlössituation haben. Weitere Aspekte zur Systemabgrenzung sind ggf. zu ergänzen. Dies gilt insbesondere im Falle der Ermittlung der LzK für Handlungsalternativen für Bestandsbauten.

Empfehlung GEFMA/IFMA 220:

tatsächliche Zahlungen einbinden, evtl. erbrachte Eigenleistungen zu Marktpreisen integrieren, Finanzierungskosten werden durch die Berechnungsmethode (Barwert, s. u.) ausgedrückt, d. h. nicht explizit ausgewiesen. Abschreibungen sollen ebenfalls nicht inte-

griert werden. Sie sparen an für die Neuerstellung des Gebäudes. Ihre Einbindung würde zu einer Doppelzählung der Herstellungskosten in einem Lebenszyklus führen. Bild 3.5 gibt eine Übersicht dazu.

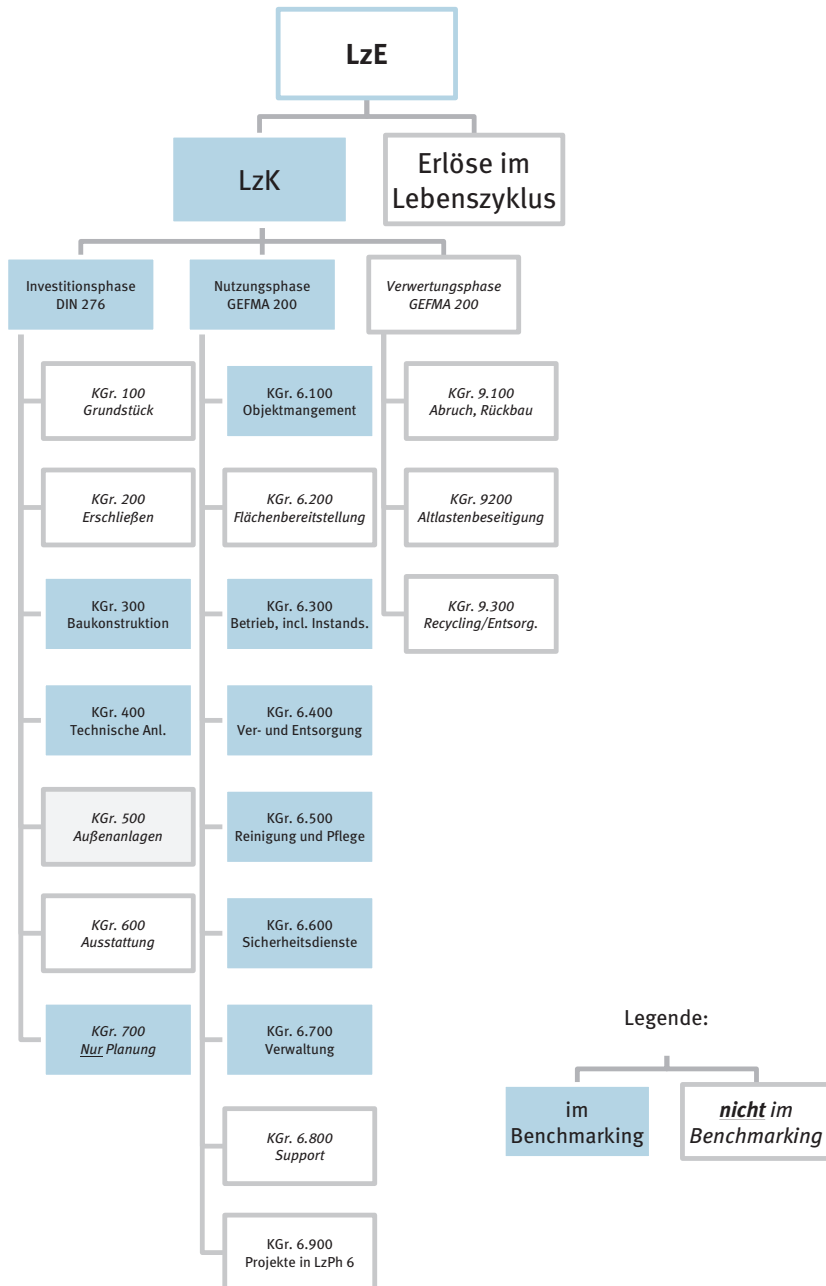


Bild 3.5: Nach GEFMA/IFMA 220 in LzK-Ermittlung zu integrierende Kostenarten

3.2.2.4 Prognoseansatz

Hat man einmal alle zu beachtenden Kostenarten für den Betrachtungsgegenstand identifiziert, so folgt nun der Schritt, den Zeitpunkt für den Anfall der Kosten und deren Entwicklung in der Zukunft zu prognostizieren. Geht man davon aus, dass alle Preise mit einem kontinuierlichen Prozentsatz steigen („Inflation“), dann prognostiziert man eine exponentielle Entwicklung. Die für exponentielle Entwicklungen typische, extreme Steigung der Veränderung von Jahr zu Jahr (Zinseszinsseffekt) tritt bei einem Zeitraum von 30 Jahren und einer Steigerungsrate von ca. 2 % noch nicht ein. Bei höheren Preissteigerungen ($> 7\%$) und längeren Betrachtungszeiträumen (> 30 Jahre) kann es jedoch zu unrealistischen Annahmen kommen.

Andere Prognoseansätze gehen linear (Preise steigen jedes Jahr um den gleichen Betrag) oder zyklisch vor (Preise folgen Marktzyklen). Tatsächlich folgen Preisentwicklungen häufig zyklischen Entwicklungen. Diese sind jedoch nicht seriös vorherzusagen.

Empfehlung GEFMA/IFMA 220:

Preisentwicklung mittels Preissteigerungsraten in Prozent modellieren.

3.2.2.5 Berechnungsmethode

Finanzmathematisch sind alle Vorgehensweisen der Investitions- oder Wirtschaftlichkeitsrechnung anwendbar. Meist wird zwischen statischen und dynamischen Verfahren unterschieden. **Statische Verfahren** rechnen ausschließlich mit heutigen Kostenkennwerten (keine Preissteigerung, keine Auf-/Abzinsung).

Dynamische Verfahren bilden den Zeitwert des Geldes durch einen Kalkulationszinssatz ab. Der Zeitwert des Geldes besteht in der Präferenz eines Zahlungseingangs heute gegenüber einem Zahlungseingang in gleicher Höhe zu einem späteren Zeitpunkt. Die Verzinsung von Kredit oder Guthaben gibt dieser Präferenz einen konkreten Wert. Der Zinssatz wird unter dem Stichwort „Berechnungsparameter“ erörtert.

Dynamische Berechnungsmethoden können einen **Barwert** (auch: Kapitalwert, Kapitalbarwert), Endwert, eine Annuität oder einen Amortisationszeitpunkt ausweisen. (Mathematisch sind sie ineinander zu überführen.) Meist werden LzK in Form eines Barwertes verglichen, z. B. in Bieterverfahren von PPP-Projekten, in denen es ggf. um Bau und Betrieb eines Gebäudes für 30 Jahre geht. Der Barwert drückt aus, wie viel Geld man heute zu einem einheitlichen Zinssatz anlegen müsste, um sämtliche Zahlungen im Betrachtungszeitraum begleichen zu können.

BEISPIEL

Barwert:

für die Zahlung von 100 Euro im Jahr 10 des Lebenszyklus einer Facility muss man bei einem Zinssatz von 5 % im Jahr 0 des Lebenszyklus einen Barwert in Höhe von 61 Euro vorhalten.

Schließlich gäbe es noch den sogenannten **Vollständigen Finanzplan (VoFi)**. Er wird auch als „modernes Verfahren“ betitelt. Der VoFi geht analog zu den dynamischen Verfahren vor, ermöglicht aber zudem Unterscheidungen zwischen Eigen- und Fremdkapitalverzinsung sowie eine Liquiditätskontrolle. Er wird in der Wohnungswirtschaft häufig eingesetzt (Schmoll 2015), hat sich jedoch international bisher nicht durchgesetzt.

Empfehlung GEFMA/IFMA220:

dynamische Berechnung gemäß Formel (3.1), Ergebnis: Kapitalwert.

$$K = \sum_{t=0}^n Z \cdot (1+i)^{-n} \quad (3.1)$$

mit:

K Kapitalwert von LzK oder Lz-Erfolg

Z Zahlungsdifferenz der jährlichen Ein- und Auszahlungen

i Kalkulationszinssatz in Dezimalform (z. B. 0,05, beinhaltet ggf. einen Inflationsanteil)

n Anzahl der Jahre des Betrachtungszeitraums

(bitte beachten: Auszahlungen, z. B. für Investitionen, werden mit negativem Vorzeichen versehen)

3.2.2.6 Berechnungsparameter

Entscheidend für das Berechnungsergebnis sind – neben der Länge des Betrachtungszeitraums und den weiteren Systemgrenzen – die Parameter, mit denen die empfohlene, dynamische Berechnung vorgenommen wird (Pelzeter 2006, S. 131 f.). Folgende Kennwerte sind zu definieren:

– Kalkulationszinssatz

der Zeitwert von Geld kann gemäß der Renditeerwartung des Unternehmens, der Immobilieninvestition o. Ä., aber auch gemäß dem Fremdkapitalzinssatz oder der Verzinsung von risikoarmen Wertanlagen festgelegt werden.

– Preissteigerungsrate – allgemein

– häufig bezieht man sich dabei auf ein langjähriges Mittel, oder z. B. die politischen Zielvorgaben, z. B. in der Geldpolitik der Europäischen Zentralbank.

– ggf. Preissteigerungsrate für spezifische Kostenarten, z. B. für Energiekosten.

Eine Empfehlung zur Wahl eines konkreten Wertes gibt GEFMA/IFMA 220 nicht. Im Berechnungsbeispiel aus Teil 2 der Richtlinie wurden im Jahr 2010 ein Kalkulationszinssatz von 5,0 %, eine allgemeine Preissteigerungsrate von 1,5 % und eine spezifische Preissteigerungsrate für Energie von 4,0 % angesetzt.

3.2.2.7 Umgang mit Unsicherheit

Prognosen sind grundsätzlich mit Unsicherheiten behaftet. Bei der Ermittlung von LzK sind dies beispielsweise:

- Kosten/Erlöse: entwickeln sie sich wie prognostiziert?
- Lebensdauer einzelner Bauelemente: wird sie erreicht/überschritten?
- Wie wirken sich veränderte Nutzungsanforderungen, gesetzliche Vorgaben, technische Entwicklungen, klimatische Veränderungen, etc. auf Länge der Nutzungsdauer vor einer Instandsetzung oder Modernisierung aus?

Entsprechend ist vor einer Interpretation der Berechnungsergebnisse zu untersuchen, welchen Einfluss die Annahmen in der Modellierung der LzK auf das Ergebnis haben.

In **Sensitivitätsanalysen** werden ausgewählte Annahmen modifiziert, z. B. die Preissteigerungsrate für Energie. So wird erkennbar, wie hoch die LzK unter veränderten Annahmen wären (absolutes Ergebnis) bzw. ob die Vorteilhaftigkeit von Variante A gegenüber Variante B auch bei veränderten Annahmen Bestand hat (relatives Ergebnis).

Durch iteratives Vorgehen kann man zudem identifizieren, ab welchem Kennwert (z. B. für die Energiepreissteigerung) die Vorteilhaftigkeit einer Variante A gegenüber B eintritt.

3.2.2.8 Interpretation des Berechnungsergebnisses

Hat man nun die LzK für die beabsichtigte Entscheidung systematisch modelliert und auch den Einfluss der getroffenen Annahmen auf das Ergebnis der Berechnungen untersucht, dann ist das Berechnungsergebnis zu interpretieren. Grundsätzlich gilt: je niedriger die LzK/je höher der LzE, desto besser. Im Detail ist dabei stets zu berücksichtigen, dass LzK eine prognosebedingte Unschärfe aufweisen. Ist also der Unterschied zwischen den verglichenen Varianten/Alternativen gering, z. B. kleiner als ca. **3 % der Gesamtsumme**, dann lässt sich mit dem Berechnungsergebnis allein keine Entscheidung pro oder contra begründen.

Als Konsequenz kann man die Modellierung erweitern um entscheidungsrelevante Bereiche, z. B. externe Kosten für CO₂-Ausstoß. Alternativ muss man andere Argumente für die Entscheidung heranziehen, z. B. strategische Ausrichtung des Unternehmens, Imagefaktoren, etc.

3.2.3 Weitere Standards zur Ermittlung von Lebenszykluskosten

Außer den oben zitierten Standards ISO 15686-5 und GEFMA/IFMA 220 finden sich Vorgaben zur Ermittlung von LzK u. a. im Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (Deutschland, BNB), in weiteren Systemen zur Bewertung von Nachhaltigem Bauen sowie in den VDI-Richtlinien 2067, 4703 und 6025.

3.2.3.1 Lebenszykluskosten-Ermittlung nach BNB

Im deutschen Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Büro- und Verwaltungsgebäude für den Neubau (BNB_BN) werden „Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus“ als Indikator für ökonomische Nachhaltigkeit genutzt. Diese sind der in GEFMA/IFMA 220 beschriebenen Konzeption und Ermittlung ähnlich, aber hinsichtlich der einzubeziehenden Kostenarten stark reduziert.

Die Bewertung der „Gebäudebezogenen Kosten im Lebenszyklus“ erfolgt anhand einer Benchmark: Je näher die gemäß den Vorgaben in den Kriteriensteckbriefen des BNB ermittelten Kosten dem definierten Zielwert kommen, desto besser fällt die Punktbewertung aus. Der Zielwert nach BNB_BN für neugebaute Bürogebäude liegt in der Version 2015 bei 3 300 €/m²_{BGF} (Barwert).

Welche Vorgaben finden sich nun konkret in BNB für die Ermittlung der „Gebäudebezogenen Kosten im Lebenszyklus“?

Betrachtungszeitraum:

50 Jahre

Systemgrenze:

nur gebäudebezogene Prozesse und damit verbundene Kosten:

– Herstellungskosten:

KG. 300 und 400 (= Bauwerk, jedoch ohne nutzungsspezifische Anlagen gemäß KG. 470) sowie einige der Außenanlagen. Letztere zählen erst seit der Version 2015 zu den relevanten Herstellkosten, weil die Außenanlagen z. B. für die Gewinnung von Energie aus erneuerbaren Quellen oder die Regenwasserbewirtschaftung mit dem Gebäude im Zusammenhang stehen können.

– Betriebskosten: Ver- und Entsorgungskosten für Wärme/Brennstoffe, Strom und Wasser/Abwasser, Reinigung, Inspektion und Wartung.

– Instandsetzungskosten: ohne Rückbau- und Entsorgungskosten bei Erneuerung

Kosten am Ende des Lebenszyklus werden nicht berücksichtigt. Durch die Vorgabe von Kennzahlen für die Berechnung der Betriebs- und Instandsetzungskosten wird die Gestaltungsfreiheit bei der Wahl von Kostenansätzen stark eingeengt, zugunsten einer guten Vergleichbarkeit der errechneten Werte mit dem Zielwert. Beispielsweise werden die Aufwendungen für Inspektion und Wartung in Prozent, bezogen auf die Herstellungskosten vorgegeben. Die im Kriteriensteckbrief 2.1.1 benannten Werte stammen aus AMEV TGA 2013.

Tabelle 3.6: BNB_BN Vorgaben zur Ermittlung der Instandhaltungskosten (Auszug)

Kostengruppen nach DIN 276 – Bauteile	Nutzungsdauer in Jahren	Wartung und Inspektion in % der Herstellkosten pro Jahr	Laufende Instandsetzung in % der Herstellkosten pro Jahr
410 – Abwasser-, Wasser-, Gas- und Feuerlöschanlagen	50	1,01	0,98
420 – Wärmeversorgungsanlagen	25	0,41	0,66
430 – Lufttechnische Anlagen	25	0,96	1,10

Will man jedoch durch die Wahl besonders wartungsarmer bzw. dauerhafter Anlagen die Nachhaltigkeit verbessern, dann sind von den Vorgaben abweichende Werte nur anzusetzen, „sofern diese vom Hersteller schriftlich bestätigt werden und diese Angaben in die Gewährleistung des Errichters einfließen“. (Kriteriensteckbrief BNB-BN 2.1.1, S. 4, Version 2015).

Berechnungsmethode:

Kapitalwertermittlung (dynamische Methode)

Kalkulationsparameter:

- jährliche Preissteigerungsrate, allgemein: 2,0 %
- jährliche Preissteigerungsrate, Energie: 5,0 %
- Diskontierungszinssatz für Barwertermittlung: 1,5 % (vorher: 5,5 %)

3.2.3.2 Lebenszykluskosten in anderen Bewertungssystemen für Nachhaltiges Bauen

Als andere, im deutschsprachigen Raum gebräuchliche Bewertungssysteme werden hier DGNB, LEED und BREEAM ausgeführt.

- **DGNB – Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen**

Da die Nachhaltigkeitsbewertung nach DGNB ursprünglich gemeinsam mit der öffentlichen Hand entwickelt worden war, finden sich nach wie vor viele Übereinstimmungen mit dem in 3.2.3.1 beschriebenen Vorgehen nach BNB bei der Bewertung gebäudebezogener Kosten im Lebenszyklus. Seit 2009 wurden die beiden Systeme jedoch separat voneinander weiterentwickelt, mit entsprechend differierenden Vorgaben im Detail.

Anzumerken ist noch, dass die gebäudebezogenen Kosten im Lebenszyklus für **Bestandsgebäude** nach DGNB keine LzK-Ermittlung umfassen, sondern einen Vergleichswert für die jährlichen Nutzungskosten (Ver-, Entsorgung, Reinigung und Pflege, Bedienung, Inspektion und Wartung sowie Instandsetzung, 70 % der Wertung) sowie eine Bewertung der Qualität des Vorgehens bei Instandhaltungsplanung und Budgetplanung (30 % der Wertung).

- **LEED – Leadership in Energy and Environmental Design**

Das aus den USA stammende Zertifikat LEED widmet sich dem Umweltschutz und insbesondere dem energiesparenden Konzipieren von Gebäuden. Eine Berechnung von LzK wird darin nicht gefordert.

- **BEEAM – British Research Establishment Environmental Assessment Methods**

Ähnlich wie das US-amerikanische System fokussiert auch das britische Bewertungssystem für Nachhaltiges Bauen auf die ökologischen Aspekte. Die Berechnung von LzK wird lediglich als eines von fünf Qualitätskriterien in der Kategorie des „Managements“ bewertet. Dabei geht es nicht um einen zu erreichenden Zielwert der LzK, sondern um die grundsätzliche Integration von Kostenkennwerten mit einem langfristigen Zeithorizont in die Konzeption von Immobilien.

3.2.3.3 Lebenszykluskosten nach ISO 15686-5

In dem internationalen Standard werden keine konkreten Vorgaben zur Ermittlung von WLC oder LCC gemacht. Stattdessen wird darauf verwiesen, dass das mit einem evtl. Auftraggeber vereinbarte Ziel der Lebenszyklus-Analyse der spezifische Kontext sein muss, aus dem heraus eine geeignete Vorgehensweise abgeleitet wird.

Hinsichtlich der Einbeziehung von sozialen oder umweltbezogenen Kosten wird hervorgehoben, dass nur messbare Auswirkungen, z. B. Kosten von Arbeitsausfall, für eine Berechnung verwendet werden sollten. Von einer Monetarisierung externer Kosten (z. B. für Schäden durch CO₂-Ausstoß) wird dagegen abgeraten.

3.2.3.4 Lebenszykluskosten nach VDI

Der VDI (Verein Deutscher Ingenieure) hat drei Richtlinien mit einem Bezug zur LzK-Ermittlung aufzuweisen:

- VDI 2067-1 (2012) Wirtschaftlichkeit Gebäudetechnischer Anlagen
- VDI 4703 (2015) Lebenszykluskostenorientierte Ausschreibung¹⁴
- VDI 6025 (2012) Betriebswirtschaftliche Berechnungen für Investitionsgüter und Anlagen.

VDI 2067 und 6025 beschäftigen sich allgemein mit Wirtschaftlichkeits-Analysen. Sie nutzen ein dynamisches Verfahren, um einen Kapitalwert, eine Annuität oder einen Amortisationszeitraum zu berechnen. Dafür unterscheiden sie die nachfolgenden vier Kostenarten:

- Kapitalgebundene Zahlungen, z. B. Investitionskosten
- Bedarfsgebundene Zahlungen, z. B. Energiekosten
- Betriebsgebundene Zahlungen, z. B. Wartungskosten
- sonstige Zahlungen, z. B. Versicherungskosten

¹⁴ unter Mitwirkung der Autorin entstanden, 2015 als Weißdruck (finale Version) erschienen.

In VDI 2067 finden sich ausführliche Tabellen zu Nutzungsdauern einzelner Komponenten von gebäudetechnischen Anlagen sowie Faktoren zur Ermittlung der Aufwendungen für Instandsetzung, Wartung und Inspektion sowie Bedienen. Hinsichtlich der Ermittlung von LzK verweist VDI 2067 auf VDI 4703.

Diese zielt darauf, LzK in Ausschreibungen nutzbar zu machen, ohne dass alle Anbieter eine explizite LzK-Berechnung durchführen müssen. Stattdessen werden auf der Basis der Vorgaben aus VDI 4703 Berechnungsfaktoren definiert, die mit den LzK-relevanten, vom Bieter zu beeinflussenden Angaben zu Produktmerkmalen multipliziert werden. Der für jedes Produktmerkmal spezifische Berechnungsfaktor besteht wiederum aus drei Faktoren:

- **Finanzfaktor**
in diesen gehen ein: Betrachtungszeitraum, Nutzungsdauer, Preissteigerungsrate und Kalkulationszinssatz
- **Nutzungsfaktor**
zur Abbildung der zeitlichen Rahmendaten der Nutzung, z. B. Betriebsstunden pro Jahr.
- **Preisfaktor**
wird genutzt, um Vorgaben z. B. für Preise je kWh Strom einzubinden.

Festzuhalten bleibt, dass die Empfehlungen des VDI ebenfalls auf der Kapitalwert-Methode beruhen. Insbesondere die VDI-Kennzahlen für die Lebensdauer und die Aufwendungen für die Instandhaltung technischer Anlagenkomponenten sind hilfreich für das Management im Lebenszyklus.

3.2.4 Beispiel für Lebenszykluskosten-Ermittlung

3.2.4.1 Ausgangsdaten für ein „Standard“-Bürogebäude

Zur Einordnung der LzK der Beispielgebäude in Kapitel 5 benötigt man einen Bezugswert. Daher wird aus Benchmarks für Bau- und Nutzungskosten ein „Standard“-Bürogebäude modelliert. Für die Modellierung wird hier der Berechnungsansatz aus der Gebäudezertifizierung BNB verwendet, vgl. 3.2.3.1. Dieser wurde ausgewählt, weil er konkret für den Gebäudevergleich entwickelt wurde und lediglich die durch das Gebäudekonzept direkt zu beeinflussenden Kostenarten Instandhaltung, Ver- und Entsorgung sowie Reinigung enthält. Die Kosten für Medienverbräuche, Reinigungsdienstleistungen, etc., aber auch die Instandhaltungszyklen sind in BNB vorgegeben.

Da die in Kapitel 5 vorgestellten Häuser 2019 und 2226 um das Jahr 2012 herum ihren Baubeginn hatten, werden im „Standard“-Bürogebäude entsprechende Werte für die Baukosten aus 2012 gemäß den Ermittlungen des BKI verwendet (BKI Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern 2012).

- **Herstellungskosten**

Als Basis wurden die Mittelwerte für ein Bürogebäude mit hohem Standard genutzt. Für das „Bauwerk“, bestehend aus den Kostengruppen 300 (Baukonstruktion) und 400 (Technische Anlagen) werden dort Bruttokosten in Höhe von 2060 € je m²_{BGF} ausgewiesen.

Diese wurden gemäß den von BKI ermittelten Prozentanteilen auf die Kostengruppen der 2. Ebene verteilt. In Tabelle 3.7 sind schließlich die Netto-Kosten zu sehen. Weil die Mehrwertsteuer in Österreich – dem Standort von Haus 2226, vgl. 5.2 – deutlich niedriger liegt als in Deutschland, lässt sich ein länderübergreifender Vergleich besser mit Netto-Kosten durchführen.

Mit den Bauwerkskosten werden die wesentlichen Herstellungskosten erfasst. Für die Baufreimachung, Außenanlagen, Ausstattung sowie Baunebenkosten werden weitere Kosten in Höhe von ca. 30–40 % der Bauwerkskosten fällig. Diese werden gemäß BNB jedoch nicht im Benchmarking berücksichtigt (Ausnahme seit 2015: Technische Anlagen, die für den Gebäudebetrieb erforderlich sind, z. B. zur Energiegewinnung, Regenwasser-versicherung, etc.).

Tabelle 3.7: Kostenkennzahlen für Bürogebäude mit hohem Standard (nach BKI 2012)

	Kostengruppen (KG) nach DIN 277	in % der KG 300 bzw. 400	EURO (netto, je m²_{BGF})
(300 + 400)	<i>Gesamtkosten „Bauwerk“</i>	<i>gesamt</i>	1 727 €
300	Bauwerk – Baukonstruktionen	100,0 %	1 242 €
310	Baugrube	2,5 %	31 €
320	Gründung	7,5 %	93 €
330	Außenwände	32,5 %	404 €
340	Innenwände	19,7 %	245 €
350	Decken	19,1 %	238 €
360	Dächer	11,6 %	144 €
370	Baukonstruktive Einbauten	2,6 %	32 €
390	Sonstige Maßnahmen für Baukonstruktionen	4,5 %	56 €
400	Bauwerk – Technische Anlagen	100,0 %	485 €
410	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen	12,1 %	59 €
420	Wärmeversorgungsanlagen	17,4 %	84 €
430	Lufttechnische Anlagen	16,6 %	80 €
440	Starkstromanlagen	31,5 %	153 €
450	Fernmelde- und informations-technische Anlagen	9,9 %	48 €
460	Förderanlagen	3,7 %	18 €

	Kostengruppen (KG) nach DIN 277	in % der KG 300 bzw. 400	EURO (netto, je m²_{BGF})
470	Nutzungsspezifische Anlagen	3,6 %	17 €
480	Gebäudeautomation	4,1 %	20 €
490	Sonstige Maßnahmen für technische Anlagen	1,1 %	5 €

- **Kosten der Ver- und Entsorgung**

Für die Ver- und Entsorgung des „Standard“-Bürogebäudes wurden die Leistungskennzahlen (in kWh/m²_{BGF}, m³/m²_{BGF}) aus dem FM-Benchmarkingbericht 2014 (Rotermund Ingenieure 2014) entnommen. Die Verbrauchskosten werden dann in der LzK-Modellierung gemäß der BNB-Vorgaben (vgl. Tabelle 3.8) definiert. Kennzahlen für die Regenwasser-Entsorgung werden nicht berücksichtigt, können jedoch je nach Kommune ebenfalls zu Kosten führen (in BNB mit 1,10 € je m³ veranschlagt).

Tabelle 3.8: Verbrauchskennzahlen gemäß FM-Benchmarkingbericht 2014 und Kosten nach BNB-Vorgaben (netto)

Medium	Einheit	Mittelwert je m²_{BGF}	Kosten je Einheit nach BNB (€)	Kosten je m²_{BGF} (pro Jahr)
Elektroenergie	kWh	66	0,20	13,20 €
Wärmeträger/ Brennstoff	kWh	116	0,06 (Erdgas)	6,96 €
Frischwasser	m ³	0,40	2,01	0,80 €
Abwasser	m ³	0,40	2,14	0,86 €

- **Instandhaltungskosten**

Die Kosten für Wartung, Inspektion und Instandsetzung werden dagegen nicht dem Benchmarkingbericht entnommen, sondern auf Basis der Kosten für die einzelnen Bauelemente in der LzK-Ermittlung und gemäß den Vorgaben in BNB modelliert (vgl. Tabelle 3.6).

- **Reinigungskosten**

BNB gibt Reinigungsaufwände sowie den Stundenlohn für die Reinigungsarbeiten vor, damit Vergleichbarkeit entsteht und die Ergebnisse nicht durch die Annahme einer sehr geringen Reinigungshäufigkeit „schöngerechnet“ werden.

Tabelle 3.9: Reinigungsleistungen – Kalkulation nach BNB_BN¹⁵

zu reinigende Fläche	Stundenlohn (netto)	Leistungs-wert	Turnus/a	Anzahl Seiten	Kosten (netto)/a
Glasflächen – gut zugänglich	22,50 €/h	25 m ² /h	2	2	3,60 €/m ² _{Glasfläche}
Glasflächen – schwer zugänglich	22,50 €/h	13 m ² /h	2	2	6,92 €/m ² _{Glasfläche}
Bodenflächen, normale Verschmutzung					
Textil-Belag	17,00 €/h	300 m ² /h	100	1	5,67 €/m ² _{Bodenfläche}
Parkett	17,00 €/h	400 m ² /h	100	1	4,25 €/m ² _{Bodenfläche}

3.2.4.2 Berechnungsparameter für den Gebäudevergleich

Die vorgegebenen Berechnungsparameter in BNB wurden Ende 2015 stark verändert: Der Kalkulationszinssatz wurde gesenkt, die Preissteigerungsrate für Energie dagegen angehoben.

Tabelle 3.10: Berechnungsparameter nach BNB

Berechnungsparameter	bis 2015	ab 2015
Kalkulationszinssatz (in BNB: Diskontierungzinssatz)	5,5 %	1,5 %
Preissteigerungsrate Bau- und Dienstleistungen	2,0 %	2,0 %
Preissteigerungsrate Energie	4,0 %	5,0 %

Die geänderten Berechnungsparameter führen zu einem höheren Anteil der Folgekosten an den LzK, was auch das erklärte Ziel der Veränderungen war.

HINWEIS

Wie definiert man ggf. eigene Berechnungsparameter?

Einen **Kalkulationszinssatz** zur Diskontierung (Abzinsung) künftiger Zahlungen auf ihren heutigen Wert kann man wählen in Anlehnung an:

- Eigenkapitalverzinsung
- alternative, risikoarme Geldanlage

15 BNB_BN: Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen – Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude

- Risikoprofil der Investition
- Unsicherheit der Modellierung/Daten
- etc.

Der Kalkulationszinssatz kann die firmenintern erwartete Eigenkapitalverzinsung annehmen. Diese Vorgehensweise ist empfehlenswert, wenn sich die verglichenen Alternativen stark in der Höhe der Herstellungskosten unterscheiden, d. h. wenn zu Beginn deutlich mehr investiert werden muss, um später im Lebenszyklus zu sparen. Eine andere Möglichkeit, den Kalkulationszinssatz festzulegen, ist die Anlehnung an die Verzinsung risikoarmer Geldanlagen (z. B. Bundesschatzbriefe). Schließlich kann der Kalkulationszinssatz als Ausdruck für Unsicherheit verstanden werden und gemäß dem Risiko der Investitionsart bzw. der Unschärfe der im Datenmodell enthaltenen Annahmen definiert werden. Zur Illustration der Zinsentwicklung dient Bild 3.6.

Orientiert man sich beispielsweise am Durchschnitt der Verzinsung von 10-jährigen Bundesanleihen während der letzten 25 Jahre, dann wählt man einen Zinssatz von 4,8 % für die Abzinsung künftiger Zahlungen auf einen Barwert. Der Durchschnitt während der letzten 10 Jahre ergäbe einen Zinssatz von 3,4 %, die letzten 5 Jahre weisen dagegen nur noch einen Durchschnitt von 1,5 % auf.

Ähnlich verhält es sich mit den **Energiepreisen**, hier am Beispiel der Strompreise verdeutlicht: Erhebt man die durchschnittliche Preissteigerungsrate ab 1998, dann erhält man einen Wert von 3,2 %, vgl. Bild 3.7, während der letzten 10 Jahre (2005–2015) stiegen die Stromkosten dann um 4,6 %. Die Anfang 2016 deutlich gefallen Ölpreise lassen dagegen stagnierende Strompreise erwarten. Das zeigt, dass die Wahl der Preissteigerungsrate für Energie **eher strategisch als statistisch** begründet werden sollte.

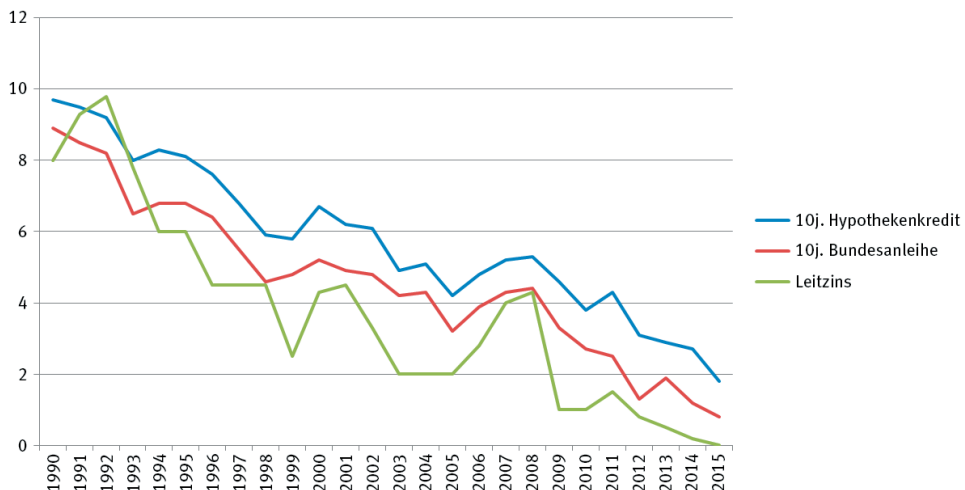


Bild 3.6: Zinsentwicklung während der letzten 25 Jahre, Daten aus (Hock 2015)

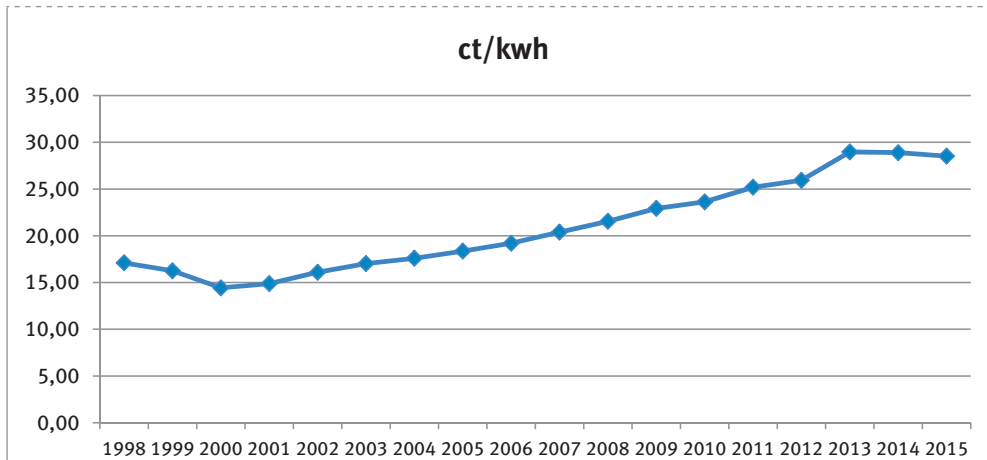


Bild 3.7: Strompreise in Deutschland (gemittelt aus verschiedenen Quellen, u. a. Bundesmin. für Wirtschaft)

Für die allgemeinen Preissteigerungsraten gilt Ähnliches: sie werden vom Energiepreis zum Teil mitbestimmt, sind jedoch zudem von der volkswirtschaftlichen Gesamtsituation in Deutschland bzw. in Europa und weltweit geprägt. Die durchschnittliche Inflationsrate seit 1993 beträgt 1,6 % vgl. Bild 3.8. Geht man in der Ermittlung zurück bis ins Jahr 1951, dann ergibt sich eine Rate von 2,6 %.

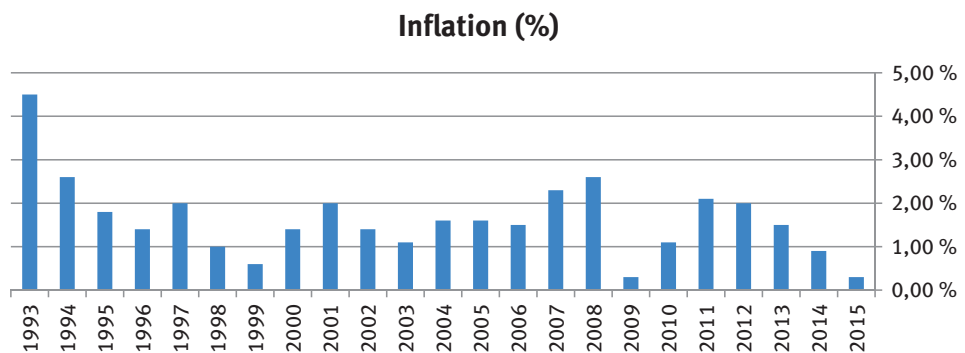


Bild 3.8: Steigerungsrate der Verbraucherpreise gemäß Statistischem Bundesamt

Es bleibt festzuhalten, dass eine Begründung für die Wahl der konkreten Berechnungsparameter Kalkulationszinssatz und Preissteigerungsraten mittels statistischer Auswertungen von Daten aus der Vergangenheit nur bedingt hilfreich ist, vgl. Zusammenstellung in Tabelle 3.11. Am besten nutzt man diese Informationen, um eine realistische Einschätzung der künftigen Entwicklungen abzuleiten.

Tabelle 3.11: Berechnungsparameter gemäß statistischen Auswertungen

LzK-Berechnungsparameter	analysierte Jahre (rückblickend ab 2015)	statistischer Wert
Kalkulationszinssatz orientiert am Zinssatz 10-jähriger Bundesanleihen	25 Jahre	4,8 %
	10 Jahre	3,4 %
	5 Jahre	1,5 %
Energiepreissteigerung am Beispiel von Strompreisen	17 Jahre (seit 1998)	3,2 %
	10 Jahre	4,6 %
	<i>(Jahr 2016)</i>	<i>(fallend)</i>
allgemeine Preissteigerungsrate	22 Jahre (seit 1993)	1,6 %
	64 Jahre (seit 1951)	2,6 %

3.2.4.3 Lebenszykluskosten für „Standard“-Bürogebäude

Zur Veranschaulichung der Auswirkungen der vorgestellten, verschiedenen Berechnungsparameter werden die absoluten Kostenanteile der LzK für das „Standard“-Bürogebäude in Euro je m^2_{BGF} in Bild 3.9 nebeneinander gestellt. Die Kalkulationszinssätze wurden in Klammern angegeben. Auch die Preissteigerungsraten für Bau- und Dienstleistungen sowie für Energie unterscheiden sich: 2,0 % Preissteigerungsrate für Bau- und Dienstleistungen sowie 5,0 % Energiepreissteigerungsrate wurden in Kombination mit dem Kalkulationszinssatz von 1,5 % angenommen. Beim Kalkulationszinssatz von 5,5 % waren es 2,0 % bzw. 4,0 % (für Energie).

Den beiden dynamischen LzK-Berechnungen wird schließlich noch die **statische** Berechnung gegenübergestellt: In dieser wird weder eine Preissteigerungsrate noch ein Kalkulationszinssatz angesetzt. Das entspricht dem angegebenen Zinssatz von 0,0 (der übrigens zum Zeitpunkt der Berechnung im März 2016 eine Tatsache war, ebenso wie die Preissteigerungsrate für Verbraucher bei 0 % lag).

Die deutliche Diskontierung (mit dem Kalkulationszinssatz von 5,5 %) lässt die Folgekosten trotz modellierter Preissteigerungen auf einen vergleichsweise geringen Barwert „schrumpfen“. Dagegen macht sich der Zinseszins-Effekt bei 50 Jahren Energiepreissteigerung in Höhe von jährlich 5 % – trotz 1,5 % Kalkulationszinssatz – im Bereich der Energiekosten sehr stark bemerkbar. Diese Berechnungsvorgabe in BNB soll zur Reduktion des Energieverbrauchs motivieren.

Die Herstellkosten zu Beginn des Lebenszyklus brauchen nicht abgezinst zu werden und sind demnach in allen Modellierungen – absolut gesehen – gleich hoch.

Ermittelt man jedoch die **relativen Kostenanteile** für die ersten zwei LzK-Ergebnisse, dann steigt der Anteil der Herstellungskosten mit dem höheren Kalkulationszinssatz deutlich an: bei 1,5 % Kalkulationszinssatz umfassen die Herstellungskosten 29 % der gesamten LzK (50 a, vgl. Bild 3.10), bei 5,5 % sind es dagegen 56 % (vgl. Bild 3.11).

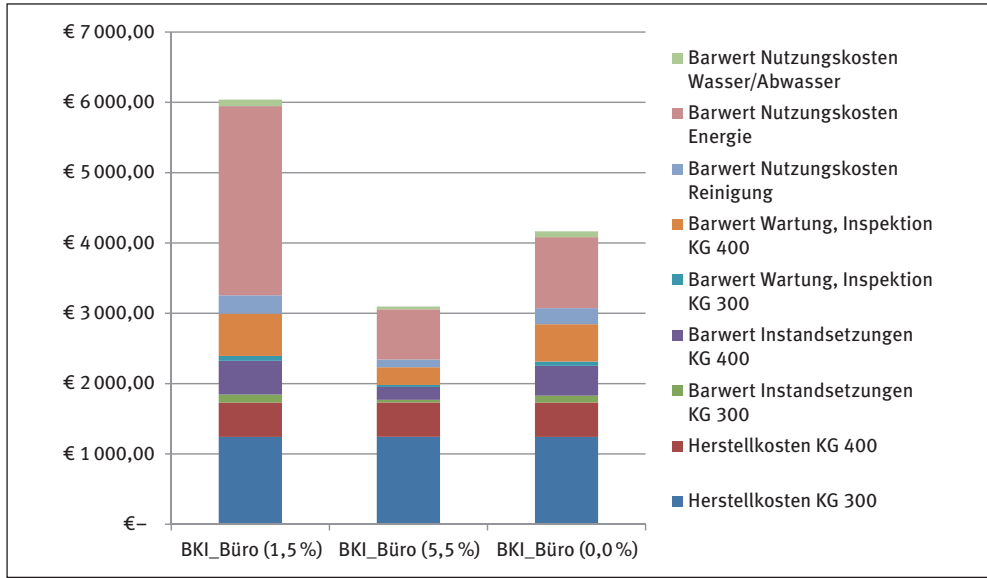


Bild 3.9: Absolute LzK eines „Standard-Bürogebäudes“ für 50 a, mit verschiedenen Kalkulationszinssätzen

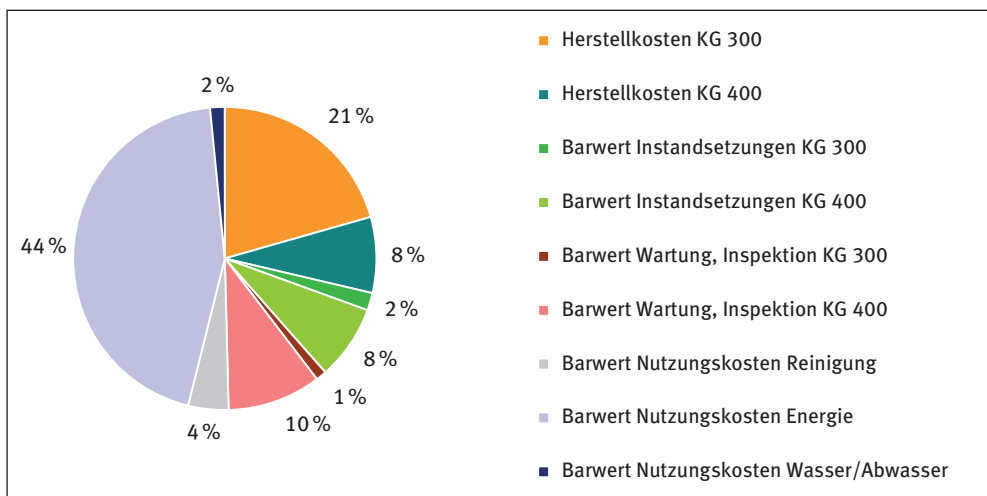


Bild 3.10: Relative LzK eines „Standard-Bürogebäudes“ für 50 a, Kalkulationszinssatz 1,5 %, Preissteigerungsrate Energie 5,0 %, Preissteigerungsrate Bau-/Dienstleistungen 2,0 %

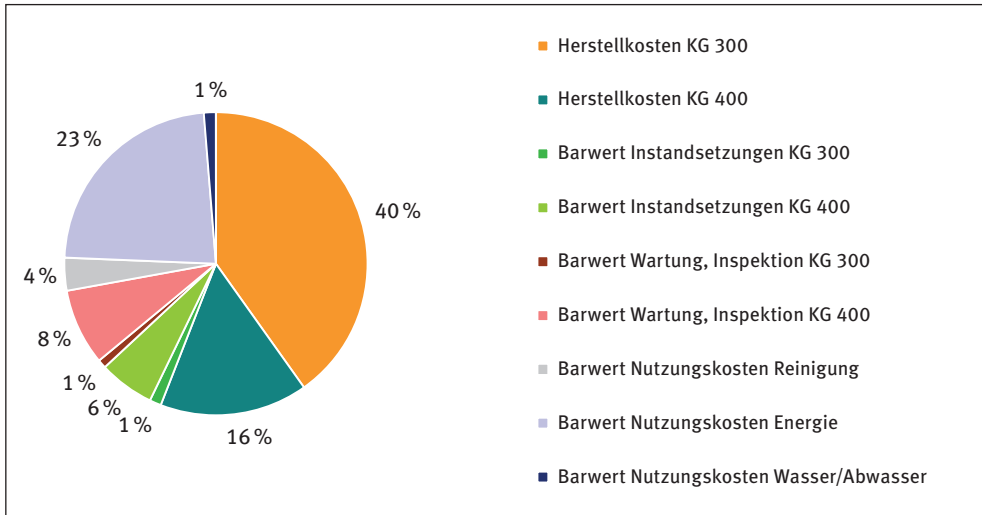


Bild 3.11: Relative LzK eines „Standard-Bürogebäudes“ für 50 a, Kalkulationszinssatz 5,5 %, Preissteigerungsrate Energie 4,0 %, Preissteigerungsrate Bau-/Dienstleistungen 2,0 %

Diese Darstellungen zeigen, dass LzK in hohem Maße von den Berechnungsparametern abhängig sind¹⁶. Daher ist die **transparente Benennung von Betrachtungszeitraum, Kalkulationszinssatz und Preissteigerungsraten** essenziell, wenn man mittels LzK über Handlungsalternativen entscheiden möchte.

In Kapitel 5 werden die dem Standard-Bürogebäude gegenüber zu stellenden, für den Lebenszyklus optimierten Gebäude genauer beschrieben und anhand der LzK verglichen.

3.3 Ökobilanz – Life Cycle Assessment

Die Lebenszyklusanalyse mit Blick auf nicht monetäre Ressourcen und auf deren Umweltwirkungen wird durch ISO 14040: Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen (2009) definiert. Als eine besonders hervorzuhebende Umweltwirkung gilt der CO₂-Ausstoß. Für seine spezifische Betrachtung wurde der Carbon Footprint (CO₂-Fußabdruck) entwickelt, vgl. DIN CEN ISO/TS 14067:2014-09: Treibhausgase – Carbon Footprint von Produkten – Anforderungen an und Leitlinien für Quantifizierung und Kommunikation. Einen Sonderweg in der Bewertung von Umweltwirkungen beschreibt das Zertifikat „Cradle to Cradle“, indem es keine quantitative Bilanz erstellt, sondern qualitativ auf geschlossene Ressourcenkreisläufe abhebt.

¹⁶ mehr dazu in Pelzeter 2006

3.3.1 Definition

Auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene wurde eine einheitliche Vorgabe zur Bilanzierung von Umweltwirkungen durch Ressourcennutzung für die Erzeugung eines Produktes oder eines Services entlang von dessen gesamtem Lebensweg definiert. Die im Deutschen sogenannte „Ökobilanz“ korrespondiert im Englischen mit dem „Life Cycle Assessment (LCA)“. Aus DIN EN ISO 14040: Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen (2009) stammt die folgende Definition:

Ökobilanz

Zusammenstellung und Beurteilung der Input- und Outputflüsse und der potenziellen Umweltwirkungen eines Produktsystems im Verlauf seines Lebensweges.

Ein Charakteristikum der Ökobilanz ist ihr relativer Ansatz: Sie ist stets auf eine **funktionelle Einheit** bezogen (bezogen auf ein „Produktsystem“, vgl. obige Definition). Die funktionelle Einheit beschreibt den Nutzen aus einem Produkt, z. B. Nutzung eines Büro-Arbeitsplatzes für 30 Jahre, ohne dessen konkrete Ausführung (durch Stahlbeton, Estrich, Teppich, etc.) im Detail festzulegen. So bleibt die Analyse offen für Alternativen, die die gleiche Funktion auf andere Weise erfüllen (z. B. durch Leichtbau mit Holzwerkstoffen und akustischen Dämm-Maßnahmen).

3.3.2 Vorgehen nach ISO 14040

Gemäß ISO 14040 entsteht eine Ökobilanz durch vier aufeinander aufbauende Schritte:

- Definition von Ziel und Untersuchungsrahmen
- Sachbilanz
- Wirkungsabschätzung
- Auswertung

3.3.2.1 Definition von Ziel und Untersuchungsrahmen

Analog zu den oben beschriebenen Lebenszykluskosten beginnt die Ökobilanzierung mit einer Zieldefinition. Darauf fußen alle nachfolgenden Festlegungen, die den Untersuchungsrahmen bilden: das untersuchte Produktsystem, die daraus resultierende funktionelle Einheit, der erforderliche Detaillierungsgrad, die Abschneidekriterien, die Systemgrenze, die gewählten Wirkungskategorien, etc.

In der **Zieldefinition** werden folgende Aussagen getroffen (Klöpffer und Grahl 2009):

- Untersuchungsgegenstand (Was?)
- Fragestellung (Warum?)
- Zielgruppe (Für wen?)
- Publikationsabsicht (Wie dargestellt?)

Der **Untersuchungsrahmen** benennt das Produktsystem, die technischen, geographischen sowie zeitlichen Systemgrenzen und macht weitere Vorgaben zu Datenquellen, Bewertung, etc.

Produktsystem:

Die Systemgrenze soll den Lebensweg der wesentlichen Elemente des Produktsystems umfassen, z. B. Rohstoffgewinnung, Transporte, wesentliche Produktionsschritte mit dem jeweiligen In- und Output, Hilfsprozesse wie z. B. Wartung, Beleuchtung, etc., Herstellung von Betriebsstoffen, etc., vgl. Bild 3.12.

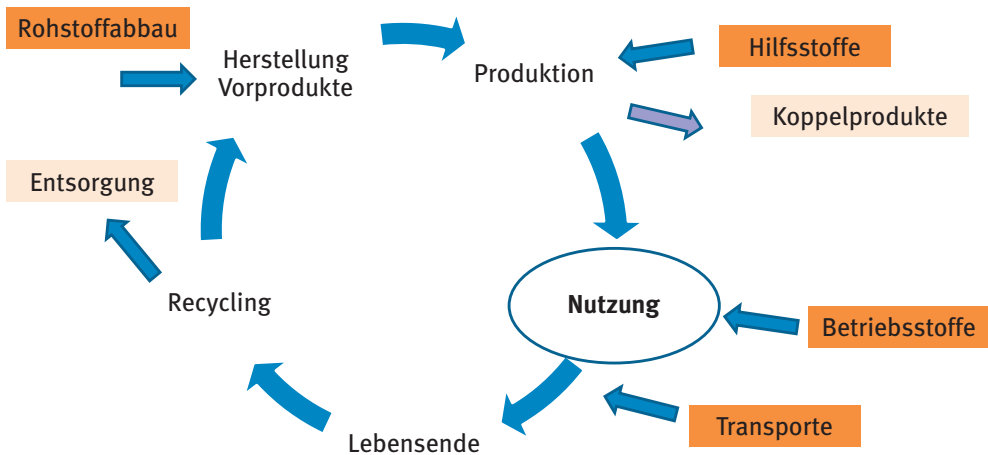


Bild 3.12: Erfassung des Lebenszyklus eines Produktes in der Ökobilanz

BEISPIEL

Systemgrenze:

Legt man nun ein gesamtes „Gebäude zur Unterbringung von 30 Mitarbeitern in Einzelbüros für einen Zeitraum von 50 Jahren“ als funktionelle Einheit fest, dann wird die Herausforderung deutlich, die eine Ökobilanz darstellt. Zu den Prozessen für Rohstoffgewinnung, Transport zur Baustelle, Einbau, Reststoffbehandlung auf der Baustelle, etc. kommen die Prozesse der Nutzungsphase mit Energieverbräuchen für Temperierung, Anlagenbetrieb, etc. sowie die Instandsetzung, Reinigung etc. hinzu. Enden würde der Lebensweg des Gebäudes im Prozess eines Rückbaus, mit Weiterverwendung, Verwertung, etc.

Abschneideregeln werden benötigt, um zu klären, ob z. B. auch die Herstellung des Autos, mit dem die Reinigungskraft zum Gebäude anfährt, in die Systemgrenze fällt.

3.3.2.2 Sachbilanz

Die Sachbilanz listet für jeden Teilprozess den Input, das Produkt, ggf. zugehörige Koppelprodukte sowie den weiteren Output auf. In- und Output werden differenziert in:

- Input: Energie, Rohstoff, ggf. Vorprodukte, Betriebs-/Hilfsstoffe, ggf. weiterer physikalischer Input.
- Output: Produkt oder Dienstleistung, evtl. Koppelprodukte (z. B. Salze, die in einem weiteren Produktionsprozess eingesetzt werden), Emissionen in Luft, Wasser und Boden, vgl. Bild 3.13.



Bild 3.13: Produktsystem in der Ökobilanz

Ein Beispiel für die Kommunikation einer Sachbilanz im Alltag gibt die nachfolgende E-Mail-Fußzeile, die auf die Umweltbelastung durch den Ausdruck von E-Mails hinweist.

Pro Seite ausgedruckter E-Mail fallen an (u. a.):

Input: 200 g Wasser,
2 kWh Energie

Output: 2 g CO₂

Für Gebäude umfasst eine Sachbilanz zahlreiche Prozesselemente bzw. Module. Diese werden in DIN EN 15978 (2012): „Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode“ entlang des Lebenszyklus der Immobilie in vier Gruppen unterteilt:

A: Herstellung

B: Nutzung

C: Entsorgung

D: Vorteile und Belastungen jenseits der Systemgrenze, vgl. Tabelle 3.12

Tabelle 3.12: Module/Prozesselemente für den Lebenszyklus eines Gebäudes, gemäß DIN EN 15978

A1-5		B1-7							C1-4				D
Herstellung (Produkt)	Bau-phase	Nutzungsphase							Entsorgungsphase				jenseits der Systemgrenze
		Produktnutzung	Instandhaltung	Instandsetzung	Austausch	Modernisierung	Energienutzung	Wassernutzung	Rückbau/Abriss	Transport	Abfallbehandlung	Beseitigung	Wiederverwendung, Recycling, Möglichkeit der Rückgewinnung
A1-3	A4-5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D

3.3.2.3 Wirkungsabschätzung

Es gibt in ISO 14040 keine Vorgabe bzgl. konkreter Wirkungskategorien. Etablierte Wirkungskategorien sind die in Tabelle 2.10 benannten Potenziale:

- Treibhauspotenzial (Global Warming Potential, GWP) als CO_2 -Äquivalent
- Ozonschichtabbaupotenzial (Ozone Depletion Potential, ODP) als R_{11} -Äquivalent
- Ozonbildungspotenzial (Photochemical Ozone Creation Potential, POCP) als C_2H_4 -Äquivalent
- Versauerungspotenzial (Acidification Potential, AP) als SO_2 -Äquivalent
- Überdüngungspotenzial (Eutrophication Potential, EP) als PO_4 -Äquivalent

Bei einer Abschätzung der Umweltwirkung von Gebäuden kommt dem Energiebedarf für den Lebensweg von Bauprodukten sowie für die Gebäudenutzung eine primäre Rolle zu. Wo immer fossile Energiequellen genutzt werden (Transporte, Strommix, lokale Verbrennung z. B. in Gasbrennwert-Therme), wird CO_2 freigesetzt (GWP). Die Bildung von bodennahem Ozon (POCP) wird durch die Verbrennung von Treibstoff in PKWs oder LKWs (bei Transporten, bzw. bei der Lage-induzierten Mobilität von Personen) beeinflusst. Die Versauerung (AP) hat ebenfalls mit Energieverbrauch zu tun: Kraftwerke stoßen trotz Rauchgasreinigung noch Schwefeldioxid (SO_2) bzw. SO_2 -Äquivalente aus. Die Überdüngung (EP) wird im Wesentlichen durch die Landwirtschaft verursacht. Ein Energiebezug ist ggf. bei der Nutzung von biologischen Rohstoffen (z. B. Mais) für die Erzeugung von Biogas zu erkennen.

Lediglich das Ozonabbaupotenzial weist keinen direkten Energiebezug auf, Fluor-Chlor-Kohlen-Wasserstoff (FCKW), ehemals als Treibmittel in Spraydosen verwendet, trägt zum Abbau des stratosphärischen Ozons bei. Heute findet es sich noch als Kühlmittel in älteren Anlagen oder Kühlschränken (besondere Vorschriften bei der Entsorgung beachten).

BEISPIEL

Das Berechnungstool Legep ermittelt auf Basis der gewählten Bauelemente (unter Angabe der Menge) die im Lebenszyklus u. a. zu erwartenden Stoff- und Energieströme. Die daraus resultierenden Umweltwirkungen können in Bild 3.14 je Bauprodukt abgelesen werden.

Name	Menge	Zyklus	Einheit	Treibhauspotenzial kg CO ₂ -Äq.	Versauerungspotenzial kg SO ₂ -Äq.	Überdüngungspotenzial kg P-Äq.
334.5 AW Fenster FI, 1-flügelig, 1200x1500 mm, Ug=0,5	20,000		St	[Bar chart: dark blue]	[Bar chart: dark blue]	[Bar chart: dark blue]
AW Fenster FI, 1-flügelig, 1200x1500 mm, Ug=0,5	20,000	1,000	St	[Bar chart: light blue]	[Bar chart: light blue]	[Bar chart: light blue]
AFE,Holz,Verglasung reinigen	2,000	/ Jahr		[Bar chart: dark blue]	[Bar chart: dark blue]	[Bar chart: dark blue]
AW KH-Besch.erneuern,auf Außenfenster,Fi, 0,5-2,0 m²	0,150	/ Jahr		[Bar chart: dark blue]	[Bar chart: dark blue]	[Bar chart: dark blue]
AFE Holz,1-tl., Einfachfenster, Drehkippbeschlag, warten	0,500	/ Jahr		[Bar chart: dark blue]	[Bar chart: dark blue]	[Bar chart: dark blue]
AW Fenster Fi, 1-flügelig, 1200x1500 mm, Ug=0,5, erneuern	0,025	/ Jahr		[Bar chart: dark blue]	[Bar chart: dark blue]	[Bar chart: dark blue]
AW Fugen elast., ISO-Vergl. Ug= 0,7, feststeh. Fenster Fi, 0,5-2,0 qm	0,040	/ Jahr		[Bar chart: dark blue]	[Bar chart: dark blue]	[Bar chart: dark blue]
AFE,Holz,Rahmen reinigen	1,000	/ Jahr		[Bar chart: dark blue]	[Bar chart: dark blue]	[Bar chart: dark blue]

Bild 3.14: Bildschirm aus einer Legep-Anwendung (Fenster, Herstellung hellblau, Instandsetzung dunkelblau)

Im Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) für Bundesgebäude nennen die Bilanzierungsregeln als weitere Bewertungskategorie den Primärenergiebedarf (PE), unterschieden nach:

- PE gesamt
- PE nicht erneuerbar
- PE erneuerbar

Die Version von 2015 für Neubauten von Büro- und Verwaltungsgebäuden, BNB_BN, weist die in Tabelle 3.13 dargestellten Ziel- bzw. Grenzwerte aus.

Tabelle 3.13: Umweltwirkungen – Ziel-/Grenzwerte nach BNB-BN (2015)

Wirkungskategorie	Zielwert (100 % der Bewertungspunkte)	Grenzwert (10 % der Bewertungspunkte)
	<i>Äquivalent, in kg/m²_{NRF}·a</i>	<i>Äquivalent, in kg/m²_{NRF}·a</i>
Treibhauspotenzial (GWP) als CO ₂ -Äquivalent	25	66
Ozonschichtabbaupotenzial (ODP) als R ₁₁ -Äquivalent	0,000000101	0,000000248
Ozonbildungspotenzial (POCP) als C ₂ H ₄ -Äquivalent	0,0063	0,0202

Wirkungskategorie	Zielwert (100 % der Bewertungspunkte)	Grenzwert (10 % der Bewertungspunkte)
Versauerungspotenzial (AP) als SO ₂ -Äquivalent	0,0662	0,1601
Überdüngungspotenzial (EP) als PO ₄ -Äquivalent	0,0086	0,0277
	<i>in kWh/m²_{NRF}·a</i>	<i>in kWh/m²_{NRF}·a</i>
Primärenergie gesamt (PE _{ges})	121	343
Primärenergie nicht erneuerbar (PE _{ne})	109	277
Anteil erneuerbarer PE (%)	≥ 37 %	min. 15 %

3.3.2.4 Auswertung

Eine Auswertung stellt beispielsweise eine Rangfolge der verglichenen Produkte auf. Wenn diese sich in mehreren Wirkungskategorien unterscheiden, dann ist eine Gewichtung oder Aggregation der Wirkungen erforderlich, um eine eindeutige Empfehlung oder Bewertung abgeben zu können.

Umweltbelastungspunkte (UBP) stellen eine Möglichkeit der Aggregation von verschiedenen Umweltwirkungen dar. Ihre Nutzung wurde 1978 in der Schweiz eingeführt und stetig weiterentwickelt. Das Grundprinzip für die Aufsummierung von Umweltwirkungen zu UBPs beruht auf dem Konzept der ökologischen Knappheit. Insgesamt werden 47 Umweltwirkungen mit spezifischen Ökofaktoren bewertbar gemacht. Umweltwirkungen können Schadstoffemissionen (z.B. CO₂), Ressourceneinsatz (z.B. Kupfer) und Landnutzung (z.B. zum Rohstoffabbau) sein. Die Ökofaktoren werden auf ein spezifisches Gebiet (die Schweiz) bezogen und drücken die Beziehung zwischen aktueller Belastung und durch Regeln oder Gesetze definierte Belastungsgrenzen aus.

So wird beispielsweise die **Umweltbelastung durch Wassergebrauch** (pro m³) je nach Wasserknappheit in der Region differenziert. Für den jeweiligen Ökofaktor werden in der Studie von Frischknecht und Jungbluth die folgenden Werte vorgeschlagen:

- 24 in wasserreichen Ländern wie z. B. Argentinien, Schweiz, u. a.
- 880 in Deutschland, Italien, u. a.
- 22.000 in wasserarmen Ländern wie z. B. Saudi-Arabien, Israel, u. a. (Frischknecht und Jungbluth 2009)

Die Verrechnung verschiedener Umweltwirkungen miteinander ist jedoch umstritten: Einerseits gibt es bisher keinen objektiven „Verrechnungsmaßstab“, der die Bedeutung des Effektes einer Handlung auf das Klima ins Verhältnis zur Bedeutung z. B. des Effektes der gleichen Handlung auf die Bodenüberdüngung setzt. Andererseits geht die Verrechnung in jedem Falle mit einem Verlust von Informationsdetails einher. Daher werden meist Vorgehensweisen favorisiert, die verschiedene Wirkungen parallel darstellen. Dazu kann u. a. die Methode der Balanced Scorecard genutzt werden (Pape 2013).

3.3.3 Datenquellen für die Ökobilanzierung

Für Bauprodukte legt die ISO 15804: „Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte“ (2014) fest, wie die Ökobilanzierung für Bauprodukte vorgenommen werden soll. Die Aussagen der „**Environmental Product Declaration (EPD)**“ können in der Folge für die Aufsummierung von Umweltwirkungen im Rahmen der Bilanzierung auf Gebäudeebene verwendet werden.

Derzeit liegen rund 1000 EPDs vor, die von Mitarbeitern des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) auf Konsistenz geprüft und in die **Ökobaudat** (<http://www.oekobaudat.de>) übernommen wurden (BMUB Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit 2016, 2016). In der Nachhaltigkeitsbewertung nach BNB sind die Datensätze der Ökobaudat verpflichtend zu verwenden. Durch ihre öffentliche Zugänglichkeit eignen sie sich jedoch für jedermann als Bezugspunkt.

BEISPIEL

EPD – Mauerziegel (Auszug aus Ökobaudat mit Ergänzungen)

„Die Gültigkeit ist auf Mauerziegel aus der Herstellung der Mitgliedsunternehmen der Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel (AMZ, ca. 97 % Marktabdeckung in Deutschland) beschränkt. Das repräsentativ ausgewählte Produkt hat eine Rohdichte von 575 kg/m³. Alle Daten beziehen sich auf 1 m³ Mauerziegel. (...)

Die Systemgrenze umfasst die Module A1–5 (Herstellung, Bauphase), C1, 2 und 4 sowie Modul D. In Modul D werden Gutschriften für Strom- und Wärmegewinnung aus der Verbrennung der Verpackung in Modul A5 bilanziert. 96 % des Ziegels können als Ziegelbruch weiterverwendet werden. Auch daraus resultieren Gutschriften in Modul D. Die Module B1–5 werden zwar berücksichtigt, erzeugen jedoch keine Umweltwirkungen, wegen der langen Lebensdauer des Ziegels. B6 und B7 werden als nicht relevant aus Produktsicht definiert und daher nicht einbezogen.“ (Heizenergie verbraucht nicht die gemauerte Wand, sondern das aus vielen Elementen bestehende Gebäude.)

Tabelle 3.14: Mauerziegel – Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes und sonstige Umweltinformationen (Auszug aus Ökobaudat, Stand 2016)

Indikator	Richtung	Einheit	Herstellung	Transport	Einbau	Abbruch	Transport	Abfallbehandlung	Beseitigung	Recyclingpotenzial
			A1–A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4	D
Erneuerbare Primärenergie	Input	MJ	261,4	2,81	0,21	0,19	1,74	1,56	0,36	-9,52
nicht erneuerbare Primärenergie	Input	MJ	1 295	47,47	2,46	4,81	44,29	28,32	4,39	-102,6
Stoffe zum Recycling	Output	kg	0	0	0	0	0	534,8	0	-
Exportierte elektrische Energie	Output	MJ	0	0	9,77	0	0	0	0	-
Exportierte Thermische Energie	Output	MJ	0	0	26,34	0	0	0	0	-

Tabelle 3.14 zeigt, dass der wesentliche Energieeinsatz für die Produktion von 1 m³ Mauerziegel in der Herstellungsphase erfolgt. Über den gesamten Lebenszyklus und unter Einbeziehung von Recycling-Gutschriften (102,9 MJ nicht erneuerbare Primärenergie) werden 1 583 MJ eingesetzt, 16 % davon aus erneuerbaren Energiequellen.

Tabelle 3.15: Mauerziegel – Parameter zur Beschreibung der Umweltwirkungen

Indikator	Einheit in kg	Herstellung	Transport	Einbau	Abbruch	Transport	Abfallbehandlung	Beseitigung	Recyclingpotenzial
		A1–A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4	D
Treibhauspotenzial	CO _{2e}	138,3	3,47	7,5	0,35	3,2	-10,06	0,32	-7,0
Ozonabbau- potenzial (Stratosphäre)	R _{11e}	0,0000000015	0,0000000000	0,0000000260	0,0000000017	0,0000000153	0,0000000195	0,0000000040	-0,0000001917
Ozonbildungs- potenzial (Troposphäre)	C ₂ H _{4e}	0,01319	0,00900	0,00006	0,00016	0,00741	0,00147	0,00019	0,00315
Versauerungs- potenzial	SO _{2e}	0,19	0,02	<0,01	<0,01	0,02	0,01	<0,01	-0,02
Überdüngungs- potenzial	PO _{4e}	0,0212	0,0054	0,0002	0,0003	0,0045	0,0024	0,0003	-0,0038

Welche Bauprodukte haben hohe Umweltwirkungen?

Bei einem Vergleich von möglichen Baustoffen für eine tragende Wandkonstruktion anhand der Daten aus der ÖkobaDat – Stand 2016 fallen die hohen CO₂-Werte bei der Herstellung (Phasen A1–A3) von Kalksandstein auf, vgl. Tabelle 3.16. Vollholz hat dagegen einen negativen CO₂-Kennwert.

Tabelle 3.16: Umweltwirkungen verschiedener Baumaterialien für tragende Wände, je m³, während der Herstellungsphase

Herstellung: A1–A3	Indikator in kg	Mauerziegel	Kalksandstein	Stahlbeton	Vollholz
Treibhauspotenzial	CO _{2e}	138,3	312,4	211,1	-712
Ozonabbau- potenzial (Stratosphäre)	R _{11e}	0,00000000146	0,000000154	0,000000671	0,0000000005
Ozonbildungs- potenzial (Troposphäre)	C ₂ H _{4e}	0,01	-0,01	0,04	0,11
Versauerungs- potenzial	SO _{2e}	0,19	0,26	0,3	0,48
Überdüngungs- potenzial	PO _{4e}	0,02	0,06	0,05	0,01

Beim Vergleich je m³ ist zu beachten, dass Wände aus Stahlbeton dünner konstruiert werden können als aus Ziegel oder Holz, wegen der höheren Tragfähigkeit. Bei der erforderlichen Wärmedämmung wären dann allerdings weitere CO₂-Kennwerte in den Vergleich einzubeziehen.

Weitere – nicht auf Bauprodukte spezialisierte – Datenbanken bzw. mit Datenbanken verknüpfte Software sind z. B.:

- GEMIS, Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme, entwickelt vom Ökoinstitut Darmstadt, Fokus auf Energiedaten innerhalb der EU
- ProBas, entwickelt vom Umweltbundesamt (UBA), Deutschland
- GaBi, entwickelt von der Universität Stuttgart und PE International, Fokus ingenieurtechnischer Bereich
- Ecoinvent, entwickelt von den Eidgenössischen Technischen Hochschulen (ETH) und Bundesbehörden in der Schweiz.

3.3.4 Vereinfachtes Verfahren nach BNB

Im Rahmen der Bewertung von Nachhaltigkeit im Bauen sieht das System BNB (Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen) für Gebäude des Bundes (in Deutschland) die Möglichkeit der Nutzung eines vereinfachten Verfahrens vor. Durch einen **Zuschlagsfaktor von 1,2** auf die jeweiligen Ergebnisse wird das Fehlen einer detaillierten Bilanzierung, insbesondere im Bereich der Gebäudetechnik ausgeglichen (BMUB Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit 2015).

Aus BNB_NB (Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude Version 2015):

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

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

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

Die Validität der Ergebnisse des vereinfachten Verfahrens wurde in einem Forschungsprojekt mit den Ergebnissen eines vollständigen Verfahrens verglichen (Pohl 2014). Auf der Basis des vor 2015 noch üblichen Zuschlagsfaktors von 1,1 (d. h. 10 %) kam die Untersuchung zum Ergebnis, dass die nach dem vollständigen Verfahren berechneten Werte der Ökobilanz im Schnitt um ca. 2 % höher lagen als diejenigen aus den vereinfachten Verfahren, was eine angemessene Treffsicherheit darstellt.

Interessant sind die weiteren Analysen der Studie zum Anteil der Energieversorgung der drei betrachteten Gebäude an der Gesamtheit der Umweltwirkungen: ca. **80 %** werden während der betrachteten 50 Jahre durch die **Versorgung mit Brennstoff und Strom** verursacht.

Da die Annahmen zur Energieversorgung in der Ökobilanz für die Bewertung nach BNB standardisiert sind, stammt die zuvor benannte Ergebnisabweichung von ca. 2 % aus dem Bereich der Herstellung und des Rückbaus der Gebäude. Sie ist bezogen auf die Herstellung des Gebäudes deutlich höher: Konkret schwankt sie zwischen 8 % und 20 %. Mit Blick auf einen künftig drastisch reduzierten Energiebedarf bei Neubauten des Bundes wurde offenbar der Zuschlagswert in den Bewertungsregeln ab 2015 auf 20 % erhöht.

3.3.5 Carbon Footprint – CO₂-Fußabdruck

Die Emission von Kohlendioxid – CO₂ – wird vielfach stellvertretend für sämtliche Umweltbelastungen durch die Herstellung und Nutzung von Gebäuden herausgestellt. Daher befasst sich eine eigene ISO-Norm mit der Methodik der Erhebung von CO₂-Emissionen, die DIN CEN ISO/TS 14067: „Treibhausgase – Carbon Footprint von Produkten – Anforderungen an und Leitlinien für Quantifizierung und Kommunikation“ (2014).

Die Vorgehensweise ist methodisch der LCA nach ISO 14040 entsprechend: es werden alle Phasen im Lebenszyklus eines Produktes einbezogen (vgl. Bild 3.15), Systemgrenzen definiert, der In- und Output im Rahmen einer Sachbilanz erhoben und darauf eine Wirkungsbilanz gezogen, welche schließlich bewertet wird.

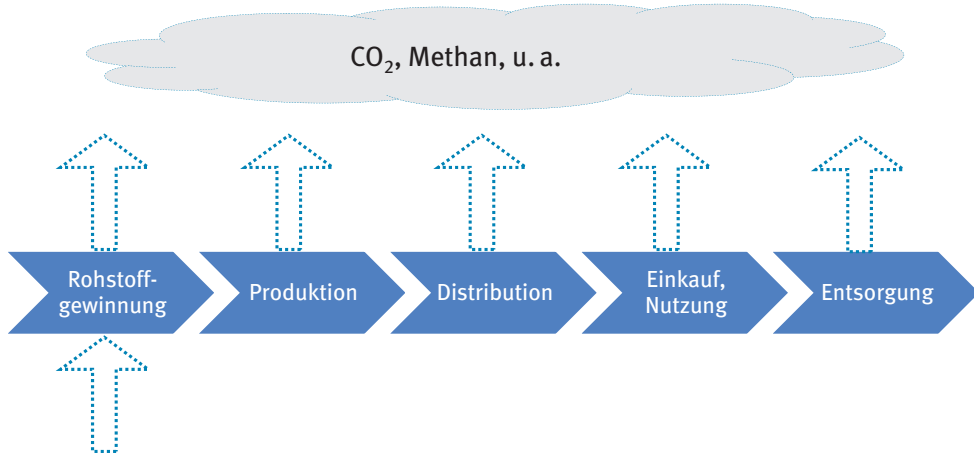


Bild 3.15: Lebenszyklus-Phasen nach ISO 14067

Eine wichtige Festlegung aus ISO 14067 besteht in der Definition von Äquivalenten: Die Emission von Methan hat eine dem Kohlendioxid vergleichbare Wirkung, sie ist jedoch 25-mal intensiver je Gewichtseinheit (kg oder T).

Tabelle 3.17: CO₂-Äquivalente in der Umweltproduktdeklaration gemäß DIN ISO 15804 (Anhang)

Treibhausgas	Formel	Quellen, z. B.:	CO ₂ -Äquivalent nach DIN ISO 15804
Kohlenstoffdioxid	CO ₂	Verbrennung von Biomasse bzw. fossilen Energieträgern	1
Methan	CH ₄	Nebenprodukt der Erdgas-/ölproduktion, Reisanbau, Rinderzucht, gebunden in Mooren	25
Distickstoffoxid (Lachgas)	N ₂ O	Dünger, Verbrennung von Biomasse	300
Tetrafluorethan	C ₂ H ₂ F ₄	Kältemittel in Kühlanlagen	14 000
Stickstofftrifluorid	NF ₃	z. B. Herstellung von Flachbildschirmen, Dünnschichtsolarzellen.	17 000

3.3.6 Exkurs: Zertifizierung geschlossener Stoffkreisläufe (cradle to cradle)

Beobachtet man die Natur, so wird man dort keinen „Abfall“ finden: abgestorbenes Holz dient u. a. Insekten, Pilzen und Bakterien als Nahrung. Am Ende eines vielfältigen Umwandlungsprozesses entsteht Walderde, aus der heraus neue Bäume wachsen können. Ohne menschliche Intervention (z. B. durch Abtransport des gefällten Baumes) entsteht ein geschlossener Stoffkreislauf: aus Holz entsteht wieder Holz.

Könnte man sich nicht dem stetigen Ruf nach mehr Ressourceneffizienz dadurch entziehen, dass man in Gebäuden nur noch Produkte verwendet, die ebenfalls in geschlossenen Stoffkreisläufen zirkulieren?

Für das Druckerpapier ist diese Option bereits verfügbar.

BEISPIEL

„Steinbeis Office Paper“

Tabelle 3.18: Ersparnisse durch 100 % Recycling bei 500 Blatt Druckerpapier

	Einheit	Papier aus neuen Holzfasern	Recycling Papier	Ersparnis	Einheit	%
Rohstoff Holzfaser	kg	7,5	0	7,5	kg	100 %
Wasser	l	130,0	22,2	107,8	l	83 %
Energie	kWh	26,8	7,5	19,3	kWh	72 %
CO ₂	kg CO ₂	3,0	1,4	1,6	kg CO ₂	53 %

Dieses Produkt weist u. a. das Cradle to Cradle-Zertifikat in Silber auf.

Die von Michael Braungart und William McDonough aufgebaute Zertifizierung für vollständig recycelbare Produkte trägt den Namen „Cradle to Cradle (C2C)“ (epea.com). Von der Wiege zur Wiege – damit werden Produkte ausgezeichnet, die außer einem möglichst vollständigen Stoffzyklus auch die Bedingung erfüllen, dass für ihre Herstellung und Wiedernutzbarmachung nur erneuerbare Energiequellen zum Einsatz kommen. Außerdem dürfen keinerlei toxische Substanzen zum Einsatz kommen.

Cradle to Cradle (C2C) unterscheidet zwei Arten von Zyklen: Der Biomasse-Zyklus (Biosphäre) kommt für Verbrauchsgüter zum Einsatz, z. B. für Holz. Der Industriemasse-Zyklus (Technosphäre) dagegen ist für Gebrauchsgüter anwendbar, die nach Herstellung und Nutzung zurückgenommen und aufbereitet werden, um einem neuen Zyklus zugeführt werden zu können. Für die Rückführung und Aufbereitung von Gebrauchsgütern ist die sortenreine Nutzung von Stoffen bedeutsam. Ebenso kommt der Demontage bis ins Einzelteil eine gestiegene Bedeutung zu. Insbesondere sind Verklebungen zu vermeiden.

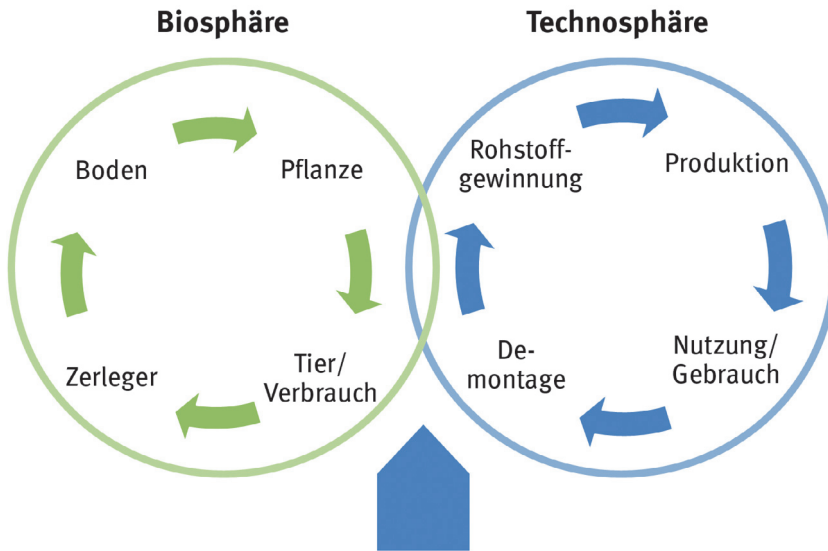


Bild 3.16: Kreisläufe von Ver- und Gebrauchsstoffen

BEISPIEL

Bürostuhl

Der C2C-zertifizierte Bürostuhl „Think“ der Firma Steelcase weist 99 % recycelbares Material (nach Gewicht) auf und soll nach Herstellerangaben binnen 5 Minuten mit handelsüblichem Werkzeug zerlegbar sein (EPEA 2016).

Die C2C-Zertifizierung setzt keine Mindest- oder Grenzwerte an. Sie prüft jedoch die Umsetzung der nachfolgenden Prinzipien (Cradle to Cradle Products Innovation Institute 2016):

- Gesunde Materialien
- Recycling der Materialien
- Erneuerbare Energien, CO₂
- Verantwortungsvoller Umgang mit Wasser
- Soziale Gerechtigkeit (Fairness)

An erster Stelle steht die Forderung nach einer Verwendung von Materialien, von denen keine Gesundheitsrisiken ausgehen, weder in der Produktion, noch während der Nutzung oder der Rückführung in den Produktionskreislauf. Dazu gibt es eine **Negativ-Liste von Materialien**, die eine Zertifizierung ausschließen. Diese umfasst u. a. PVC. Die Einbeziehung von CO₂, Wasser und sozialer Gerechtigkeit macht C2C zu einem anerkannten Baustein in der Bemühung um eine Nachhaltige Entwicklung.

Zwar ist eine Zertifizierung von ganzen Gebäuden oder Stadtteilen in der Konzeption von C2C nicht vorgesehen, aber es gibt Gebäudebeispiele, die sich an den Prinzipien des C2C orientieren, z. B. das Niederländische Institut für Ökologie (NIOO) der Königlichen Niederländischen Akademie für Kunst und Wissenschaft (KNAW) in der Provinz Gelderland (Technische Universität München 2016). In Deutschland soll der **RAG Campus** auf dem Gelände der Zeche Zollverein als „Rohstofflager“ geplant werden¹⁷.

Es bleibt abzuwarten, ob sich aus dem Anspruch der 100-prozentigen Wiedernutzung aller Materialien neue Geschäftsmodelle entwickeln, wie z. B. das **Leasing von technischen Geräten**. Diese würden dann während ihrer Nutzungsdauer im Eigentum des Herstellers verbleiben, dessen Investition in einfache Demontage sich dadurch besser lohnt. Auch der Einsatz höherwertiger Materialien könnte sich durch dieses Rücknahmeanrecht eher lohnen.

3.3.7 Beispiel für eine Ökobilanz

In Anlehnung an die beiden Gebäudebeispiele in Kap. 5 werden hier zwei Außenwandkonstruktionen hinsichtlich der Wirkungskategorien Treibhauspotenzial (GWP) und Primärenergieaufwand (PE gesamt) verglichen. Die massive Variante besteht aus 76 cm Mauerwerk mit Kalkputz – innen wie außen, vgl. Bild 3.17. Die Leichtbauvariante ist zu wesentlichen Bestandteilen aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt worden: Tragende Holzstützen werden beidseitig mit Holzwerkstoffplatten (Lärchenholz außen) verbunden und mit Zellulose zur Wärmedämmung gefüllt. Innenseitig wird ein Installationsbereich aufgedoppelt und mit Gipskartonplatten abgeschlossen. Außen ergibt sich eine Holzoberfläche, vgl. Bild 3.18. Daraus folgt eine Wandstärke von 45 cm.

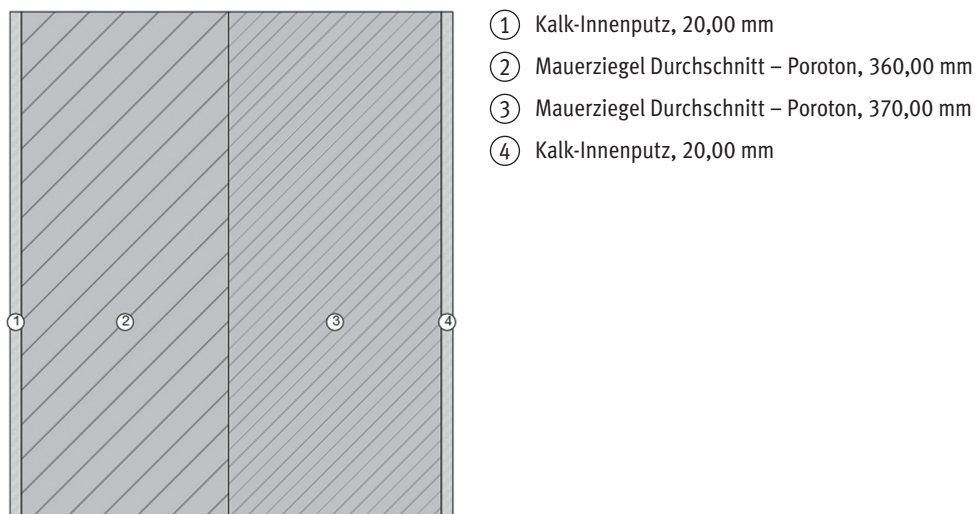


Bild 3.17: Mauerwerkswand mit Kalkputz (innen und außen)

17 bereits umgesetzte, C2C-inspirierte Gebäude aus den Niederlanden finden sich auf: www.c2c-buildings.org

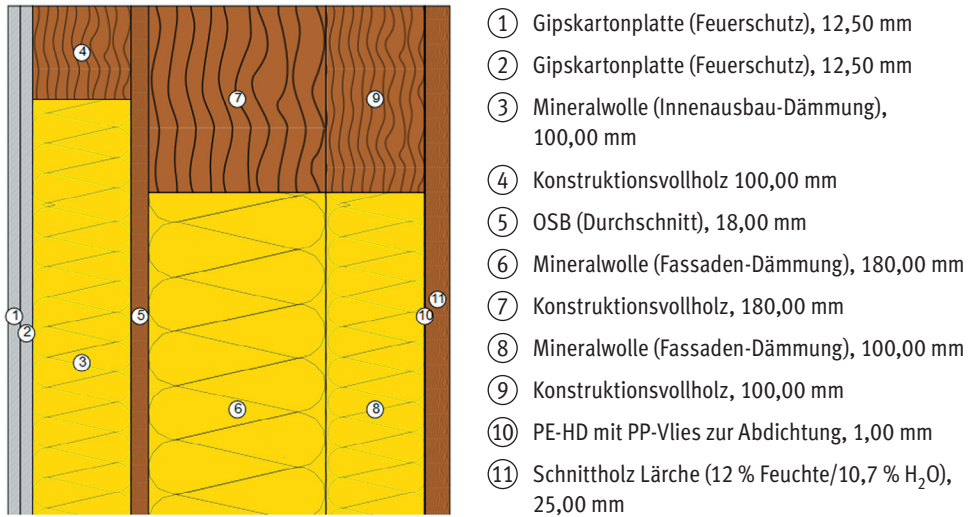


Bild 3.18: Leichtbauwand aus Holzwerkstoffen und Dämm-Material

Bild 3.19 und Bild 3.20 zeigen den CO₂-Ausstoß bzw. den Primärenergieaufwand für 1 m² Wandfläche und eine Lebensdauer von 50 Jahren, gemäß Berechnungen des Online-Tools eLCA¹⁸. Dieses Werkzeug wurde zur Unterstützung der Nachhaltigkeitsbewertung nach BNB entwickelt. Die ermittelten Werte basieren auf Daten der Ökobaudat 2011¹⁹.

Bei der Eingabe in eLCA kann man jeweils die Materialart, -stärke und die Zeitdauer bis zum ersten Austausch des jeweiligen Bauelementes wählen bzw. bei den verfügbaren Vorlagen verändern. Des Weiteren sind Mengenangaben in m² oder Stück gefordert, um die Menge des Bauelementes im geplanten Bauwerk zu definieren. Aus der Ökobaudat werden dann die den Eingaben entsprechenden Werte für die einzelnen Schichten des Bauelementes gezogen und für das gesamte Bauelement bzw. die gesamte Bauaufgabe aufaddiert.

Da Holz als Baustoff wie eine CO₂-Senke wirkt, weist Bild 3.19 ein negatives Treibhauspotenzial (in CO₂-Äquivalenten) für die Herstellung der Holzkonstruktion aus. Bei der „Entsorgung“ wird das im Holz gebundene CO₂ dann zu großen Teilen wieder frei (gemäß der Modellierung in eLCA, bzw. den in Ökobaudat hinterlegten Informationen), was in der Summe jedoch immer noch einen negativen Betrag für das Treibhauspotenzial ergibt. Bemerkenswert ist außerdem, dass das Treibhauspotenzial aus der Herstellung des Mauerwerks dem aus der Entsorgung der Holzbauwand entspricht.

Wenn die Summe der CO₂-Äquivalente die primäre Steuerungsgröße bei der Wahl der Konstruktion wäre, dann müsste man sich also für die Holzkonstruktion entscheiden.

18 <http://www.bauteileditor.de>, nach Registrierung frei nutzbar

19 <http://www.oekobaudat.de>, über 900 geprüfte Datensätze abrufbar (Stand 25.04.2016)

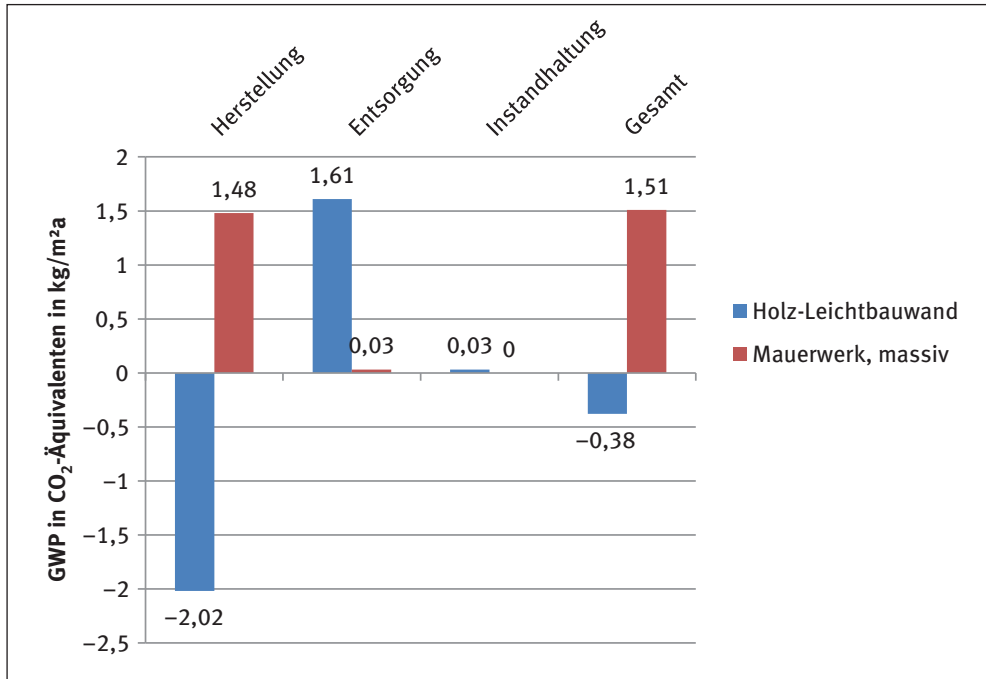


Bild 3.19: Treibhauspotenzial je nach Wandkonstruktion bei 50 Jahren Lebensdauer (je 1 m² und Jahr)

Wäre die Entscheidung anders zu fällen, wenn es nach dem Primärenergieaufwand ginge?

Es sieht ganz danach aus: Bild 3.20 zeigt einen erstaunlich hohen Primärenergieaufwand für die Verarbeitung des Holzes zu den verschiedenen Holzwerkstoffen. Trotz „Energiegewinnen“ aus der thermischen Verwertung des Holzes bei der Entsorgung bleibt die Summe des Primärenergieeinsatzes einer Holzkonstruktion im Lebenszyklus von 50 Jahren höher als bei der verglichenen Mauerwerkswand.

Die unterschiedlich lange Lebensdauer der verglichenen Wandkonstruktionen kommt bei einer Bilanzierung über 50 Jahre noch nicht angemessen zum Ausdruck. Eine Aufteilung der anfänglichen Energieaufwendungen auf 100 statt lediglich 50 Jahre lässt die energetische Vorteilhaftigkeit einer Massivbauwand – bei analogem Wärmedurchlasswiderstand – noch deutlicher erscheinen, vgl. Bild 3.21. Absolut gesehen verringern sich die Werte – pro Jahr – deutlich. Das zeigt, wie wichtig eine möglichst lange Nutzungsdauer von Gebäuden und Bauelementen für den Ressourcenverbrauch ist.

Der unterschiedliche Flächenbedarf der Wandkonstruktionen – 80 cm zu 45 cm – kann im Rahmen der Wirkungsbilanz nicht erkennbar gemacht werden, wohl aber in einer daran anschließenden Auswertung.

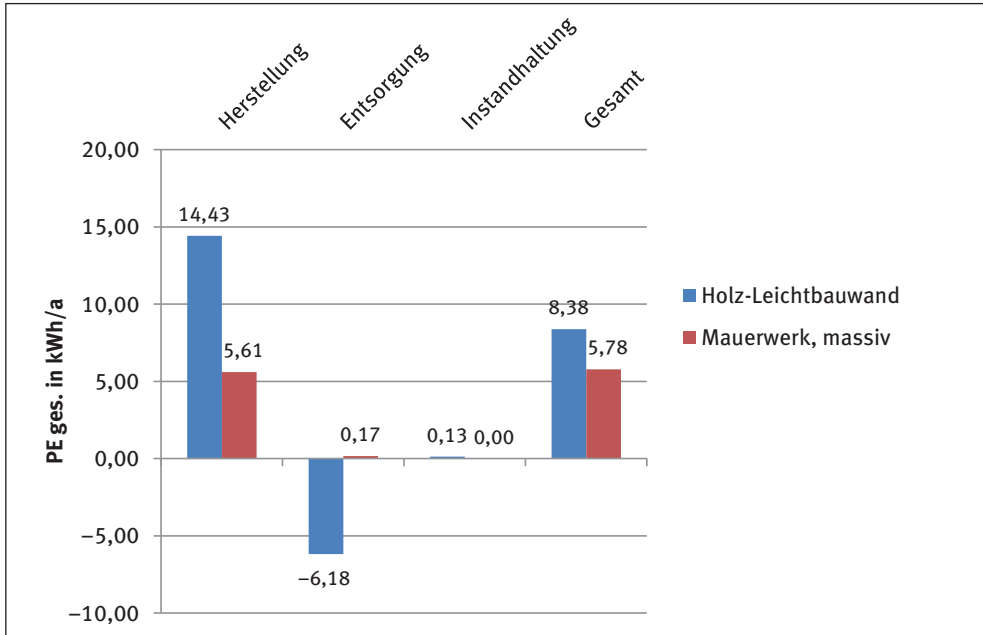


Bild 3.20: Primärenergieaufwand (PE gesamt) je nach Wandkonstruktion bei 50 Jahren Lebensdauer (je 1 m² und Jahr)

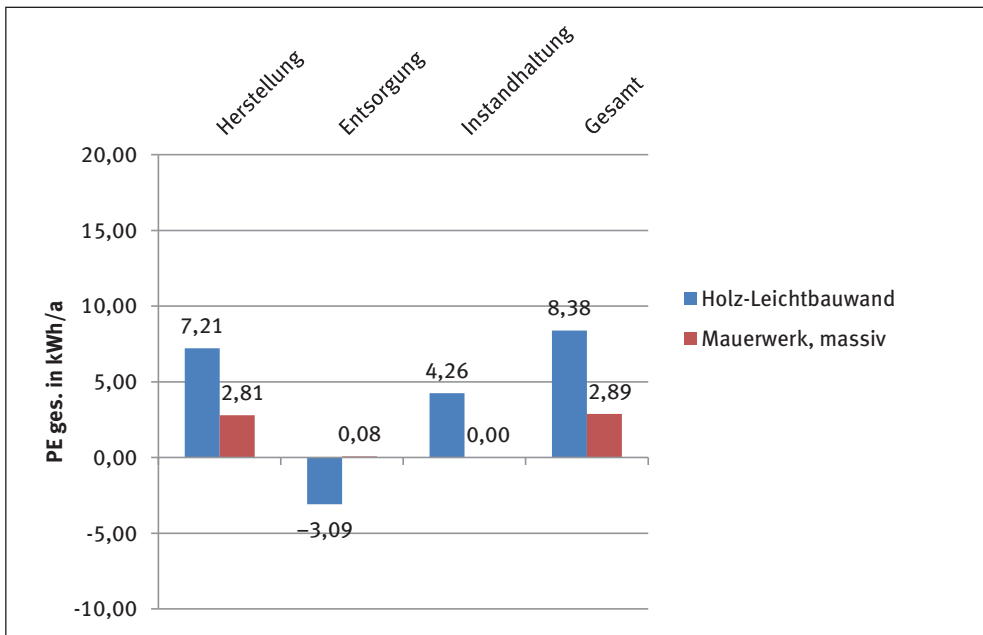


Bild 3.21: Primärenergieaufwand (PE gesamt) je nach Wandkonstruktion bei 100 Jahren Lebensdauer (je 1 m² und Jahr)

3.4 Bewertung der Nachhaltigkeit von Prozessen des Facility Managements

3.4.1 Definition von Facility Management

Facility Management (FM) hat große Schnittmengen zum oben definierten Lebenszyklus-Management: Es stellt die Nutzbarkeit von Gebäuden sicher, achtet dabei auf Ressourcen- und Umweltschonung und betrachtet – im Idealfall – bei allen Entscheidungen die Auswirkungen im Lebenszyklus der „Facility“, d. h. des Gebäudes bzw. seiner technischen Anlagen. Dazu kommt im FM jedoch noch die Erbringung von Dienstleistungen ohne Gebäudebezug – z. B. Catering – zur Unterstützung der Primärprozesse eines FM-Kunden.

DIN EN 15221-1 (2006) definiert Facility Management folgendermaßen:

MERKE

Facility Management ist ein „integrierter Prozess zur Unterstützung und Verbesserung der Wirksamkeit der Hauptaktivitäten einer Organisation durch das Management und die Erbringung von für die entsprechende Umgebung vereinbarten Unterstützungsleistungen, soweit sie erforderlich sind, um die sich ändernden Ziele der Organisation zu erreichen“.

Gemäß DIN EN 15221 ist FM also auf den Bedarf einer Organisation an Prozessen zur Unterstützung ihrer Hauptaktivitäten (Primärprozesse) bezogen, der durch das Erbringen von Facility Services (Sekundärprozesse), z. B. durch das Betreiben von Gebäuden, befriedigt wird, vgl. Bild 3.22. Dabei kann die Erbringung der Facility Services sowohl extern durch FM-Dienstleister als auch intern, d. h. durch einen Teil der beauftragenden Organisation erfolgen.

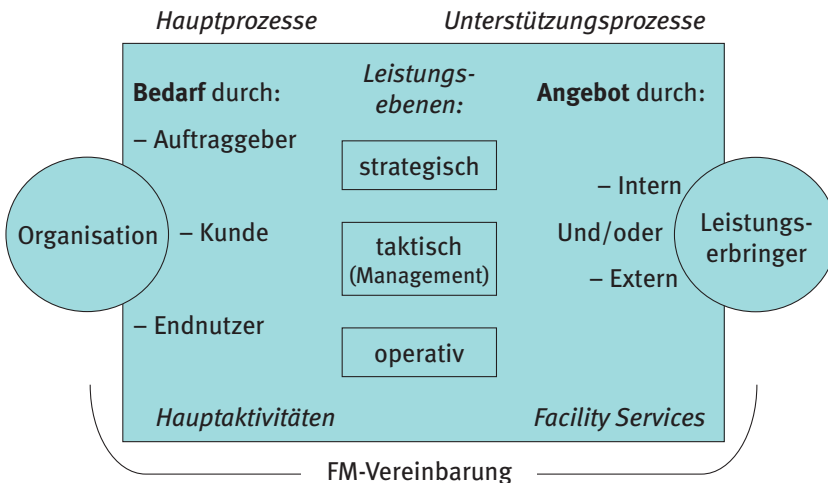


Bild 3.22: Facility Services zur Unterstützung der Hauptaktivitäten des FM-Kunden nach DIN EN 15221

Die vom Facility Management auf strategischer, taktischer und operativer Ebene erbrachten Facility Services umfassen während der Nutzungsphase die in Tabelle 3.19 gezeigten Dienstleistungen (detaillierte Auflistung, vgl. Tabelle 3.3).

Tabelle 3.19: Tätigkeiten des Facility Managements während der Nutzungsphase

6.000 BETRIEB & NUTZUNG	6.100 Objektbetrieb managen
	6.200 Arbeitsstätten bereitstellen (z. B. Flächenmanagement)
	6.300 Objekte betreiben (inkl. Instandhaltung)
	6.400 Objekte ver- und entsorgen (z. B. Energie, Wasser)
	6.500 Objekte reinigen & pflegen
	6.600 Objekte schützen & sichern
	6.700 Objekte verwalten
	6.800 Support bereitstellen (z. B. Catering)
	6.900 Projekte in LzPh. 6 durchführen (z. B. Umbauten)

3.4.2 GEFMA-Richtlinie 160 – Nachhaltigkeit im Facility Management

So wie Lebenszyklus-Management eine große Schnittmenge mit FM aufweist, ist auch die Nachhaltigkeit im FM eng verknüpft mit der Nachhaltigkeit eines Gebäudes sowie der nachhaltigen Unternehmensführung. Als sich im Jahr 2012 Vertreter von Gebäudeeigentümern, FM-Dienstleistern, Beratern und Forschern im GEFMA-Arbeitskreis Nachhaltigkeit zusammenfanden, herrschte jedoch Einigkeit darüber, dass eine Systematisierung von Nachhaltigkeit im FM von der Nachhaltigkeit eines Gebäudes oder Unternehmens abgegrenzt werden solle. Entsprechend beziehen sich die nachfolgenden Darstellungen jeweils ausschließlich auf die Prozesse des FM.

Aber auch bei den Prozessen des FM sind Überlegungen zur Zuordnung der Verdienste um die Nachhaltigkeit angebracht: Kann beispielsweise Ressourcen schonend gereinigt werden, wenn dies vom „Besteller“ der Facility Services nicht explizit beauftragt wurde? Ist der Facility Manager daran schuld, wenn die Nutzer der Immobilie nicht „mitspielen“, z. B. keine Mülltrennung vornehmen?

Das Zusammenwirken von verschiedensten Akteuren prägt jegliche Aktivität von FM. In einem Shopping-Center wären das z. B.: Auftraggeber (Centermanager), Flächen-Nutzer (Ladenmieter) und schließlich Endnutzer (der einkaufende Kunde), des Weiteren verschiedene Mitarbeiter der Organisationseinheit, die die Facility Services erbringt. In einer konkreten Bewertung der Nachhaltigkeit im FM ist dieses Zusammenwirken von Akteuren, Facility und Facility Managern entsprechend zu berücksichtigen, vgl. Bild 3.23.

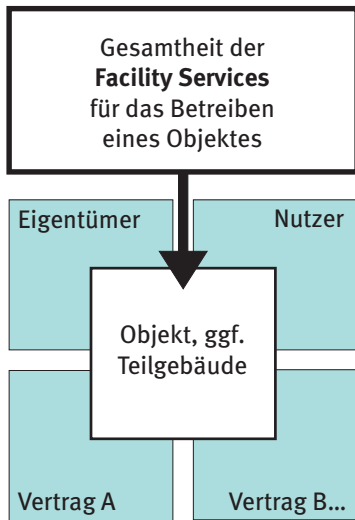


Bild 3.23: Facility Services als Bewertungsgegenstand bei Nachhaltigkeit im FM (gemäß GEFMA 160)

Themenfelder der Nachhaltigkeit im FM

Analog zum branchenübergreifenden, internationalen Verständnis von Nachhaltigkeit sind auch in der GEFMA 160 die Themenfelder Ökologie, Ökonomie und Soziokulturelles aufgegriffen worden. Darüber hinaus wurden Querschnittsthemen wie die Betriebs- bzw. Personalstrategie, Ablauforganisation, Dokumentation und Berichtswesen sowie Beschaffung zum Themenfeld „**FM-Organisation**“ gebündelt. Den schon bestehenden Status quo in der auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Erbringung einzelner Facility Services bildete man schließlich in einem fünften Themenfeld ab: „Nachhaltigkeit im Detail verschiedener Facility Services“, vgl. Bild 3.24.

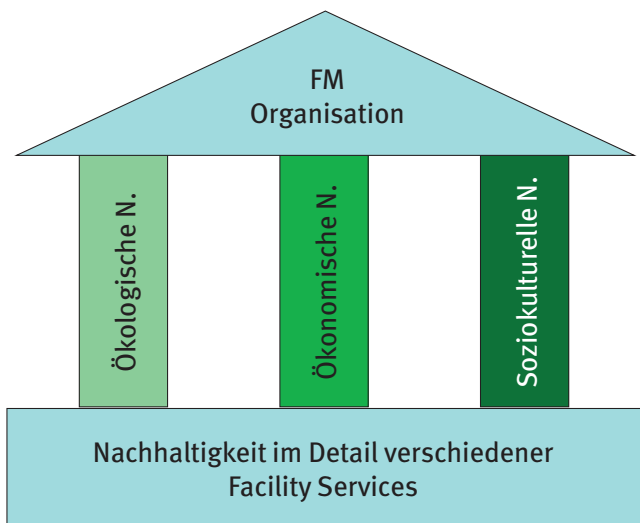


Bild 3.24: Dimensionen von Nachhaltigkeit im FM gemäß GEFMA 160

Jedes Themenfeld beinhaltet Kriterien, die im Anhang von GEFMA 160 hinsichtlich der Zielsetzung und zu beachtender Aspekte genauer erläutert werden. Tabelle 3.20 zeigt einen Auszug.

Tabelle 3.20: Nachhaltigkeit im FM – Kriterium Nutzungskostenmanagement aus GEFMA 160

<p>2.1 Nutzungs- kosten- manage- ment</p>	<p>Ziele</p>	<p>Die ökonomische Qualität von Gebäuden wird im Wesentlichen von ihren Lebenszykluskosten (respektive den zugehörigen Erträgen) bestimmt. Für den Gebäudebetrieb sind die Kosten im Laufe der Nutzungs- und Bewirtschaftungsphase von Bedeutung (Nutzungskosten). Um hier einen Abgleich mit Benchmarks (intern und/oder extern) vornehmen und mögliche Potenziale der Kostenoptimierung erschließen zu können (Kostencontrolling), ist eine möglichst exakte Kenntnis der tatsächlichen Ist-Kosten des Gebäudebetriebs unerlässlich.</p> <p>Die Zielsetzung geht dabei über eine reine Kostenreduzierungsstrategie hinaus, da entsprechende Maßnahmen und Veränderungen stets der Randbedingung einer angemessenen Nutzbarkeit und Qualität der Nutzung unterworfen sind. Zu beachten ist auch, dass die entsprechenden Kosten maßgeblich bereits durch die Konzeptions- und Planungsphase eines Gebäudes beeinflusst werden, wodurch die Möglichkeiten der Einflussnahme im Rahmen der Betriebsphase eingeschränkt werden können.</p>
	<p>Aspekte</p>	<p>Basis eines Nutzungskostencontrollings ist die Kenntnis bzw. Feststellung des Ist-Zustands der Nutzungskosten. Auf Basis dieser Nutzungskostenermittlung können in einem zweiten Schritt ein Abgleich mit internen und ggf. externen Benchmarks und erforderlichenfalls steuernde Eingriffe, d. h. Maßnahmen zur Optimierung der Nutzungskosten abgeleitet werden.</p> <p>Qualitätsbestimmende Merkmale des Nutzungskostencontrollings sind daher:</p> <ul style="list-style-type: none"> Methodik zur Feststellung des Ist-Zustands Methodik des Benchmarking Methodik zur Identifikation von Optimierungsmaßnahmen

3.4.3 Bewertung gemäß GEFMA 160

Aufbauend auf der Richtlinie GEFMA 160 kann man eine Kriterien-gestützte, objektive Bewertung der Nachhaltigkeit von Facility Services vornehmen. Dafür wurden Kriterien-steckbriefe für alle 24 in GEFMA 160 benannten Kriterien mit Indikatoren und konkreten Angaben zu deren Erhebung erarbeitet.

Je Kriterium können maximal 100 Punkte erlangt werden. Die den Punkten entsprechenden Erfüllungsgrade (in %) je Kriterium werden mit Gewichtungsfaktoren multipliziert und anschließend zu einem Gesamterfüllungsgrad in Prozent aufaddiert, vgl. Bild 3.25.

Bewertungsgegenstand ist dabei die Summe aller für die Gebäudenutzung erforderlichen Facility Services. Diese werden anhand der in GEFMA 160-1 definierten Indikatoren bewertet. Somit fungiert das Gebäude als Systemgrenze.

	Nr.	Kriterium	Gewichtungs- faktor	% Kriterium	% Gruppe
Ökologie	1.1	Energiemanagement	3	7,5%	20%
	1.2	Wassermanagement	1	2,5%	
	1.3	Entsorgungsmanagement	2	5,0%	
	1.4	Havariemanagement	2	5,0%	
Ökonomie	2.1	Nutzungskostenmanagement	3	20,0%	20%
Soziokulturelles	3.1	Nutzerzufriedenheitsmanagement	2	4,0%	20%
	3.2	Stör- und Beschwerdemanagement	2	4,0%	
	3.3	Rechtskonformität *	1	2,0%	
	3.4	Raumluft- und Trinkwasserqualität	2	4,0%	
	3.5	Gebäudesicherheitsmanagement	2	4,0%	
	3.6	Arbeitssicherheitsmanagement *	1	2,0%	
FM-Organisation	4.1	Betriebsstrategie	2	4,0%	20%
	4.2	Personal-Konzept, -Einsatz, u.a.	1	2,0%	
	4.3	Ablauforganisation/Prozesse	2	4,0%	
	4.4	Dokumentation und Berichtswesen	2	4,0%	
	4.5	Beschaffung	3	6,0%	
Details der Services	5.1	Flächenmanagement	2	2,5%	20%
	5.2	Betreiben nach 32736	3	3,8%	
	5.3	Instandhaltung nach DIN 31051	2	2,5%	
	5.4	TGM Projekte (Umbau, u. a.)	1	1,3%	
	5.5	Reinigung	3	3,8%	
	5.6	Außenanlagen inkl. Winterdienst	2	2,5%	
	5.7	Catering	2	2,5%	
	5.8	Security	1	1,3%	
				100,0%	100%

* K.O. Kriterium (> 0 Punkte)

Bild 3.25: Bewertungskriterien aus GEFMA 160

Die meisten der 24 Kriterien aus GEFMA 160 werden nach dem Konzept eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP) analysiert, das auch in DIN 50001 zur Zertifizierung des Energiemanagements Anwendung findet. Der KVP wird unterteilt in die Phasen: Plan-Do-Check-Act.

BEISPIEL

Nutzungskostenmanagement (Auszug aus GEFMA 160-1)

1. Konzept zum Nutzungskostenmanagement (Plan)

Es wird bewertet, ob für das Gebäude und seine Nutzungs- und Betriebsphase ein Konzept zum Nutzungskostenmanagement vorliegt oder erstellt wird, in dem die Struktur der Nutzungskosten des Gebäudes und insbesondere das beabsichtigte Monitoring von Nutzungskosten beschrieben und adressiert wird. Dazu zählt eine Konzeption bzgl. Intervallen, Umfang und Detaillierungsgrad der Erfassung von Nutzungskosten.

2. Nutzungskostenermittlung (Do)

Bewertet wird die tatsächliche Umsetzung der Festlegungen des Konzepts zum Nutzungskosten-Controlling aus Indikator 1. Dazu zählen:

- Intervalle/Häufigkeit der Nutzungskostenermittlung: Im Idealfall erfolgt eine automatisierte Datenerfassung, die Nutzungskosten permanent erhebt und für Auswertungen zur Verfügung stellt.
- Umfang und Detaillierungsgrad/Methodik der Nutzungskostenermittlung: Kostengliederungsstruktur bzw. erfasste Elemente der Nutzungskosten

3. Soll-Ist-Nutzungskosten-Abgleich (Check)

Es erfolgt eine zeitraumbezogene (zeitlicher Längsschnitt) oder Portfolio-orientierte (Portfolio-Querschnitt) Gegenüberstellung von Nutzungskosten des Gebäudes (internes Benchmarking). Zur Zuordnung einer Bewertung können die Nutzungskosten entweder einer zeitlichen Baseline oder einem Querschnitt über ein Portfolio als Vergleichsgrundlage und Benchmark gegenübergestellt werden.

Die zeitliche Baseline wird als **arithmetisches Mittel der letzten 2 Jahre** bezogen auf den aktuellen Betrachtungszeitpunkt und für den relevanten Monitoring-Zeitraum berechnet. Damit erfolgt eine turnusmäßige Anpassung der Baseline. Der Portfolio-Querschnitt ist über eine exakt zu definierende Grundgesamtheit an Objekten/Gebäuden gebildet.

Die Nutzungskosten sind auf die Bruttogrundfläche (BGF) zu beziehen. Für verbrauchsgebundene Nutzungskostenarten (Energie, Wasser) sind die Randbedingungen der entsprechenden Steckbriefe (Nr. 1.1 Energie, Nr. 1.2 Wasser) hinsichtlich Witterungs- und Klimabereinigung, Leerstandsdaten und Nutzungszeiten/Belegungsdichte bzw. Vollzeitäquivalenten zu beachten.

Zusätzlich wird positiv bewertet, wenn die Ergebnisse des internen Benchmarkings mit externen (generischen) Benchmarks von Objekten/Gebäuden vergleichbarer Eigenschaften und Nutzungsart abgeglichen werden. Die Ergebnisse dieses Abgleichs sind zu dokumentieren, auszuwerten und etwaige Abweichungen von den externen Benchmarks zu begründen.

Wichtige Hinweise:

- *Die Bewertung des Indikators 3 insgesamt erfolgt ausdrücklich nicht auf Basis der absoluten Höhe der Nutzungskosten eines Zertifizierungsobjekts im Vergleich mit den externen (generischen) Benchmarks.*
- *Externe Einflüsse (exogene Faktoren) auf die Entwicklung der Nutzungskosten, die weder mittel- noch unmittelbar von den Akteursparteien der Nutzungs- und Betriebsphase (Eigentümer, Betreiber, Nutzer) beeinflusst werden können, dürfen bei der Bewertung des Indikators 3 berücksichtigt werden. Sie können bei der Nutzungskostenermittlung und dem internen Benchmarking neutralisiert werden, sofern die Hintergründe entsprechend dargelegt werden.*

Nutzungskostenoptimierung (Act)

- Umfang des betrachteten Maßnahmen-Portfolios
- Art der Maßnahmenprüfung und -auswahl

Die Kontrolle der Maßnahmeneffektivität erfolgt im Rahmen des zeitlich nächsten PDCA-Zyklus (Rezertifizierung).

Wie das Beispiel zum Kriterium Nutzungskostenmanagement zeigt, werden auch für die – wenigen – quantitativen Kennwerte keine absoluten Zielvorgaben gemacht, sondern Entwicklungen über die Jahre abgefragt. Eine positive Entwicklung der Nutzungskosten wäre demnach eine Verringerung um mehr als 1 %. Um sicherzustellen, dass die bewertete Veränderung nicht durch externe Effekte, sondern tatsächlich durch ein auf Nachhaltigkeit ausgerichtetes FM bewirkt wurde, muss in der Erhebung ausgewiesen werden, ob sich Leerstandsrate, Nutzungszeiten, Nutzeranzahl (als Vollzeitäquivalent) und Belegungsdichte verändert haben. Weitere quantitative Indikatoren gibt es in den Kriterien Energie-, Wasser- und Entsorgungsmanagement.

Bild 3.26 zeigt auf, wie eine qualitative Abstufung für die Bewertung in GEFMA 160-1 eingesetzt wird.

4. Nutzungskostenoptimierung (Act)	
	Indikatorenpunkte
Bei der Identifikation von Optimierungsmaßnahmen werden alle Bereiche des Facility Management einbezogen. Die Maßnahmenprüfung und -auswahl erfolgt auf Basis einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Es werden nachweislich auch ökologische und soziokulturell-funktionale Aspekte der Maßnahmen berücksichtigt. In Folgeperioden wird eine quantitative Kontrolle der Effektivität <u>aller</u> umgesetzten Maßnahmen vorgenommen.	20
Bei der Identifikation von Optimierungsmaßnahmen werden alle Bereiche des Facility Management einbezogen. Eine Maßnahmenprüfung und -auswahl erfolgt auf Basis einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Es werden nachweislich auch ökologische oder soziokulturell-funktionale Aspekte der Maßnahmen berücksichtigt. In Folgeperioden wird eine quantitative Kontrolle der Effektivität <u>ausgewählter</u> umgesetzter Maßnahmen vorgenommen.	15
Bei der Identifikation von Optimierungsmaßnahmen werden explizit nur die Bereiche Bauliches & Technik einbezogen. Eine Maßnahmenprüfung und -auswahl erfolgt allein auf Basis einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.	10
Es wird keine Optimierungsstrategie im engeren Sinne verfolgt. Optimierungsmaßnahmen werden bei signifikanten Unregelmäßigkeiten vorgeschlagen.	5
Es wird keine Optimierungsstrategie verfolgt.	0
Hinweis: - Ansetzbare Optimierungen dürfen nicht länger als 2 Jahre zurückliegen (Re-Zertifizierungszeitraum) - Bei Erreichen der Maximalpunktzahl aller übrigen Indikatoren ist der Indikator 4 automatisch mit 20 Indikatorenpunkten zu bewerten.	

Bild 3.26: Beispiel für Indikatorenpunkte in GEFMA 160

3.4.4 Weitere Standards zur Bewertung von Nachhaltigkeit im Gebäudebetrieb

Die umfassende Bewertung von Nachhaltigkeit im Facility Management ist – Stand 2016 – bisher einzigartig. Daher gab es seitens der europäischen FM-Verbände ein Interesse an der Orientierung am Deutschen Standard, weshalb eine englische Version erstellt wurde.

Im Rahmen der Nachhaltigkeitszertifikate für Bestandsgebäude gibt es jedoch Standards, die ähnlich vorgehen, z. B. das **BNB-System-Modul Nutzen und Betreiben** (BNB_BB, Entwurf, Stand 2012, (BMUB Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit 2012)). Es weist Kriterien in den Themenfeldern Ökologie und Prozessqualität auf, vgl. Tabelle 3.21.

Tabelle 3.21: Kriterien gemäß BNB_BB (Bürogebäude, Nutzen und Betreiben)

Themengruppe	Nr.	Kriteriensteckbrief
Ökologische Qualität	1.1.1	Tatsächliche Treibhausgasemission infolge Heizenergie/ Stromverbrauch
	1.2.1	Tatsächlicher Energieverbrauch infolge Heizenergie/ Stromverbrauch
	1.2.2	Tatsächlicher Trinkwasserverbrauch
Soziokulturelle Qualität	3.1.9	Tatsächliche Nutzerzufriedenheit

Themengruppe	Nr.	Kriteriensteckbrief
Prozessqualität	5.3.1	Nutzerzufriedenheitsmanagement
	5.3.2	Management der Energie- und Wasserverbräuche
	5.3.3	Nutzungskostencontrolling
	5.3.4	Inspektion, Wartung und Verkehrssicherung
	5.3.5	Umwelt- und gesundheitsverträgliche Reinigung
	5.3.6	Technische Betriebsführung und Qualifikation des Betriebspersonals
	5.3.7	Lebenszyklusbegleitende Objektdokumentation
	5.3.8	Information und Motivation der Nutzer

Des Weiteren gibt es Zertifikate für Bestandsgebäude mit einigen Kriterien zum Gebäudebetrieb z. B. von DGNB, LEED und BREEAM.

3.4.5 Beispiel für eine Bewertung

3.4.5.1 Nachhaltigkeit im Facility Management der Commerzbank-Arena in Frankfurt

Die Commerzbank-Arena erhielt im Februar 2016 die Zertifizierung nach GEFMA 160: Nachhaltigkeit im Facility Management. Herr Henning Enste (Geschäftsführer der Stadion Frankfurt Management GmbH) hat diesen Prozess aus Sicht des Gebäudebetreibers begleitet, verantwortliche GEFMA-Auditorin war Frau Annelie Casper, Mitarbeiterin von Bilfinger HSG Facility Management GmbH. Die unabhängige Prüfung aller eingereichten Dokumente auf Konformität mit den Zertifizierungsregeln erfolgte durch DGNB.



Quelle: Stadion Frankfurt Management GmbH

Bild 3.27: Commerzbank-Arena, Frankfurt am Main

Steckbrief Commerzbank-Arena:

Adresse: Mörfelder Landstraße 36, 60528 Frankfurt am Main

Baujahr: 1925, Generalsanierung von 07/2002-10/2005

Größe: 51 500 Zuschauer bei Fußballveranstaltungen, inkl. 9 300 Stehplätzen

Nutzung: ca. 300 Veranstaltungen pro Jahr, davon 30 Großveranstaltungen

Beispielhaft werden hier die Ergebnisse in den Kriterien Energie- und Wassermanagement vorgestellt.

• **Energiemanagement**

In der Commerzbank-Arena ist seit 2011 das Energiemanagement-System „enerlutec“ im Einsatz. Neben der Erfassung von Verbrauchsdaten unterschiedlichster Medien bietet das System auch grafische Analysen und Auswertungsmöglichkeiten. Ein Beispiel für die regelmäßigen Auswertungen aus dem System zeigt Bild 3.28.

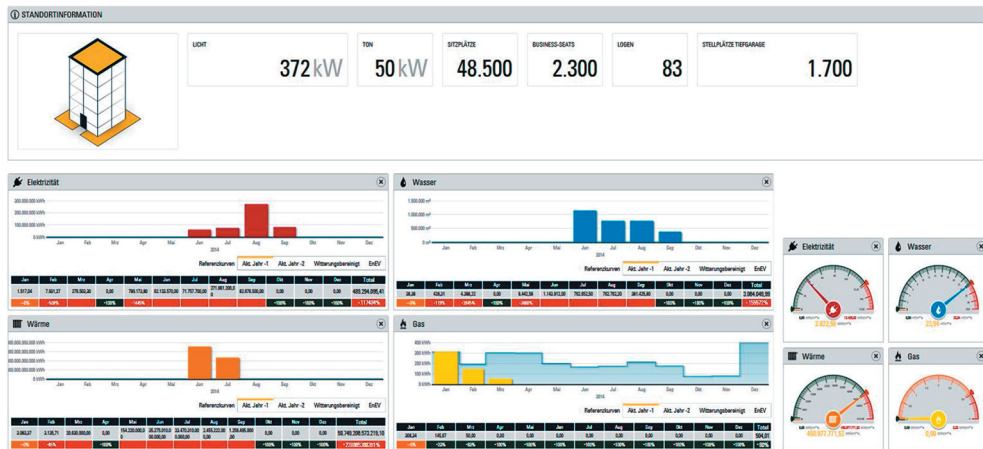


Bild 3.28: Grafische Auswertung der gemessenen Daten (enerlutec, Bilfinger, 2015)

Mit enerlutec konnten die größten Energieverbraucher ermittelt werden. Durch Optimierungen, beispielsweise an der Steuerung der Rasenheizung, wurden bereits signifikante Einsparungen erzielt.

BEISPIEL


Rasenheizungssteuerung:

- Erweiterung der Steuerung durch dynamische Echtzeit-Datenauswertung
- Steuerung typischer Systemparameter durch dynamische Anpassung an den Trend der Graswurzeltemperatur (ideal sind 14 °C Wurzeltemperatur)
- Implementierung eines effektiven Kontroll-Algorithmus
- Koordination der Variablen: Zulufttemperatur und Heizungsdauer

- Witterungs- und Vorhersage-abhängige Beheizung (vorrangig nachts)
- Ausnutzen der thermischen Trägheit des Rasens

Durch die Anpassung der Steuerung konnte nicht nur der Energieverbrauch gesenkt werden, sondern diese Maßnahme hatte auch einen positiven Einfluss auf die Qualität und Lebensdauer des Rasens.

Zur Vorbereitung der Zertifizierung nach GEFMA 160 hat die GEFMA-Auditorin Annelie Casper, Mitarbeiterin der Bilfinger HSG Management GmbH, für jeden Indikator der 22 Kriterien (Nutzerzufriedenheitsmanagement und Flächenmanagement wurden nicht bewertet) eine Vorbewertung erarbeitet und entsprechende Belege zusammengestellt, vgl. Bild 3.29.


BILFINGER

Anlage zu 2.1 Energie-Monitoring (Do) **erreicht werden 20 IP**

Es erfolgt ein permanentes Monitoring von Energieverbrauchswerten. Für das Monitoring werden das System Enerlutec sowie ein GLT-System eingesetzt. Hierfür liegen Screenshots und der Jahresenergiebericht als Nachweise vor.

Der Nachweis zur Berechnung von CO₂-Äquivalenten ist die Umrechnung der Daten für Diesel, Benzin und Heizöl (Nachweis CO₂-Zertifikat).
Im Verteilungsschema ist die gebäudebedingte Datenerhebung ersichtlich.
Der Nutzungsbereich mit zugeordneten Kosten geht aus der aktuell vorliegenden Verbrauchsdatenerfassung hervor.
Ein beispielhafter Auszug der Unterlagen über die Verbrauchsdatenerfassung und Auswertung der Medien Strom, Wärme und regenerative Energien ist monatlich vorhanden. Über das neu eingesetzte Programm Enerlutec können die Daten im 15-minütigen Rhythmus aufgenommen und ausgewertet werden (*CoBaA_Smart_Arena_Frankf_FINAL (S. 13,14)*). Zudem werden die Verbrauchsparameter grafisch ausgewertet.

- *CoBaA_Jahresbericht 2015_Energie*
- *CoBaA_CO2-Zertifikats*
- *CoBaA_Verteilungsschema_Strom_Wasser_Wärme_Lüftung*
- *CoBaA_Aktuelle_Verbrauchsdatenerfassung_Auszug*
- *CoBaA_Smart_Arena_Frankf_FINAL (S. 13,14, 24)*
- *CoBaA_CounterReport_gesamte_Zählerstruktur_2015_gekürzt*
- *CoBaA_Enerlutec_Monitoring1*
- *CoBaA_Enerlutec_Monitoring2*
- *CoBaA_Enerlutec_Monitoring3*
- *CoBaA_Enerlutec_Monitoring4*

Die Energiedaten werden um Klimadaten bereinigt. Der exemplarische Nachweis für die Klimabereinigung wird in dem Dokument Smart Arena geführt.

Da alle Bewertungsanforderungen erfüllt werden, schlagen die Auditoren eine Bewertung des Indikators mit 20 Indikatorenpunkten vor.

Quelle: Bilfinger HSG, 2015

Bild 3.29: Ausschnitt aus dem Bewertungsvorschlag der GEFMA-Auditorin Casper für das Energiemanagement in der Commerzbank-Arena

Obwohl das Energiemanagement einen hohen Stellenwert in der Bewirtschaftung der Commerzbank-Arena einnimmt, gibt es noch etwas Potenzial, um in der Bewertung nach GEFMA 160 die volle Punktzahl zu erreichen. Konkret wies der Vergleich der bereinigten Energieverbrauchsdaten mit dem Mehrjahresdurchschnitt der Arena einen stagnierenden Trend auf (d. h. plus/minus 1 %).

Dies hatte u. a. mit einer größeren Anzahl von Großveranstaltungen zu tun, wodurch die oben beschriebenen Verbesserungen „neutralisiert“ wurden²⁰. Entsprechend konnten 10 von maximal 20 Punkten erreicht werden. Zudem gab es zwar verschiedene, aber unregelmäßige Energieinspektionen, was im Indikator 1.1.2.2 – Energieanalyse zum Erreichen von 5 der maximal 10 Punkte führte, vgl. Bild 3.30.

1.1 Energiemanagement		erreichbar	erreicht
1.1.1 Energie-Konzept	Mess- und Zählkonzept: – Zuordnung Zähler zu Energieart/-träger – Abgegrenzte Bereiche im Mess- und Zählkonzept – Intervalle der Verbrauchsdatenerfassung und -auswertung	20	20
	Darstellung des objektspezifisch zugrunde liegenden Prozesses des Energiemanagements: – Zuständigkeiten – Auswertungen bzw. Auswertegrößen – Meldungen/Berichte/etc.		
	Beschreibung der Gebäudenutzung: – Kurzbeschreibung des Gebäudes und seiner Charakteristika – Beschreibung der Nutzungsart(en) – Beschreibung nutzerspezifischer Besonderheiten für das Energiemanagement		
	Eskalationsregel: – Beschreibung eines erweiterten Prozesses des Energiemanagements im Kontext weitreichender/übergeordneter Veränderungen oder Verbesserungspotentiale bei Gebäude-/Anlagensubstanz, der Gebäudenutzung, etc.		
1.1.2.1 Energie-Monitoring	Permanentes Energiemonitoring von Energieverbrauchswerten unter Nutzung von GA-Systemen und CAFM-Systemen. Strukturierte Datenerhebung nach: – Gebäudebedingt vs. Nutzungsbedingt – Energieträger – Anwendungsbereich/Verbrauchsparameter – Nutzungsbereich (Kostenstelle) – Berechnung von CO ₂ -Äquivalenten Ergänzung der Verbrauchsdatensätze um Klimadaten	20	20
1.1.2.2 Energie-Analyse	Es erfolgen regelmäßige Energieinspektionen durch den zuständigen Energiemanager (mindestens jährlich). Die Energieinspektionen umfassen ausdrücklich die Identifikation von Verbesserungspotentialen.	10	5
1.1.3.1 Benchmarking	Trend der Energieverbräuche (sinkend, stagnierend, steigend)	20	10
1.1.3.2 Maßnahmen Check	Die im Rahmen der Energie-Analyse (Indikator Energie-Analyse) identifizierten Verbesserungspotentiale werden nachweislich vollständig aktiviert.	10	10
1.1.4.1 Verbesserungsmaßnahmen	Die Ergebnisse des Energiemonitorings und Energiecontrollings werden mindestens jährlich in einem Bericht gebündelt. Dieser umfasst auch graphische Auswertungen und Analysen sowie bewertete Vorschläge konkreter Verbesserungsmaßnahmen . Die Identifikation, Bewertung und Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen erfolgt auf Basis einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bzw. Amortisationszeiten. Es werden nachweislich auch ökologische und soziokulturell-funktionale Aspekte der Maßnahmen berücksichtigt.	20	20
		100	85

Bild 3.30: Übersicht über erreichte Punkte im Kriterium Energiemanagement der GEFMA 160-Zertifizierung der Commerzbank-Arena (Stand 2016)


20 Die Bewertung nach GEFMA 160 unterscheidet in der Systemvariante Veranstaltungsgebäude – Typ Stadion die Kennwerte je nachdem, ob Veranstaltungen stattfinden oder das Stadion im „Leerlauf“ betrieben wird (On/Off). Eine weitere Unterscheidung nach Veranstaltungsart oder -größe wird nicht vorgenommen, weil die jeweiligen Verbrauchstreiber sehr heterogen sind. Beispielsweise sind die Fernsehübertragungswagen extreme Energieverbraucher (Stand 2016).

- **Wassermanagement**

Im Kriterium Wassermanagement konnten 90 von 100 Punkten erzielt werden. Wiederum folgt die Bewertung dem kontinuierlichen Verbesserungsprozess (Plan-Do-Check-Act) im Wassermanagement der Commerzbank-Arena. Ausgangspunkt ist die Planung eines nachhaltigen Gebrauchs der Ressource Wasser: (Auszug aus GEFMA 160-1, S. 12)

„Es wird überprüft, ob für das Gebäude bzw. seine Betriebs- und Nutzungsphase ein Konzept vorliegt, das objektspezifisch den nachhaltigen Umgang mit der Ressource Wasser beschreibt und die Aspekte der Ressourcenschonung und des Erhalts der Wasserqualität und Leitungsinfrastruktur zu einem Ausgleich bringt. Außerdem soll darin der objektspezifische Ansatz zum Monitoring des Wassergebrauchs (Messeinheiten/-stellen, Gebrauchsarten, etc.) dargelegt werden.“

Der Nachweis hierfür findet sich im Objekthandbuch der Firma Bilfinger. Für die Konformitätsprüfung der Bewertung nach GEFMA 160 müssen die relevanten Teile des Dokumentes farblich markiert sein, vgl. Bild 3.31. Als weitere Nachweise dienen das Zäblerschema sowie der Jahresenergiebericht (umfasst alle Medien, inkl. Wasser).

Objekthandbuch Commerzbank-Arena	 BILFINGER
<p>Die Außenanlage des Stadions ist ein Naherholungsgebiet. Außerhalb des Spielbetriebs ist das Außengelände öffentlich zugänglich und kann von jeder Person zum Ausruhen, Erholen und zur sportlichen Betätigung, genutzt werden.</p>	
<p>Außerdem gehören Teile der Außenanlage zu einem Wasserschutzgebiet, das als natürliches Trinkwasserreservoir dient. In Wasserschutzgebieten gelten besondere Gesetze, Richtlinien und Verordnungen, die sich mit dem Schutz eines solchen Gebietes befassen.</p>	
<p>Die umliegenden Waldgebiete gehören zum Stadtwald und fallen unter die Zuständigkeit des Forstamtes. Das Forstamt prüft, ob die Sicherheit für Personen gewährleistet ist. Ist ein Baum marode bzw. abgestorben und dadurch verfault, gibt das Forstamt den Arbeitsauftrag z.B. einen unsicheren Baum zu entfernen.</p>	
<p>Da das Stadion in einem Wasserschutzgebiet liegt, muss mit der Ressource Wasser besonders sorgsam umgegangen werden. So wurden im Stadion zwei Zisternen eingebaut, diese sind miteinander verbunden. Eine Zisterne hat ein Speichervolumen von 150m³. So kommt man auf ein gesamtes Speichervolumen von 300m³. Von den Zisternen werden die Trainingsplätze im Außenbereich, der Fußballplatz im Stadion und die Toiletten mit Wasser versorgt. Die Zisternen werden über eine Trinkwasser- und Regenwasserversorgung gefüllt. Wenn der Füllstand der Zisterne zu niedrig ist wird sie mit Trinkwasser gefüllt. Bei Regen wird das herabfallende Wasser, auf dem Dach der Arena zu ca. 50% aufgefangen und in die Zisternen geleitet um sie zu befüllen.</p>	

Quelle: Bilfinger, Objekthandbuch, Stand 2015

Bild 3.31: Beleg zum nachhaltigen Wassergebrauchskonzept

3.4.5.2 Interview mit Henning Enste, Geschäftsführer der Stadion Frankfurt Management GmbH

Was waren Ihre Beweggründe, diese Zertifizierung vorzunehmen?

Enste:

Für die Stadion Frankfurt Management GmbH – Betreibergesellschaft der Commerzbank-Arena – war die Auseinandersetzung mit dem nachhaltigen Immobilienbetrieb nicht neu. Seit Betriebsübernahme im Jahr 2005 beschäftigen wir uns damit, die Commerzbank-Arena energieeffizient zu betreiben, und befinden uns daher in einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess, was diese Thematik angeht. So ist die Zertifizierung nach GEFMA 160 auch nicht die erste Zertifizierung gewesen, der wir das Gebäude mit den entsprechenden Prozessen unterzogen haben. Wir konnten in der Vergangenheit bereits erfolgreich das Ökoprotit-Zertifikat sowie das BREEAM-Zertifikat erlangen.

Gemeinsam mit unserem Stadionpartner Mainova, dem örtlichen Energieversorgungsunternehmen, sind wir bereits vor einigen Jahren dazu übergegangen, Strom aus Wasserkraft und „klimaneutrales“ Gas zu beziehen. Ganz aktuell konnten wir auch über ein Contracting-Modell die Heizungsanlage auf den neuesten Stand der Technik bringen. Darüber hinaus wurde bereits in der Bauphase die Grundlage für den ressourcenschonenden Umgang mit Wasser gelegt. Die Commerzbank-Arena verfügt über zwei Zisternen, die mehrere hunderttausend Liter Regenwasser fassen können. Dieses Brauchwasser wird sowohl für die Toilettenspülungen als auch für die Bewässerung der Spielfelder genutzt.

Bedingt dadurch, dass wir eine städtische Immobilie betreiben – die sich übrigens in einem Wasserschutzgebiet befindet – ist es auch unser Anliegen, gegenüber den Bürgern der Stadt Frankfurt sowie der restlichen Öffentlichkeit zu dokumentieren, dass wir einen verantwortungsvollen Umgang mit Ressourcen befürworten und pflegen. In der Veranstaltungsbranche sind wir bekannt dafür, dass wir bei der Entwicklung von Veranstaltungsformaten gerne eine „Vorreiterrolle“ einnehmen. Insofern war es für uns natürlich interessant als Veranstaltungsstätte, die „Pilotzertifizierung“ nach GEFMA 160 für den Bereich der Spezialimmobilien zu durchlaufen.

Die Abstimmungen im Vorfeld der Zertifizierung liefen über einen Zeitraum von ca. fünf Monaten. Was erschien Ihnen dabei als besonders aufwändig?

Enste:

Gemeinsam mit den Kollegen der Bilfinger HSG Facility Management GmbH als unseren Auditoren haben wir nur ein sehr enges Zeitfenster für die Durchführung des Projektes zur Verfügung gehabt. Der erste Termin in diesem Zusammenhang hat im September 2015 stattgefunden und das Ziel war es, bis zur FM-Messe in Frankfurt im Februar 2016 das Projekt abgeschlossen zu haben. Durch die sehr gute Zusammenarbeit von allen Beteiligten konnten wir diesen ambitionierten Zeitplan auch einhalten. Rückblickend betrachtet können wir daher sagen, dass sich der Dokumentennachweis zur Einreichung der Konformitätsprüfung bei der DGNB für uns als recht zeitintensiv gestaltet hat.

Insgesamt haben Sie ein gutes Bewertungsergebnis erzielt. Nach der bereits vorhandenen Ökoprotit-Zertifizierung war das im Bereich der Umwelt ja zu erwarten gewesen. Gab es in den vier anderen Bereichen Überraschungen für Sie?

Haben Sie beispielsweise durch die Systematik der GEFMA 160 Qualitäten erkannt, die Ihnen zuvor so nicht bewusst gewesen sind?

Enste:

Überraschungen haben wir in diesem Sinne keine erlebt – es freut uns jedoch sehr, dass unser Wassergebrauchswert im absoluten Top-Bereich bei der Bewertung angesiedelt ist. Dies dokumentiert, wie sinnvoll sich der Einsatz der bereits erwähnten Brauchwasseranlage für den Betrieb und die Betriebskosten darstellt. Darüber hinaus konnten wir im Bereich Personalmanagement insbesondere im Hinblick auf die Themen Fluktuation/ Fortbildung der Mitarbeiter „Höchstnoten“ erreichen. Dass wir eine nur sehr geringe Fluktuation bei den Mitarbeitern haben und diese auch kontinuierlich fortbilden, war uns natürlich bekannt. Umso schöner ist es dann, wenn von externen Stellen dies auch entsprechend gewürdigt wird und ebenfalls in die Gesamtbewertung der Commerzbank-Arena einfließt.

Es gibt selbstverständlich immer Möglichkeiten zur weiteren Verbesserung. In welchen Bereichen hat GEFMA 160 für die Commerzbank-Arena Optimierungspotenzial aufgezeigt?

Enste:

Wir haben im Zusammenspiel mit unseren Kollegen der Bilfinger HSG FM, deren Energiemanagement-System (enerlutec) wir nutzen, weitere Ansätze dafür gefunden, wie wir unsere Anlagenlaufzeiten im Bereich der Haustechnik und insbesondere im Bereich der Rasenheizung optimieren können. Abgesehen davon werden wir die Dokumentation von bestehenden Prozessen weiter verbessern, um auch einem internen Know-how-Verlust entgegenwirken zu können. Weiteres Optimierungspotenzial sehen wir im Bereich unserer Veranstaltungspartner, Lieferanten und Dienstleister – dort wollen wir entsprechende Überzeugungsarbeit für den umweltschonenden Einsatz der vorhandenen Ressourcen leisten. Denn nur, wenn in einer so großen Immobilie wie der Commerzbank-Arena alle am Betrieb Beteiligten das gemeinsame Ziel haben, nachhaltig zu arbeiten, kann dieses auch erreicht werden.



Bild 3.32: Henning Enste, Geschäftsführer der der Stadion Frankfurt Management GmbH

3.5 Zusammenfassung Kennzahlen

Die für das Lebenszyklus-Management erforderlichen Kennzahlen beschreiben den Ressourceneinsatz und die Umweltwirkungen der auf Immobilien und ihren Lebenszyklus bezogenen Handlungen bzw. Handlungsalternativen. Basis für alle Vergleiche sind eindeutige **Flächenkennzahlen**. Nach DIN 277: „Flächen im Hochbau“ eignen sich dafür besonders die Bruttogrundfläche (BGF), die Nettoraumfläche (NRF) und die Nutzungsfläche (NUF).

Auch für eine Kostenanalyse werden Systeme zur Abgrenzung der einzelnen Kostenpositionen benötigt: Für die Herstellungskosten von Immobilien werden in Deutschland die Kostengruppen nach **DIN 276**: „Kosten im Hochbau“ verwendet. Die Nutzungskosten (**DIN 18960**) unterscheiden darauf aufbauend die Kosten für Kapital, Objektmanagement, Betrieb und Instandsetzung. Der Deutsche Verband für Facility Management GEFMA e.V. fasst beide Kostengliederungen in der Richtlinie **GEFMA 200**: „Kosten im Facility Management“ entlang von neun Lebenszyklusphasen zusammen.

Für die Analyse des finanziellen Ressourceneinsatzes im Lebenszyklus nutzt man die Methodik der Lebenszykluskosten-Ermittlung. **Lebenszykluskosten** (LzK) fassen Herstellungs- und Folgekosten zusammen, damit Gebäudekonzepte mit hohen Anfangsinvestitionen, z. B. in technische Anlagen zur Energiegewinnung und -speicherung, mit Alternativen verglichen werden können, die zunächst zwar die Herstellungskosten optimieren, in der Folge aber höhere Kosten z. B. für die Energieversorgung aufweisen. Eine Herausforderung bei der Ermittlung von LzK ist die Prognose von Kostenentwicklungen und Instandsetzungsaufwendungen über einen langen Zeitraum hinweg. Bei einer dynamischen LzK-Berechnung wird das Ergebnis zudem von den gewählten Preissteigerungsraten sowie vom Kalkulationszinssatz maßgeblich beeinflusst. Empfehlungen zum Vorgehen finden sich in **GEFMA 220** bzw. im Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (**BNB**) im Kriterium Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus.

Das Vorgehen bei einer **Ökobilanz** (Life Cycle Assessment, **LCA**) wird in der ISO 14040: Umweltmanagement definiert. Nach einer Festlegung von Ziel und Untersuchungsrahmen wird eine Sachbilanz erstellt. Darauf folgen eine Wirkungsabschätzung und schließlich eine Auswertung. CO₂-Emissionen bzw. die Emission von **CO₂-Äquivalenten** finden sich in der Wirkungskategorie „Treibhauspotenzial“ (Global Warming Potential GWP) wieder. Informationen zur Ökobilanz einzelner Baustoffe geben die Environmental Product Declarations (EPD), für Deutschland in der Datenbank „ÖkobaDat“ verfügbar.

Die Prozesse des Facility Managements lassen sich jedoch nicht hinreichend mittels LzK und LCA hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit beschreiben. Daher definiert die GEFMA-Richtlinie 160: **Nachhaltigkeit im Facility Management** 24 Kriterien mit entsprechenden Indikatoren, zur Bewertung. Wie in DIN 50001 zum Energiemanagement eingeführt, wird dabei jeweils ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess mit den Phasen Plan-Do-Check-Act abgebildet. Das Bewertungsergebnis besteht in einem Prozentsatz, zu dem die bewerteten Facility Services in einer bestimmten Immobilie die Nachhaltigkeitskriterien aus GEFMA 160 erfüllen.

Nachdem also Kennzahlen für verschiedenste Aspekte im Lebenszyklus von Immobilien definiert und beispielhaft ermittelt wurden, kann man nun mit deren Optimierung beginnen. Kapitel 4 zeigt die möglichen Konzepte dafür auf.

4 Optimierungskonzepte für den Lebenszyklus von Immobilien

Nachdem in Kapitel 2 die Strategien zur Steuerung von Nutzbarkeit, Ressourcen, Informationen und Umweltbelastungen im Lebenszyklus einer Immobilie sowie in Kapitel 3 die zugehörigen Kennzahlen vorgestellt wurden, finden sich in Kapitel 4 nun systematische Darstellungen zur konkreten Konzeption von Optimierungen entsprechend der jeweiligen Kennzahl.

4.1 Reduktion der Lebenszykluskosten

4.1.1 Vorbemerkung

Kosten sind nach wie vor die gängigste Kenngröße, wenn es an die Optimierung von Immobilien geht. Daher startet dieses Kapitel mit den finanziellen Ressourcen. Vorausgeschickt sei jedoch, dass jede Kostenoptimierung, die zulasten der Nutzbarkeit einer Immobilie geht, zu einem Erlös-Problem führen wird. Daher wurde von der Autorin die Kennzahl des **Lebenszyklus-Erfolgs (LzE)** (Pelzeter 2006) eingeführt, die auch in GEFMA 220 zu finden ist. Der LzE umfasst demnach sämtliche Kosten und Erlöse im Lebenszyklus.

Weil aber die Erlöse in Form von Mieteinnahmen in ihrer Prognose sehr viel mehr Ungewissheit umfassen und Marktzyklen die durch Bauqualität erwirkten Nutzungsvorteile überlagern können, ist eine detaillierte Maßnahmensteuerung im LzM mittels des Lebenszyklus-Erfolgs nicht seriös umsetzbar. Es bleibt also bei der Nutzung von Lebenszykluskosten (LzK) als Steuerungsgröße und der Empfehlung:

MERKE

Eine Optimierung der Lebenszykluskosten darf **nicht zulasten** der Nutzbarkeit der Immobilie vorgenommen werden.

Wenn jedoch eine Nutzungseinschränkung zu einem signifikanten Kostenvorteil führt, dann müssen Alternativen anhand des **Lebenszyklus-Erfolgs** (d. h. inkl. der Erlöse im Lebenszyklus) vorgenommen werden.

4.1.2 Grundprinzipien

Bei der Reduktion von LzK kann man grundsätzlich drei Strategien unterscheiden (Pelzeter und Sigg 2011), vgl. Bild 4.1:

- a) Folgekosten reduzieren durch Erhöhung der Herstellungskosten
- b) Herstellungskosten reduzieren durch Erhöhung der Folgekosten
- c) Herstellungs- und Folgekosten gleichermaßen reduzieren.

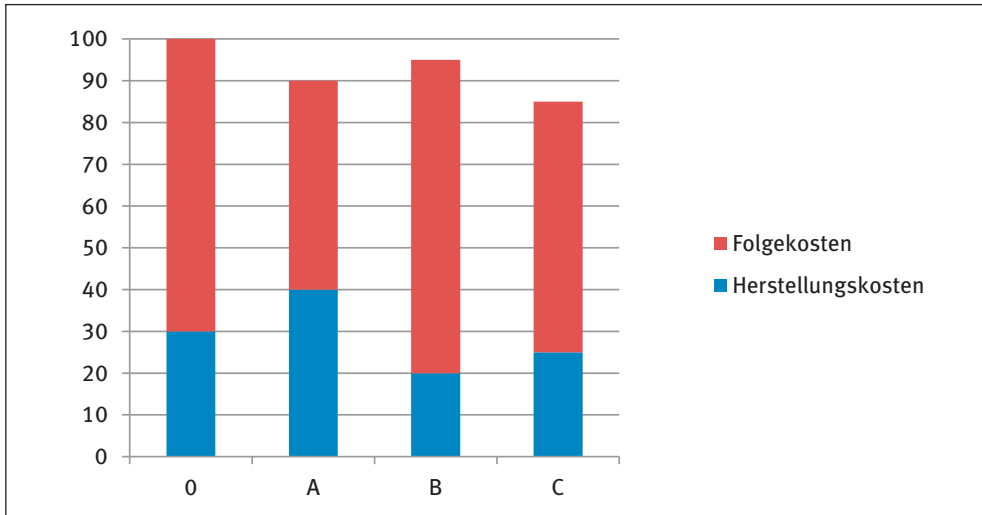


Bild 4.1: Strategien zur Reduktion der Lebenszykluskosten

4.1.3 Folgekosten reduzieren durch Erhöhung der Herstellungskosten

Wärmedämmung, Einbau von Photovoltaik, Planung einer Zisterne für die Regenwassernutzung: alle diese Maßnahmen erfordern eine Erstinvestition, um in der Nutzungsphase Verbrauchskosten einzusparen. Mit anderen Worten handelt es sich dabei um eine Substitution von Folge- durch Herstellungskosten mit dem Ziel, die Summe aus beiden zu reduzieren. Folgekosten entstehen u. a. für Medienverbräuche, Instandhaltung und Reinigung/Pflege.

Tabelle 4.1: Investitionen zur Reduktion der Folgekosten

Folgekosten für:	Aspekt	mögliche Maßnahmen/Einbau von:
Energie	Bereitstellung	Photovoltaik, Solar-/Geothermie, Energie-Speicherung
	Verbrauch	Wärmedämmung, Wärmerückgewinnung, LED-Beleuchtung, energieeffiziente Geräte
	Steuerung	sensorgesteuerte Beleuchtung, Gebäudeautomation, Smart Meter
Wasser	Trinkwasser	Perlatoren, Stoppautomatik, Brauchwasseraufbereitung
	Regenwasser	Zisterne, Leitungssysteme für Nutzung als Brauch-, Gartenwasser, Versickerung

Folgekosten für:	Aspekt	mögliche Maßnahmen/Einbau von:
Instandhaltung	Oberflächen	Sockel-/Kantenschutz, langlebige und reparaturfähige Materialien
	Gebäudetechnik	Vorrichtungen für Wartungszugang, Austauschprozesse, Absturzsicherung für Dachinspektion
Reinigung	Oberflächen	Kehlsockel, belastbar für Maschinenreinigung, geschlossenporige Oberfläche, selbstreinigende Beschichtung
	Zugang	Befahranlage, Reinigungsbalkon, Sicherungsanker für Fassadenreiniger
	Infrastruktur	gut gelegene Reinigungsräume mit Bodeneinlauf
Sicherheit	Zutrittskontrolle	Alarmanlage, Videoüberwachung, digitale Schließsysteme
Verbrauchsmaterialien	WC: Händetrocknung	mit Hochgeschwindigkeits-Luftstrom

Einige Anmerkungen zu Tabelle 4.1:

- **Photovoltaik:**

Photovoltaik (PV)-Anlagen auf Dach- und Fassadenflächen sind so günstig und effektiv geworden, dass bei einer geeigneten Aufstellung – bzgl. Verschattung, Orientierung, u. a. – im Jahr 2012 die Netzparität, d. h. Kostengleichheit zwischen Strom aus PV-Anlagen und Strom aus dem Netz erreicht wurde. Entsprechend wurden die Förderungen durch Einspeisevergütung reduziert (von anfänglich 99 Cent auf 12,3 Cent im Jahr 2016 für Anlagen < 10 kWp) und eine prozentuale Beteiligung an der EEG-Umlage für Eigennutzung eingeführt (Erneuerbare-Energien-Gesetz EEG 2014). Im Ergebnis ist der Einbau von PV immer dann attraktiv, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- kostengünstiger Einbau, z. B. Standardpaneele
- an der Sonne orientiert, d. h. Ausrichtung nach Süden, Neigung von 10–45 Grad, keine/kaum Verschattung
- für die Selbstnutzung ausgelegt
- mit einer Speicheranlage, z. B. Batteriespeicher, Power-to-Gas-Speicher, o.Ä. verbunden.

- **Energie-Speicherung**

Elektrische Energie wird konventionell in **Batterien** gespeichert. Im kleineren Maßstab können dazu LKW-Batterien genutzt werden, die nicht mehr leistungsfähig genug für den Lastverkehr sind, aber im stationären Einsatz durchaus nachgenutzt werden können. Weil die Herstellung konventioneller Batterien jedoch große Mengen an aufwändig zu gewin-

nenden bzw. seltenen Metallen erfordert (mit entsprechenden Umweltbelastungen durch die Extraktion), ist ein flächendeckender Einsatz keine ökologisch nachhaltige Alternative zur Nutzung fossiler Energiequellen.

Pumpspeicherwerke sind eine Möglichkeit, um überschüssige, elektrische Energie in Lageenergie umzuwandeln. Darin nutzt man Strom, um Wasser von einem unteren Wasserspeicher in einen höher gelegenen, oberen Wasserspeicher zu pumpen. Bei neu-erlichem Strombedarf fällt das Wasser aus dem oberen Speicher über eine Turbine in den unteren zurück, dabei wird Strom aus Wasserkraft erzeugt. Pumpspeicherwerke bieten sich an steilen Bergkanten an.

Alternativ dazu kann der überschüssige Strom für die Wasserstoff-Erzeugung genutzt werden (**Power to Gas**). Die Entwicklung zur Serienreife dauert derzeit noch an.

Des Weiteren kann **Strom in thermische Energie** umgewandelt werden (im Sinne einer elektrischen Heizung), die dann mit geringerem technologischen Aufwand gespeichert werden kann. Auch die Speicherung der elektrischen Energie als Kälte wäre möglich, z. B. in Gefrierschränken, die temporär tiefer gekühlt werden, um später auch ohne Strom-zufuhr ihre Maximaltemperatur zu halten. Letzteres kann beispielsweise im Rahmen eines lokalen Lastmanagements umgesetzt werden.

Für die Gebäudetemperierung ist dagegen die Speicherung thermischer Energie zum Ausgleich der Tag-Nacht-Unterschiede und nach Möglichkeit auch der Sommer-Winter-Unterschiede wünschenswert. Dafür gibt es unterschiedliche Ansätze:

- Wasserspeicher, z. B. Sonnenhaus (Sonnenhaus-Institut 2016)
- Eisspeicher (vgl. Wohnhochhaus Pforzheim, in 5.3)
- Erdreichspeicher (ohne bauliche Abgrenzung)
- Bauteilaktivierung (Decken aktiv zum Heizen und Kühlen nutzen, für den Tag/Nacht-ausgleich²¹)
- thermische Trägheit der Baukonstruktion/Speicherkapazität (vgl. Haus 2226, in 5.2)

- **sensorgesteuerte Beleuchtung**

Üblich für Flure, Sanitärbereiche, aber auch in Büros/Hauptnutzflächen: Anwesenheits- und Tageslichtsensoren dimmen bzw. schalten das Kunstlicht ein/aus.

- **Wärmedämmung**

Durch die Energieeinsparverordnung (EnEV) wird für Neubauten – und substanzielle Umbauten – ein hohes Maß an Wärmedämmung je nach Bauelement bereits vorgegeben. Beispielsweise beträgt der Referenz-*U*-Wert nach EnEV 2014 für Außenwände in Wohngebäuden $0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ²².

21 Bauteilaktivierung wird mittels Luft- oder Wasserleitungen in massiven Decken oder Wänden, ähnlich wie bei der Fußbodenheizung umgesetzt.

22 Genau genommen wird mithilfe dieses Wertes ein Referenzgebäude modelliert, das dem geplanten Neubau in Geometrie, Ausrichtung und Nutzfläche entspricht. Der Jahres-Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes darf durch den tatsächlich geplanten Neubau nicht überschritten werden.

Für Null-Energiehäuser kann es erforderlich sein, diese Werte deutlich zu unterschreiten. Aber nicht in jedem Falle ist mehr Wärmedämmung vorteilhaft. Im Falle des Hauses 2019 (vgl. 5.1, Bürogebäude des Umweltbundesamtes in Berlin, Marienfelde) stellte man nämlich fest, dass die Dämmung so hoch dimensioniert wurde (U -Werte: 0,10 Außenwand, 0,08 Dach, 0,11 Bodenplatte, 0,80 Fenster), dass auch im Winter zeitweise gekühlt werden muss, wenn die Wärmeleistung aus der Gebäudenutzung durch Personen (ca. 100 W je Person, vgl. Bild 4.2), Laptops, etc. zu einem Überschreiten der Komforttemperatur geführt hat. Die Schlussfolgerung daraus lautet: etwas weniger Wärmedämmung wäre genug gewesen.

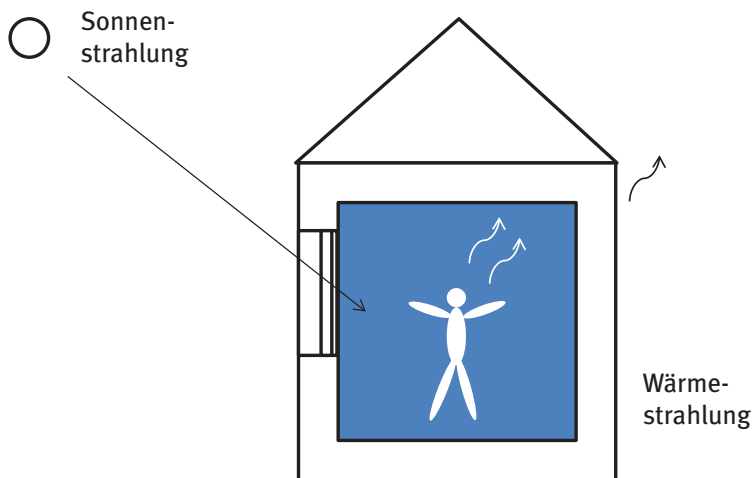


Bild 4.2: Wärmequelle Mensch – im Null-Energiehaus relevant

- **Smart Meter**

Unter einem „Smart Meter“ versteht man ein Gerät zur digitalen Zählung des Strom/Energieflusses. Dieses gibt dem Endverbraucher Auskunft über die konkrete Nutzungszeit und den spezifischen Energieverbrauch. So kann er sein Verbrauchsverhalten analysieren und ggf. anpassen. Ein weiteres Merkmal des Smart Meter ist die Einbindung in ein Kommunikationsnetz. Dadurch werden die Verbrauchsdaten an den Energieversorger übertragen.

Derzeit spart ein Smart Meter meist weniger Energiekosten ein, als er zusätzlich an Investitionskosten erfordert. Dies ändert sich aber, sobald dem **Endverbraucher dynamische Strompreise** angeboten werden (hoch in Zeiten der Strom-Knappheit, niedrig in Zeiten des Überangebots, negative Kosten bei drohender Netz-Überspannung). Dann könnte eine Ansteuerung von zeitlich flexiblen Strom-Abnehmern, z.B. der Spülmaschine, zu Zeiten des Billigstroms erfolgen und auf diese Weise die Anschaffung des Smart Meter – sowie der entsprechenden Steuerungseinheit zur An- und Abschaltung der jeweiligen Geräte – amortisieren.

Der Smart Meter erhält zusätzliche Bedeutung, wenn der Endverbraucher auch Strom bereitstellt, z.B. durch Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung oder durch Speicherelemente, z.B. in Form der Batterie eines Elektroautos. Dadurch soll künftig das „**Smart Grid**“, das

intelligente Stromnetz entstehen. Deshalb ist bereits eine Einbauverpflichtung für Smart Meter seitens der politisch Verantwortlichen erörtert worden. Diese wird vermutlich aber erst dann umsetzbar sein, wenn der Datenschutz im Zusammenhang mit der minutiösen Auswertung der Stromabnahme eines Haushaltes sichergestellt ist. Theoretisch kann nämlich am Stromverbrauch beispielsweise erkannt werden, welches Fernsehprogramm gerade eingeschaltet ist.

- **Trinkwasseraufbereitung**

Grundsätzlich ist Trinkwasser in Deutschland derzeit nicht knapp. In manchen Kommunen wäre ein höherer Grad der Trinkwassernutzung in Hinblick auf das daraus entstehende Abwasser für die kontinuierliche Durchspülung der Abwasserkanäle sogar wünschenswert.

Umgekehrt erfordert jedoch die Aufbereitung von Abwasser und die Bereitstellung von Trinkwasser Ressourcen: Kanäle und Kläranlagen müssen gebaut und instand gehalten werden, die Anlagen werden mit Strom betrieben, Pumpen verbrauchen Energie, etc. Als Faustwert kann man mit 0,5 kWh Energieeinsatz je m³ behandeltes Abwasser rechnen²³. Insgesamt spiegelt sich der Aufwand für die Abwasserbehandlung in den Preisen für die Abwassereinleitung in das Kanalsystem wider: zwischen 1,00 € und 2,00 € bewegen sich im Jahr 2016 die Preise der örtlichen Wasserwerke in Deutschland. Oft ist der Preis für die Abwassereinleitung – geringfügig – höher als der Preis für den Trinkwasserbezug.

Daher kann eine lokale Aufbereitung von Abwasser aus Duschen und Handwaschbecken zur erneuten Nutzung als **Brauchwasser** für die Toilettenspülung zur Ressourcenschonung beitragen. Für eine Reduktion der LzK ist eine gute Passung von Brauchwasser-Anfall und -Abnahme erforderlich. Außerdem sollte bedacht werden, dass ein – vom Frischwasser getrenntes – separates Leitungssystem notwendig wird. Dieses baut man am besten bei einem Neubau bzw. einer Kernsanierung gleich mit ein. Denn im Rahmen einer Nachrüstung entstehen – gemessen am bisherigen Wasserpreis – zu hohe Investitionskosten.

Anstelle von aufbereitetem Trinkwasser kann auch Regenwasser für die Toilettenspülung genutzt werden.

- **Regenwasserbewirtschaftung**

Die Einleitung von Regenwasser in das Kanalsystem der Gemeinden ist häufig kostenpflichtig (z. B. 1,90 € je m² versiegelte Fläche in Berlin). Mit der Gebührenerhebung wollen die Kommunen dazu motivieren, das Regenwasser auf dem Grundstück zu „bewirtschaften“, d. h. zurückzuhalten und zu versickern. Damit wird einer Überlastung der öffentlichen Kanäle bei Starkregenereignissen vorgebeugt.

Die Regenwasserbewirtschaftung kann unterschiedlich intensiv vorgenommen werden: eine Sammlung und Nutzung als Brauchwasser für die Toilettenspülung ist die hochwertigste Art, das Regenwasser zu nutzen. Setzt man das in einer **Zisterne** gesammelte Wasser lediglich für die Bewässerung der Grünanlagen bzw. der Pflanzbeete ein, dann reduziert sich der technische Aufwand bereits (kein Verteilsystem im Gebäude erforderlich, vgl. Trinkwasseraufbereitung oben).

23 ermittelt auf der Basis von Kennwerten aus: Thüringer Ministerium für Landwirtschaft 2012

Schließlich kann man aber auch lediglich die **Versickerung** auf dem eigenen Gelände sicherstellen, durch entsprechende Versickerungsbereiche, z.B. in Form von Rigolen oder Schächten mit Kiesfüllung. Insgesamt sollte man die Außenanlagen möglichst versickerungsoffen gestalten, mit wasserdurchlässigen Oberflächen.

HINWEIS

Außenbereiche entsiegeln

Gebühren für die Einleitung von Regenwasser in das Kanalsystem werden – je nach Kommune – auch für die versiegelten Flächen auf einem Grundstück erhoben. Daher kann die **Entsiegelung** von Flächen im Außenraum bares Geld bringen:

- Rasengittersteine für befahrbare Flächen, z. B. Feuerwehrzufahrt
- wassergebundener Belag, aus Split verschiedener Korngröße (z. B. in historischen Parks üblich)
- Pflanzflächen, Nutzgarten
- Die Anrechnung der versickerungsoffenen Flächenanteile erfolgt nach kommunalen Vorgaben, z. B. für Rasengittersteine je nach Typ zu 50 %.

• **Schutz von Oberflächen gegen mechanische Beschädigung**

Kanten, fuß- und handnahe Wandflächenbereiche und Flächen im Eingangsbereich unterliegen einer hohen mechanischen Belastung. Traditionell wurden diese Bereiche mit robusteren Materialien ausgestaltet, z. B. Fliesen in Hausfluren am Boden und bis auf ca. 1,30 m oder höher an den Wänden, Holzpaneele in Speiseräumen bis ca. 1,30 m Höhe (Oberkante der Stuhllehnen), Einfassung der Tür- und Fensterlaibungen in Holz oder Stein, etc. Dieser mechanische Schutz dient zur Verlängerung der Intervalle für eine Ausbesserung bzw. ein Überstreichen, d. h. er hilft die Instandsetzungskosten zu reduzieren.

Beispiele finden sich in den meisten Krankenhäusern, wo Patientenbetten und medizinische Geräte häufig zwischen den Räumen hin- und hergeschoben werden. Die dort verwendeten Wandabweiser werden oft als Handlauf gestaltet, der gleichzeitig die Mobilität der ggf. geschwächten Patienten unterstützt. Vielfach erhalten Wandecken eingelassene Metallschienen als Kantenschutz.

Selbstverständlich gibt es außer den aufgeführten Kostenaspekten noch andere Gründe für die beschriebenen Einfassungen von Türen, Fenstern, Zugängen. Der mechanische Schutz geht einher mit einer symbolischen Hervorhebung von wichtigen Gebäudeelementen, baukultureller Tradition und Ähnlichem (Alexander et al. 2013).

• **Händetrocknung**

Hochgeschwindigkeits-Luftstrom-Händetrockner, z. B. Dyson Airblade, ersetzen zunehmend Gebläsetrockner bzw. textile oder Papier-Handtücher.

Im Jahr 2014 meldete der Flughafen Köln-Bonn, dass er mit dem Einbau von 136 Dyson-Airblade-Händetrocknern (mit Hochgeschwindigkeits-Luftstrom) gegenüber der vorherigen Nutzung von Papierhandtüchern 60 % CO₂ und 40 000 € Betriebskosten einsparen konnte (o. V. 2014a).

BEISPIEL**Beispielrechnung:**

Für eine Annäherung startet man mit der Definition eines **Szenarios**. In diesem Falle wird von 300 Prozessen der Händetrocknung pro Tag, an 250 Tagen im Jahr ausgegangen. Verglichen wird ein Dyson Airblade mit einem Papierhandtuchspender (Rolle, gibt ein Blatt je Vorgang aus). Zudem wird angenommen, dass die beiden Geräte ca. 3 Jahre Lebensdauer aufweisen. Wartung und Reparaturen werden nicht berücksichtigt (= Systemgrenze). Die Preise basieren auf einer Internetrecherche. Großhandelsrabatte können zu günstigeren Beschaffungskonditionen führen.

Die Berechnung zeigt, dass die Kosten von rund 1 Cent je Papierhandtuch schon in einem Jahr die Anschaffungskosten des Hochgeschwindigkeits-Luftstromgerätes annähernd erreichen, vgl. Tabelle 4.2.

Im nächsten Schritt sind die Annahmen im Sinne einer **Sensitivitätsanalyse** zu variieren. Was passiert, wenn weniger Nutzer kommen, wenn der Strompreis steigt (hier mit einem Business-Tarif von 20 Cent/kWh angenommen), wenn das Gerät nach zwei Jahren bereits ersetzt werden muss, etc.

Tabelle 4.2: überschlägiger Kostenvergleich – Händetrocknung

	Erst-inves-tition	Betr.-stoffe	kWh je Anwen-dung	€ je Anwen-dung	300 Anw./ Tag	Jahr (250 Tage)	für 3 Jahre	Summe (Erst- + Folgekosten)
Hoch-geschw.-Luftstr.-gerät	1000 €	Strom	0,0044 kWh	0,0009 €	0,26 €	66,00 €	198 €	1198 €
Papier-hand-tuch-spender	100 €	Papier-rolle	1 Blatt	0,0100 €	3,00 €	750,00 €	2250 €	2250 €

4.1.4 Herstellungskosten reduzieren durch Erhöhung der Folgekosten

Dieses Konzept klingt zunächst einmal untypisch für eine Lebenszyklus-Optimierung. Es kann aber wirtschaftlich sein, je nach den Gegebenheiten im Einzelfall. Daher ist eine konkrete Bewertung mittels Szenarien und LzK stets zu empfehlen.

Kurze Nutzungszyklen können ein Indikator für den möglichen Einsatz dieses Konzeptes sein.

- **regelmäßig zu erneuernde Oberflächen**

Im Rahmen einer Analyse zur Kalkulation von Instandhaltungsaufwendungen im Lebenszyklus von vermieteten Büroeinheiten wurde durch die Autorin die wirtschaftliche Lebensdauer von Oberflächen-Materialien wie etwa Bodenbelägen thematisiert. Im gehobenen Preissegment werden bei einer Neuvermietung üblicherweise die Böden, ja sogar die gesamten Sanitärzellen und Teeküchen erneuert, obwohl dies nicht durch den Verschleiß zu begründen wäre. Stattdessen geht es hier um das Image, die wechselnden Ausstattungsmoden, aber auch um veränderte Bürokonzepte, die zu entsprechenden Umbauten führten. Eine Investition in einen besonders langlebigen Bodenbelag kann man hier also nicht mit der erhöhten Dauerhaftigkeit rechtfertigen – allenfalls mit dem vermietungsfördernden Image von z. B. Naturstein-Bodenbelag. Statistisch ging man in dem untersuchten Fall von einem Erneuerungsrythmus von 10 Jahren aus. Teppichboden würde dieser Lebensspanne i. d. R. genau entsprechen.

- **nicht tragende Innenwände**

Zwar gibt es verschiedenste Systeme für versetzbare Trennwände, die auf dem Bodenbelag aufsetzen und nur mit Verschraubungen befestigt werden. Aber diese sind deutlich teurer als z. B. Trockenbauwände (z. B. Gipskartonplatten mit Aluminium-Ständerwerk, GKS). Diese sind nicht versetzbar und auch nicht wiederverwendungsfähig. (Lediglich ein Recyceln des Materials Aluminium wird praktiziert.) Aber wenn die Versetzungsoption selten oder gar nicht genutzt wird, dann stellen sie die kostengünstigere Option im betrachteten Lebenszyklus dar. Diese Schlussfolgerung ist allerdings einzuschränken: Sie gilt vor allem für nicht transparente Trennwände.

- **Fassadenzugang**

Alle Fassaden müssen irgendwann gereinigt und auf ihren technischen Zustand hin überprüft werden. Bei offenen Fensterelementen dienen diese meist als „Zugang“. Besteht die Fassade jedoch aus feststehenden Elementen – die kostengünstiger als die Öffnungselemente sind – dann sind alternative Zugangsmöglichkeiten erforderlich, z. B. Putzbalkone (schmal, ggf. ohne Geländer, mit Sicherungsankern für das Betreten) oder auch eine Befahranlage, z. B. in Form eines Fassadenaufzuges. Letztere müssen ihrerseits regelmäßig auf ihre Funktionsfähigkeit hin überprüft, gewartet und instand gesetzt werden, was die Nutzungskosten erhöht. Verzichtet man also darauf und stellt stattdessen sicher, dass eine Hubarbeitsbühne (Hubsteiger) aufstellbar ist oder dass Fassadenkletterer die Reinigung und Instandsetzung übernehmen können (Haken für deren Sicherung vorsehen), dann kann diese Alternative im Lebenszyklus durchaus vorteilhaft sein. Dies ist jedoch im Einzelfall zu überprüfen.

- **selten benötigte Technik**

Die Argumentation zum Fassadenzugang kann analog auf jegliche, selten genutzte, technische Anlage übertragen werden, sofern sie durch alternative Maßnahmen ersetzbar ist. Beispielsweise kann die Kühlung eines Raumes, die nur bei der Weihnachtsfeier erforderlich werden würde, durch ein mobiles Miet-Gerät umgesetzt werden.

4.1.5 Herstellungs- und Folgekosten gleichermaßen reduzieren

Hierbei handelt es sich um den Königsweg: was nicht eingebaut wird, muss später auch nicht instand gehalten werden. Grundsätzlich kann man dazu die Prinzipien des kostensparenden Bauens anwenden, flächeneffizient planen, Komfortansprüche prüfen und Synergien nutzen.

- **Kostensparend bauen:**

- Verzicht auf Untergeschosse
- günstiges A/V-Verhältnis²⁴
- komplizierte Geometrien vermeiden, Standardmaße/-bauelemente nutzen
- montagefreundliche, vorgefertigte Bauelemente nutzen
- Installationen bündeln, jeweils geschossweise übereinander anordnen, etc.

- **Flächeneffizient planen**

Schlecht nutzbare Flächen, z.B. begründet durch verwinkelten Grundriss, fehlende Erschließung durch Flure, Restflächen, die nicht repräsentativ begründet sind, etc. beanspruchen Herstellungskosten genauso wie Reinigungs- und Instandhaltungsaufwand, tragen aber nicht zur Produktivität der Fläche bei, z.B. im Sinne einer Vermietung oder einer Aufstellung von Arbeitsmitteln (Tischen, Schränken, etc.).

Auf diese Flächenanteile zu verzichten, stellt demnach keinen Komfort- bzw. Produktivitätsverlust dar. Die Kostenersparnis je m² hat gleichzeitig eine maximale Effektivität.

- **Komfortansprüche prüfen**

- Ziel-Temperatur:
Werden 20 statt 21 Grad Celsius als Mindesttemperatur gefordert, dann kann dies überschlägig ca. 7 % der Heizkosten sparen. Da die Kühlung oft energetisch weniger effizient arbeitet als die Heizung, gilt diese Aussage für die Maximaltemperatur, z. B. bei 26 statt 25 Grad Celsius, in besonderem Maße.
- zulässige Anzahl der Tage, an denen die Innen-Temperatur höher als 26 Grad Celsius sein darf. Deren Erhöhung kann eine kleinere Dimensionierung der technischen Anlage für die Kühlung ermöglichen.
- Verfügbarkeit von Warmwasser:
Häufig wird auch die Notwendigkeit von Warmwasser an Handwaschbecken hinterfragt, was allerdings in Phasen erhöhter Hygieneanforderungen, z.B. wenn hoch ansteckende Krankheitsauslöser zirkulieren, kritisch zu sehen ist, etc.

- **Technikvermeidung**

Technische Anlagen, die nicht eingebaut werden, verbrauchen keinen Strom und müssen auch nicht instand gehalten werden.

²⁴ Oberfläche zu Volumen

So kann das Nutzen der thermischen Speicherfähigkeit von massiven Gebäudeteilen den Einbau einer aktiven Kühlung überflüssig machen, ggf. unterstützt durch „Bauteilaktivierung“, analog zur Fußbodenheizung wird das massive Bauelement von kaltem Wasser, z. B. aus der Geothermie-Anlage, durchflossen.

Brandschutz: Durch geeignete Führung von Lüftungsleitungen kann die Kreuzung von Brandabschnitten mit den zugehörigen, überwachungspflichtigen Brandschutzklappen vermieden werden, etc.

- **Synergien nutzen, z. B.**

- Geothermie mit Fundamentarbeiten verbinden, z. B. geothermische Sonden mit in die Bohrlöcher der Pfahlgründung einlegen
- Photovoltaik in feststehende, ggf. drehbare Sonnenschutzelemente einbinden
- Abwärme aus Produktion oder Kühlung zur Aufheizung von Warmwasser oder zur Temperierung eines Gewächshauses einsetzen, etc.

4.1.6 Folgekosten reduzieren ohne Auswirkung auf Herstellungskosten

Viele der in GEFMA 160-1: „Nachhaltigkeit im Facility Management-Bewertungssystem Büro- und Verwaltungsgebäude“ hervorgehobenen Aktivitäten reduzieren Folgekosten, ohne einen Investitionsaufwand hervorzurufen. An dieser Stelle werden nur einige grundsätzliche Anregungen gegeben.

- **Kaufmännische Maßnahmen**

günstig einkaufen, z. B. durch Bündelung von Aufträgen

- **Energiemanagement**

u. a.: Stand-by-Verbräuche vermeiden, Lastmanagement zur Reduktion des Bereitstellungspreises für Strom, bei Ersatz von Verbrauchsmaterial auf energiesparende Alternativen setzen, z. B. LED.

- **Abfallmanagement**

Anteil von kostengünstigen Fraktionen bei den Reststoffen durch Müll-Trennung erhöhen. Dazu gehört auch, dass bereits im Einkauf auf die Recyclingfähigkeit geachtet wird. Abfallvermeidung durch langlebige, reparaturfähige und ggf. wieder auffüllbare Objekte, z. B. bei Seifenspendern, Reinigungsmitteln, Druckerpatronen, etc.

Die in 4.1 vorgestellten Maßnahmen zur Reduktion der Lebenszykluskosten (LzK) – durch Substitution von Folge- durch Herstellungskosten bzw. fallweise auch umgekehrt, durch den Verzicht auf jegliche Art von Unnötigem im Gebäude sowie durch intelligente Optimierung der Folgekosten – haben nicht nur Auswirkungen auf die LzK, sondern auch auf die Beanspruchung von Energie und Materialien sowie die damit verbundenen Belastungen der Umwelt.

Überall dort, wo fossiler Energieeinsatz vermieden wird, bewirkt man gleichzeitig eine Reduktion des CO₂-Ausstoßes. Dieser ist Thema des nächsten Abschnittes.

4.2 Reduktion des CO₂-Ausstoßes

4.2.1 Grundprinzipien

Die Emission von Kohlendioxid ist im Rahmen von Gebäuden und ihrer Nutzung sehr stark mit dem Einsatz von Energie aus fossilen, d. h. nicht erneuerbaren Energiequellen verbunden. Diese Energie spielt nicht erst während der Gebäudenutzung eine Rolle, sondern bereits während der Herstellung der Baumaterialien und -elemente, während ihres Transportes auf die Baustelle bzw. zum Gebäude hin und ggf. bei den Prozessen zu ihrer Entsorgung.

Viele der Konzepte, die zur Reduktion der LzK mit Bezug zum Energieeinsatz bereits genannt wurden, gelten entsprechend mit Blick auf CO₂ analog. Dies sind insbesondere:

- Flächeneffizienz,
- lokale Gewinnung von Energie aus erneuerbaren Energiequellen oder aus lokalen thermischen Emissionen, z. B. aus der Abwärme von Kühlaggregaten,
- Technikvermeidung, z. B. durch passive Kühlung, und
- Energiemanagement.

Wie bei den Kosten kann man auch bei der CO₂-Emission durch eine Erhöhung der Emission in der Herstellungsphase die Emissionen der Nutzungsphase reduzieren. Ein Beispiel dafür ist die Installation von Solarthermie- oder Photovoltaik-Anlagen.

Hinzu kommen zwei Konzepte, die bei den Kosten üblicherweise keine nennenswerte Rolle spielen, bzw. nicht linear mit den Kosten verknüpft sind:

- Transporte vermeiden/effizient gestalten
- CO₂ im Gebäude binden (durch Nutzung von Holz als Baustoff).

4.2.2 Gebäude als CO₂-Senke

Wenn Holz in Gebäuden feuchtigkeitsgeschützt eingebaut wird, dann wirkt dieses Holz als negativer Beitrag zur CO₂-Bilanz. Denn für das Wachstum des Holzes hat der Baum der Umwelt CO₂ entzogen. Analog gälte dies für Stroh oder Reet als Baumaterial. Bei der Negativ-Bilanz von Bauholz wird allerdings angenommen, dass für das geschlagene Holz ein neuer Baum wächst.

Holz kann nicht nur als Konstruktionsmaterial Verwendung finden, sondern auch als Material für Fensterrahmen, Bodenbeläge, Türen, etc.

Weitere „Negativ-Effekte“ werden für Gebäude bilanziert, die Pflanzen neu einbringen, in der Gestaltung der Außenanlagen oder in der Dachbegrünung.

Bild 4.3 zeigt für ein eingeschossiges Holz-Gebäude (vgl. Beispiel in 5.4.3) die CO₂-Anteile auf: die Betonplatte für die Gründung weist durch die energieintensive Herstellung von Zement den höchsten CO₂-Beitrag im Lebenszyklus des Gebäudes auf. Negativ-Beiträge kommen von der Wand- und Dachkonstruktion sowie vom Bodenbelag aus Holz. Die Fenster bestehen zwar auch aus Holzrahmen, aber das Glas mit seinen hohen Schmelztemperaturen im Herstellungsprozess führt in der Summe zu „positiven“ CO₂-Werten.

Eine weniger häufige und umfangreiche Einbindung von CO₂ in Gebäude ist in Form der Nutzung als Kältemittel denkbar. So ersetzt es z. B. das Klima schädigende, in der Vergangenheit häufig genutzte FCKW (Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoff, z. B. in alten Kühlschränken zu finden).

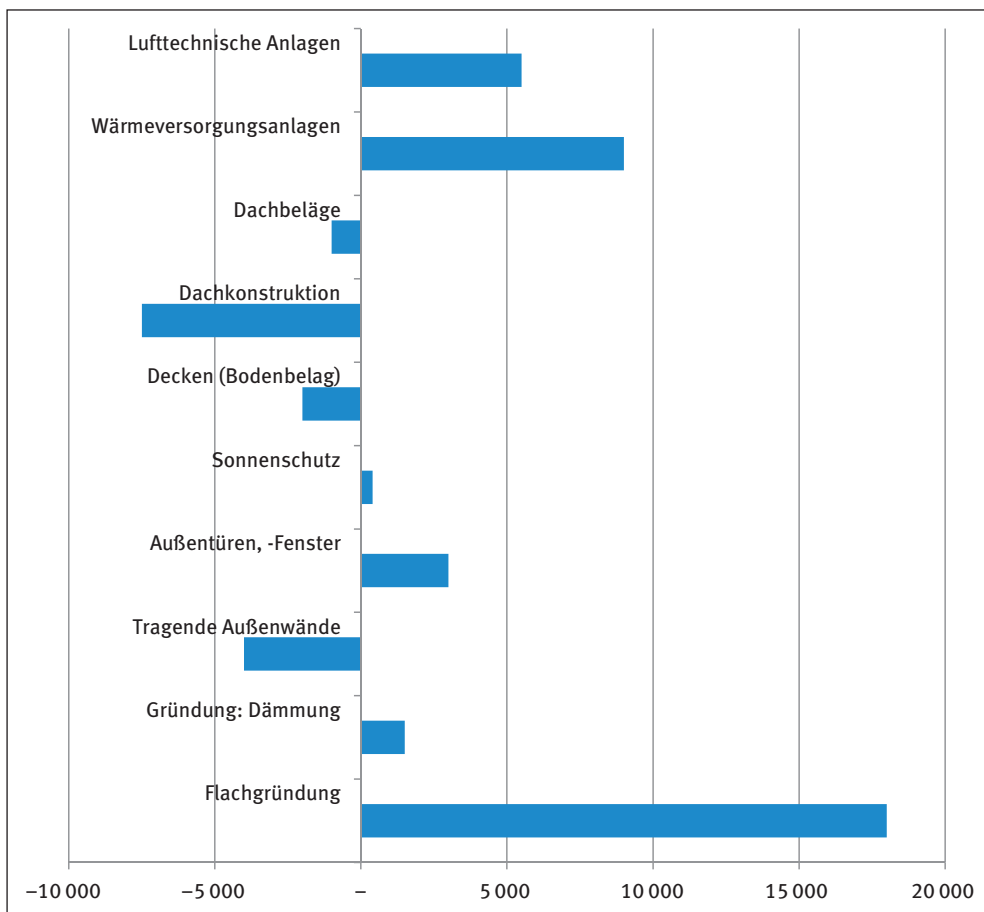


Bild 4.3: CO₂-Bilanz für Holzbau (vgl. Haus Simpel)

4.2.3 Energie CO₂-arm gewinnen

Die Empfehlung einer Nutzung von erneuerbaren Energiequellen durchzieht dieses Buch. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass nicht jede Art der Gewinnung von Energie aus nachwachsenden Rohstoffen gleichermaßen CO₂-arm ist. Beispielsweise hat Energie aus Biogas-Anlagen einen durchaus messbaren CO₂-Aufwand je kWh.

Einem Forschungsbericht für das Bundesministerium für Umwelt aus dem Jahr 2012 sind die in Bild 4.4 visualisierten Daten entnommen. Darin erkennt man Windenergie, Solarthermie und Holzheizung als besonders CO₂-arm, gefolgt von Photovoltaik (PV) und Geothermie. Die Spannbreiten ergeben sich aus unterschiedlichen Technologien. Diese sind

bei der Stromgewinnung aus Biomasse besonders hoch: 2 gCO₂ je kWh wurden für eine Nutzung von Industrieholz-Abfällen in einer Anlage mit Dampfturbine und Heizkraftwerk errechnet, während am anderen Ende die Stromgewinnung aus vergorenem Mais mit 402 gCO₂ je kWh zu Buche schlägt. Die drei rechts aufgeführten Energie-Gewinnungsarten sind i. d. R. als Kraftwerk ausgelegt und eher nicht auf der Parzelle umsetzbar.

Zum Vergleich folgen hier noch Werte für Strom aus fossilen Energiequellen (Wagner, Hermann-Josef, u. a. 2007):

- Gas: 400–550 gCO₂ je kWh
- Steinkohle: 750–1 100 gCO₂ je kWh
- Braunkohle: 850–1 200 gCO₂ je kWh
- Strommix (2015) 530 gCO₂ je kWh

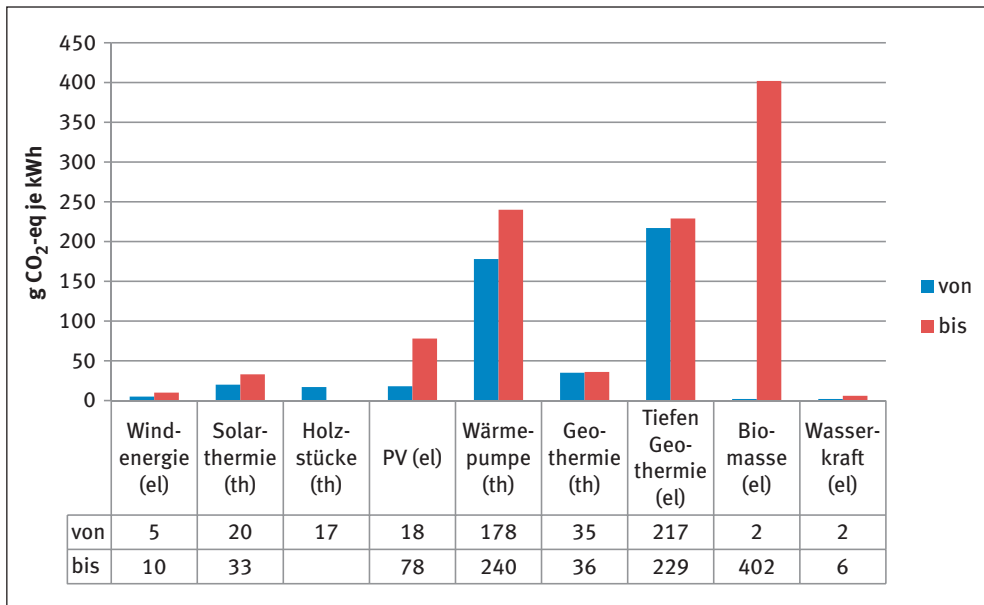


Bild 4.4: CO₂-Emissionen je kWh aus erneuerbaren Energiequellen (th = Wärme, el = Strom)

BEISPIEL

Führt die Herstellung von Photovoltaikanlagen zu höheren Umweltbelastungen als die konventionelle Stromerzeugung, die sie in ihrem Lebenszyklus ersetzt?

Zur Beantwortung dieser Frage wird hier die Umweltbilanz für ein Photovoltaiksystem aus der ÖkobaDat (Stand August 2016) herangezogen, das 1000 kWh/(m²·a) Solarstrahlungsenergie ausgesetzt ist.

Darin wird 1 m² der PV-Fläche über eine Lebenszeit von 20 Jahren bezogen auf Herstellung, Nutzung, Rückbau und Recycling bzw. Verbrennung analysiert. Man ging dabei von einem ungünstigen Standort aus (an einem günstigen Standort bestünde eine Solarstrahlungsenergie von rund 1 200 kWh/m²-a). Der durchschnittliche Wirkungsgrad beträgt 13,3 %, die maximale Leistung liegt bei 165 kWp. Als Systemwirkungsgrad (zur Berücksichtigung der allmählich abnehmenden Leistung im Lebenszyklus) wurde 75 % angenommen. Der zugehörige Wechselrichter wird nach 10 Jahren als erneuerungsbedürftig angesetzt.

In ihrem Lebenszyklus von 20 Jahren produziert diese Anlage auf 1 m² Fläche 7 249 MJ, bzw. rund 2 000 kWh.

Tabelle 4.3: CO₂-Emissionen für 1 m² Photovoltaik-Anlage (Datenquelle: Ökobaudat)

Phase im LZ	kg CO ₂
Herstellung (A1–A3)	208,5
Beseitigung (C4)	12,3
Recyclingpotenzial, insbes. vermiedene CO ₂ -Emissionen gemäß deutschem Strommix (D)	-1 262,0

Laut dieser Aufstellung spart die PV-Anlage also sechsmal so viel CO₂ in 20 Jahren ein, als für ihre Herstellung und Entsorgung aufgewendet werden müssen. Oder anders ausgedrückt: nach gut drei Jahren hat sich die CO₂-Emission für die Produktion von 1 m² PV-Anlage – auch an einem schlechten Standort in Deutschland – amortisiert.

4.2.4 Energieverbrauch in der Nutzungsphase senken

Während der Nutzungsphase ist es immer dann vorteilhaft, in die Energieeffizienz von Anlagen zu investieren, wenn Instandsetzungen anstehen.

Darüber hinaus kann durch Steuerung bzw. perfekte Abstimmung der Anlagen untereinander deren Energieeffizienz verbessert werden. Statistische Auswertungen ermöglichen eine nutzerspezifische Steuerung, die mit selbstlernenden Systemen sehr individualisierte Anpassungen an An- und Abwesenheiten von Nutzern ermöglichen (Absenkung bei Abwesenheit, rechtzeitiges Hochfahren der Raumtemperatur vor der erwarteten Anwesenheit, z. B. mit dem Regler „Nest“).

Einen vergleichsweise hohen Einfluss vermutet man auch bei den Aktivitäten der Gebäudenutzer. Für Nichtwohngebäude wird ein Potenzial von ca. 20 % des Energieverbrauchs im Gebäude vermutet. Die Differenz zwischen geplantem bzw. durch Simulationen ermitteltem Energiebedarf und tatsächlichem Energieverbrauch bezeichnet man auch als „Energieeffizienzlücke“ (Kummert und u. a. 2016). Wenn die Gebäudenutzer also für ihre Verbräuche sensibilisiert werden, kann daraus ein angepasstes, energiesparendes Verhalten resultieren.

BEISPIEL**Sensibilisierung der Nutzer für den Energieverbrauch alltäglicher Aktivitäten:**

Verbrauch von 1 kWh, z. B. für

1	40-Grad-Wäsche in der Waschmaschine
1	Sonntagsessen kochen
1,5 km	mit dem Auto fahren
10	Stunden lang fernsehen
90	Stunden Licht brennen lassen (11 Watt-Leuchtmittel, z.B. Kompaktleuchtstoffröhre)
250	Google-Anfragen stellen
300	Löcher mit elektrischer Bohrmaschine bohren (CO ₂ online gemeinnützige GmbH 2015, 2015)

Auch die vom Gebäudenutzer benötigten Haushaltsgeräte bzw. in den Aufenthaltsräumen von Büros anzutreffenden Geräte bieten Optimierungspotenzial: Hier geht es um die „Weiße Ware“, d. h. Kühlschrank, Gefrierschrank, Waschmaschine. Laut Deutscher Energieagentur (dena) kann man durch den Ersatz einer A+-Kühl-Gefrier-Kombination mit 360 l Inhalt und bei einem Strompreis von 28 Cent je kWh durch ein Gerät der A+++-Klasse die Stromkosten um ca. 50 % von rund 82 Euro/a auf ca. 42 Euro/a senken (CO₂online gemeinnützige GmbH 2015) und dabei 80 kg CO₂ pro Jahr einsparen.

4.2.5 Transportaufwand reduzieren

Für Transporte von Gütern, u. a. Bauprodukten und für die Mobilität von Personal bzw. von Gebäudenutzern wird Energie aufgewendet. Je nach Verkehrsmittel, dessen Auslastung, Transportmenge und zu überwindender Distanz entstehen spezifische CO₂-Emissionen.

Tabelle 4.4: Gütertransport (je Tonne transportierte Ladung)

Transportmittel	g CO ₂ /Tkm	Quelle	Erläuterungen
Klein-LKW	81,6	Ökobaudat (2016)	bis 9,3 t Nutzlast, 85 % Auslastung, ohne Fahrzeugherstellung
LKW	62,9	Ökobaudat (2016)	bis 17,3 t Nutzlast, 85 % Auslastung, ohne Fahrzeugherstellung
Containerschiff	15,7	Ökobaudat (2016)	Treibstoff: schweres Heizöl, ohne Schiffsherstellung
LKW < 7,5 t	141,7	GEMIS (2010)	Well-to-Wheel: Energiebereitstellung und Fahrzeugwirkungsgrad, ohne Fahrzeugherstellung

Tabelle 4.4 zeigt die zunehmende Effizienz mit steigender LKW-Größe. Am wenigsten CO₂ stößt das Containerschiff je Tonnen-Kilometer aus. Allerdings werden mittels Schiffen meist besonders große Distanzen überbrückt, während der LKW die letzten Kilometer eines Transportweges bewältigt. Die Kennzahl aus der letzten Zeile zeigt, dass die Rahmensetzungen in der Berechnung bei jeglichem Vergleich eine Rolle spielen. Die der Ökobaudat im Jahr 2016 entnommenen Zahlen wurden unter Einsatz von GaBi 2015 ermittelt (vgl. www.oekobaudat.de).

Konzepte zur Vermeidung/Reduktion von Gütertransporten:

- Verpackungsmaterial reduzieren

Hier ist der Produkthersteller gefordert. Die häufig anzutreffende Verwendung von Plastikfolien ist zwar Transport-leicht, aber nicht weiter verwendbar. In diesem Spannungsfeld müssen sich künftige Innovationen bewähren.

- Lokale und regionale Produkte einsetzen

Dies erfordert i. d. R. eine Umstellung von zentraler Beschaffung auf die Bildung von regionalen Netzwerken.

Mögliche Preisnachteile durch den Verzicht auf den nationalen bzw. internationalen Wettbewerb kann man versuchen, durch die Entwicklung von partnerschaftlichen Lieferantenbeziehungen auszugleichen. Realistischerweise muss man aber wohl davon ausgehen, dass die regionale Beschaffung kein Preisoptimum erzielt. Dafür können aber Qualitätsverbesserungen erwartet werden, die wirtschaftliche Relevanz haben. Durch die räumliche Nähe werden nämlich individuelle Abstimmungen der benötigten Art, Qualität, Menge, Lieferzeit, etc. möglich.

Es folgen einige Kennzahlen für die Mobilität von Personen. Diese zeigen die Effizienz von Öffentlichem Personen-Nahverkehr (ÖPNV), Reisebus- und Schienenverkehr auf. Mehr Fahrrad-Mobilität bzw. fußläufige Erreichbarkeit sind jedoch der „Königsweg“.

Tabelle 4.5: Personentransport (je Personen-Kilometer)

Personentransport	gCO ₂ /Pkm	Quelle	Erläuterungen
Fahrrad	0,0		
PKW (Ottomotor)	231,4	GEMIS (2010)	Well-to-Wheel: Energiebereitstellung und Fahrzeugwirkungsgrad, ohne Fahrzeugherstellung
Reisebus (Diesel)	47,1	GEMIS (2010)	
ÖPNV	66,1	GEMIS (2010)	Zug mit Bahnstrom
Fernzug	11,6	GEMIS (2010)	Ökostromangebote der DB weisen 0 g CO ₂ aus.
Flugzeug (Inland)	238,1	GEMIS (2010)	

Konzepte zur Vermeidung/Reduktion von Personentransporten

- Fahrradnutzung motivieren
Unter dem Stichwort „Fahrradkomfort“ hat dieser Aspekt Einzug in die Bewertung des Nachhaltigen Bauens gefunden. Überdachte, gegen Diebstahl absichernde Fahrradstellplätze sowie die Möglichkeit, eine Dusche nach einer sportlichen Fahrt zu nehmen, gelten als geeignete Maßnahmen. E-Bikes ermöglichen die komfortable Überwindung von größeren Distanzen. Für sie müssen entsprechende Stromanschlüsse zur Aufladung vorgesehen werden.
- Zentrale Lage wählen (bzw. aus Sicht der Stadtplanung nutzbar machen)
Zentralität kann aus Sicht von Grundstückspreis bzw. Miete sehr teuer sein. Andererseits haben in Deutschland die meisten Städte noch viel Potenzial zur Nachverdichtung. Aufstockungen oder die Bebauung von Flächen, die wenig intensiv, z. B. als Parkplätze, genutzt wurden, sind mögliche Maßnahmen.
- Regionales Personal einstellen
Für Dienstleistungsprozesse wie Reinigung, Sicherheit, Catering wäre das eine Option. Auch hier werden gezielte, längerfristige Strategien erforderlich sein, z. B. Schulpartnerschaften, o.Ä.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Reduktion von CO₂-Emissionen durch die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen möglich ist (Gebäude als CO₂-Senke), ebenso durch die CO₂-arme Energiegewinnung, die Motivierung der Nutzer zu energiesparendem Verhalten und die Reduktion von Transportaufwänden.

4.3 Verbesserung der Nachhaltigkeit im Facility Management

Viele der oben genannten Konzepte finden ihre Anwendung im Gebäudebetrieb. Ein charakteristisches Merkmal ist hier, dass Verbesserungen meist das Zusammenwirken aller im FM agierenden Stakeholder erfordern, vgl. Tabelle 4.6.

Tabelle 4.6: Aktivitäten der Stakeholder im FM zur Erhöhung der Nachhaltigkeit in der Gebäudenutzung

FM-Kunde	FM-Dienstleister	Nutzer
Investition in energiesparende Geräte/Anlagen Finanzierung von Nachhaltigkeits-optimierenden Services, z. B. Bio-Lebensmittel in Kantine, Stehtische, etc.	Kennzahlenerhebung, Benchmarking, Maßnahmen definieren und kommunizieren, Monitoring, Schulung der Mitarbeiter, Beschaffung nachhaltigkeitsoptimierter Arbeitsmittel, etc.	ggf. Mitwirkung bei Stand-by-Schaltung, Lüftungsverhalten, etc., Akzeptanz veränderter Services, Kommunikation konkreter Nutzungsanforderungen, etc.

Da die Bewertung von Nachhaltigkeit im FM einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess (Plan-Do-Check-Act, PDCA) abfragt, sind Aktivitäten zur Optimierung der Facility Services sowohl im Vorfeld einer Zertifizierung als auch in der regelmäßigen Leistungserbringung

erforderlich. Ansatzpunkte sind dafür sowohl die jeweils beanspruchten Ressourcen, als auch die spezifischen Facility Services sowie die FM-Organisation, vgl. Bild 4.5.

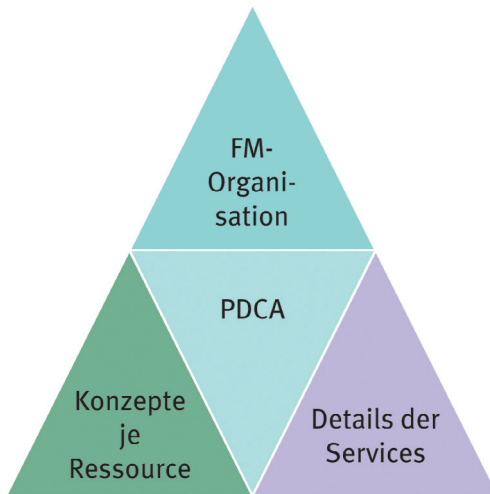


Bild 4.5: Optimierungsansätze für Nachhaltigkeit im FM

Ein Beispiel für Konzepte je Ressource sind die nachfolgenden Vorschläge zur Reduktion des Energieverbrauchs:

- energiesparende Geräte anschaffen
- energiesparende Gebäudetechnik installieren, z. B. im Rahmen von Instandsetzungen
- Schein-aus-Verbräuche durch Steuerung vermeiden, z. B. bei Trafos, Druckern, etc.²⁵
- Bedarfsorientierte Heizungssteuerung

Zur Anregung listet Tabelle 4.7 weitere Vorschläge auf.

Tabelle 4.7: Vorschläge zur Verbesserung der Nachhaltigkeit im FM

Thema	Maßnahmen zur Optimierung, z. B.
allgemein	Einsatz eines Managementsystems, das dem Zyklus aus Plan-Do-Check-Act (PDCA) folgend Verbesserungsmöglichkeiten identifiziert und umsetzt. Voraussetzung dafür ist die Definition von Zielen, Verantwortlichkeiten und Ressourcen.
Energiemanagement	energiesparende Geräte anschaffen, energieproduzierende und -speichernde Anlagen installieren, Stand-by-Verluste durch Steuerung verringern, natürliche Belüftung/Belichtung einsetzen
Wassermanagement	Regenwasser auffangen und für Außenanlagen nutzen, ggf. versickern

²⁵ Es wird geschätzt, dass ca. 7 % des deutschen Stromverbrauchs durch Stand-by-Verluste entstehen. Im Jahr 2001 waren es sogar noch 18 %, vgl. Schlomann und u. a. 2005.

Thema	Maßnahmen zur Optimierung, z. B.
Entsorgungs-Management	Müllarme Servicekonzepte, z. B. Nachfüllbehälter für Reinigungsmittel
Havarie-Management	Vorausschauende Sicherung von Gefahrstoffen, auch gegenüber extrem unwahrscheinlichen Ereignissen, z. B. Überschwemmung
Nutzungskosten-Management	Anpassung der Leistungen an den tatsächlichen Bedarf, professioneller Einkauf (u. a. Rahmenverträge nutzen)
Nutzerzufriedenheits-Management	Kommunikation von Vertragsinhalten, regelmäßige Umfragen
Beschwerde-Management	Zentralisierte und Datenbank-gestützte Beschwerdeaufnahme, Information der Kunden über Beschwerdeabarbeitung
Rechtskonformität	Zentrale und aktuelle Bereitstellung relevanter Rechtsquellen, Schulung der Verantwortlichen zu Veränderungen
Gesundheitsschutz	gesundes Essen in der Kantine, Angebote zur Krankheitsprävention, z. B. Rückenschule, Stehtische
Arbeitssicherheits-Management	Schulung, konsequenter Einsatz von Sicherheits-Ausrüstung
Betriebsstrategie	Beratung zur Erstellung eines immobilien-spezifischen Konzeptes für Werterhalt und Umsetzung der Nachhaltigkeit im FM-Vertrag
Personalressourcen	Aufbauorganisation: Eindeutige Festlegung der Aufgabenbereiche, Schnittstellen und Kommunikation, Qualifikation: Regelmäßiger Abgleich von Anforderungen, vorhandenen Ressourcen und Qualifikationen. Identifikation und Umsetzung von individuellen Weiterbildungsmaßnahmen. Fluktuation: Personalkontinuität in den Schlüsselfunktionen (Objektleitung, ggf. Teilprojektleiter o. Ä.)
Ablauforganisation/Prozesse	Prozesse sind definiert, kundenspezifisch angepasst und kontinuierlich verbessert
Dokumentation, Berichtswesen	Vollständigkeit der Bestandsdokumentation und umfassendes Berichtswesen, z. B. durch Nutzung von CAFM mit mobilen Endgeräten
Beschaffung	Vorgabe von ökologischen und sozialen Zielen beim Einkauf, z. B. Fair-trade-Produkte für die Kantine, recyclingfreundliche Hygienepapiere nutzen, Umweltzertifikate bei Subunternehmern
spezifisch nach Facility Services	
Flächen-Management	Sparsame Flächennutzung durch Ausstattung und Umzugsmaßnahmen fördern

Thema	Maßnahmen zur Optimierung, z. B.
Betreiben	Nutzer über optimale Handhabung der Gebäudeanlagen informieren
Instandhaltung gem. DIN 31051	auf Immobilienstrategie aufbauende, für jedes Gebäudeteil passende Strategie wählen, unnötige Instandsetzungen durch regelmäßige Wartung und Inspektion vermeiden
TGM Projekte (z. B. Umbau)	Umbauten gemäß den Empfehlungen des Nachhaltigen Bauens konzipieren
Reinigung	Wasser- und Gesundheits-schonende Reinigungsmittel einsetzen
Außenanlagen inkl. Winterdienst	regionale Pflanzen wählen (spart Düngung und Bewässerung)
Catering	regionale Produkte einsetzen, auf Wegwerfgeschirr verzichten
Security	regionale Mitarbeiter einsetzen, Fahrten mit Software optimieren.

Optimierungen können nicht nur an Steigerungen von Effizienz und Effektivität ansetzen. Alternative Bedürfniserfüllung könnte einen grundsätzlichen Verzicht auf die bisherigen Ressourcenbeanspruchungen erwirken, vgl. Tabelle 4.8. Meist müssen dafür viele Bereiche und Entscheidungsträger motiviert und beteiligt werden. Dies erhöht den organisatorischen Aufwand für die Umsetzung.

Tabelle 4.8: Ansätze zur Reduktion des Ressourceneinsatzes in Nutzungsprozessen

Ansatz zur Verbesserung	Aufwand zur Umsetzung	Beispiel Mobilität	Beispiel Müll durch Einweg-Kaffeebecher
Effizientere Bedürfniserfüllung	gering	3-l-Autos/Elektro-Autos nutzen	Recyclingprozesse verbessern durch separate Sammelbehälter, o. Ä.
Effektivere Bedürfniserfüllung	mittel	Fahrten bündeln (Software), Fahrgemeinschaften fördern	Nutzung von Mehrwegtaschen (z. B. mit Sponsoren, Firmenlogo, etc.) fördern, Preisgestaltung einsetzen
Alternative Bedürfniserfüllung	hoch	Fahrten vermeiden, durch Videokonferenzen, Ferndiagnose (Gebäudeautomatisierung), etc.	Dezentrale Kaffeebereitung ermöglichen, oder: Wasserspender installieren

Der Einfluss von Facility Management auf Nutzbarkeit, Ressourceneffizienz, Informationsverfügbarkeit und Umweltbelastung ist vor allem durch die lange Dauer der Nutzungsphase von großer Bedeutung. Ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess, der alle Stakeholder mit einbezieht, verspricht eine optimale Erfassung von Optimierungsansätzen. Auch die Möglichkeit einer alternativen Bedürfniserfüllung sollte geprüft werden. Hierbei können Innovationen hilfreich sein.

4.4 Technische Innovationen

Innovationen im Bauwesen können aus Konzepten zur Kostenoptimierung entstehen, aber auch durch ökologische Steuerungskennzahlen motiviert sein. In jedem Falle ist ihr Effekt mittels LzK und LCA zu beobachten und zu überprüfen. In der Anfangsphase lohnt der Einsatz oft nur im Sinne des Alleinstellungsmerkmals, der guten Geschichte oder – im Falle der Öffentlichen Hand – im Sinne eines Vorbildes.

Die nachfolgenden Beispiele für Innovationen sollen darauf aufmerksam machen, was alles kommen könnte. Sie erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

4.4.1 Fassadenmaterialien

- **Glas integriert Verschattung**

Photochromes bzw. elektrochromes Glas reduziert den materiellen Aufwand für die Verschattung von Fenstern. Möglicherweise werden die so verschatteten Fensterflächen künftig mit der Funktion als Projektionsfläche kombiniert. Der Energie-Aufwand für die Steuerung ist dagegen vergleichsweise gering (Leydecker et al. 2008).

Alternativ zur Veränderung der Lichtdurchlässigkeit des Glases gibt es auch in den Glaszwischenraum integrierte Verschattung: **Mikrolamellen**, die für das menschliche Auge kaum sichtbar sind, werden dafür eingesetzt. Sie reflektieren die steil einfallenden Sonnenstrahlen im Sommer, lassen die flacher einfallenden Sonnenstrahlen im Winter aufgrund ihres Neigungswinkels jedoch hindurch. Somit wirken sie als feststehender Sonnenschutz, sind aber durch die Fensterscheiben vor Verschmutzung oder mechanischer Beschädigung geschützt. Ihre Haltbarkeit soll derjenigen der Fensterverglasung entsprechen (www.microshade.de) (o. V. 2014b).

- **Selbstreinigende Oberflächenbeschichtung**

Photokatalyse reduziert den Reinigungsaufwand. Die photokatalytische Wirkung von Titanoxid (TiO_2) wurde schon 1967 in Japan entdeckt. Titanoxid wirkt als Katalysator im Zusammenspiel mit dem ultravioletten Lichtanteil und Wasser. Weil sich Titanoxid bei diesem Prozess nicht verbraucht, ist keine Erneuerung der Beschichtung erforderlich. Eine Erneuerung wäre vor Ort jedoch auch gar nicht möglich: der Wirkstoff wird unter industriellen Bedingungen (Vakuumverfahren) als ultradünner Film aufgedampft. Weil der Film so dünn sein kann, ist er transparent und für Fenster ebenso wie für Fliesen gut geeignet. Bautechnisch ist zu beachten, dass Titanoxid-beschichtete Oberflächen nicht mit Silikon als Fugendichtung verbaut werden dürfen (aus dem Silikon austretendes Öl führt sonst zu Schlieren auf dem hydrophilen Glas).

Eine Beschichtung mit extrem kleinen Oberflächenpartikeln (Nanobeschichtung) führt dazu, dass Regenwasser die Fläche nicht gleichmäßig benetzt, sondern als Wassertropfen abperlt und dabei den aufliegenden Schmutz mitnimmt. Dieser sogenannte **Lotus-Effekt** kann auf Gläsern wie auch auf Sanitärkeramik erzielt werden. Nachbeschichtungen durch Aufsprühen sind möglich (Qualität im Einzelfall prüfen).

- **Luftreinigende Fassadenbeschichtung**

Je nach der Zusammensetzung einer Oberflächenbeschichtung kann die Photokatalyse auch zur Luftreinigung nutzbar gemacht werden. Durch entsprechend eingebundene Nanopigmente können Luftschadstoffe wie Stickoxid, Ozon, Schwefeldioxid in Wasser, Kohlendioxid bzw. Nitrate (wirkt als Pflanzendünger) umgewandelt werden (z. B. Fassadenanstrich auf Silikonharzbasis, Sigma Silioxan NOx).

- **Hydrophobe Beschichtung gegen Urinbeschmutzung**

Unter der Überschrift: „Die Mauer pinkelt jetzt zurück“ werden Lackierungen beschrieben, die auftreffendes Wasser im gleichen Winkel zurückwerfen. Im Zusammenhang mit Hinweisschildern kann damit gegen wildes Urinieren in Gegenden mit viel abendlichem Publikumsverkehr vorgegangen werden (Wiederhold 2016a).

4.4.2 Integrierte Stromerzeugung

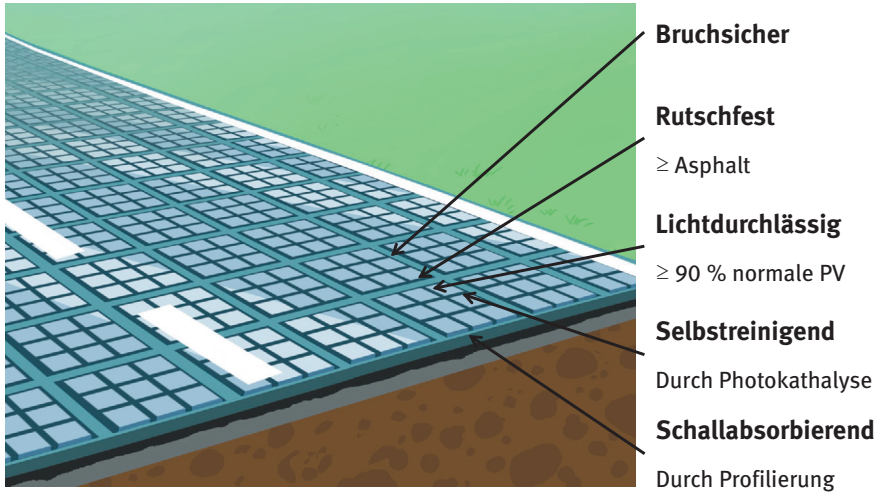
- **Photovoltaik im Straßenbelag**

Wie wäre es, wenn der Strom für Straßenbeleuchtung und Elektroautos direkt in der Straße erzeugt würde?

Genügend Fläche ist vorhanden. Die Firma Solmove entwickelt eine Solarstraße, die auf mäßig befahrenen Straßen ca. 100 Watt je m², d. h. ca. 100 kWh im Jahr erzeugen soll. Damit könnte ein km Landstraße ca. 150 Haushalte mit Strom versorgen (Müller-Judex 2016).

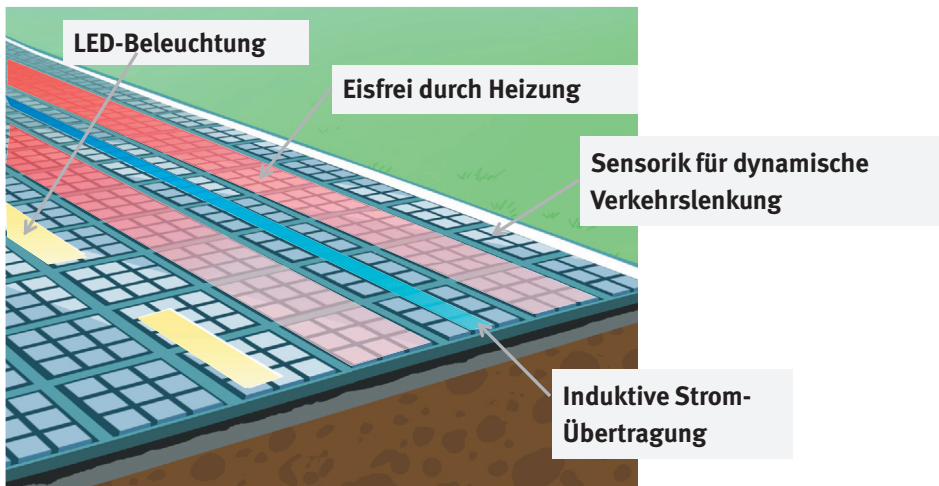
Fliesen aus Glas schützen eine Photovoltaik-Schicht. Durch eine in Erforschung befindliche Oberflächengestaltung wird das Glas rutschfest, selbstreinigend und schallabsorbierend. Auch einen Abbau von Stickoxiden will man dabei erreichen. Die Fliesen werden mit Karbonfäden zu einem Teppich verbunden, der mittels einer ca. 5 cm starken Matte aus Kunststoff-Recyclat auf der bestehenden Fahrbahn ausgelegt werden kann, vgl. Bild 4.6.

Möglich wäre es, die Elektroautos im Vorbeifahren induktiv zu betanken. Das würde die Reichweite der Ladung vergrößern. Jegliche Art von Kommunikations- und Verkehrstechnik könnte integriert werden, vgl. Bild 4.7.



Quelle: Solmove, Donald Müller-Judex (Übersetzung durch Autorin)

Bild 4.6: Photovoltaik im Straßenbelag – Aufbau



Quelle: Solmove, Donald Müller-Judex (Übersetzung durch Autorin)

Bild 4.7: Photovoltaik im Straßenbelag – Optionen für die Nutzung

- **Strom aus (menschlicher) Bewegung**

Wo gegangen oder getanzt wird, wird Bewegungsenergie frei, die man auch in elektrische Energie umwandeln könnte. Schon 2013 wurde in einer Londoner U-Bahn getestet, wie entsprechende Piezo-Elemente in den Bodenbelag eingelassen werden könnten (Lossau 2013). Der Stromertrag diente der Beleuchtung der Station.

Auch in Lichtschaltern könnte die mechanische Energie der Schalterbetätigung ausreichen, um ein elektrisches Signal zur Leuchten-Steuerung auszusenden. Damit könnte man außerdem die Kabel zum Lichtschalter und vom Lichtschalter zur Leuchte einsparen.

- **Strom aus geringen Temperaturunterschieden**

Thermoelektrische Elemente haben zwar bisher einen sehr geringen Wirkungsgrad. Aber weil Wärme vielfach als „Ab“-Wärme am Ende einer Energie-Nutzung entsteht, gibt es umgekehrt auch ein besonders großes Potenzial. Die Abwärme von Autos könnte in Tunneln beispielsweise für den Betrieb von Sensoren genutzt werden, die sicherheitsrelevante Kennwerte ermitteln (Kohlenmonoxid-Konzentration, Temperatur, etc.).

4.4.3 Energiespeicherung

- **chemische Wärmespeicherung**

Gebrannter Kalk gibt beim „Ablöschen“ (Hinzufügen von Wasser) eine große Menge Wärme ab: bis zu 450 Grad Celsius. Wenn dem Kalk durch (Ab-)Wärmezufuhr das Wasser wieder entzogen wurde, dann steht er erneut als Wärmequelle (im Falle der Wasserzufuhr) zur Verfügung. So könnte man Kalk zur chemischen Speicherung der Energie aus Abwärme einsetzen. An der Leuphana Universität Lüneburg wird dieses Prinzip unter Einsatz z. B. von Magnesiumchlorid – ein Abfallprodukt der Kali-Industrie – zur „**thermischen Batterie**“ entwickelt (Dahlmann 2016).

Je nach dem verwendeten Speichermaterial (Salze) kann ein Temperaturniveau zwischen 50 und 1000 Grad Celsius erzielt werden. Die Energiespeicherung mittels einer umkehrbaren chemischen Reaktion hat den Vorteil, dass sie fast keine Verluste aufweist, auch nicht bei langer Speicherzeit. Sie ist zudem viel kompakter als Wärmespeicher auf Wasserbasis: 1 m³ Substrat kann bis zu 80 kWh an Wärmeenergie sparen. Interessant ist z. B. die Kombination mit einem dezentralen Blockheizkraftwerk. Wenn dieses im Sommer bei der Stromerzeugung mehr Wärmeenergie erzeugt, als in Form von Warmwasser verbraucht werden kann, dann könnte der chemische Wärmespeicher „geladen“ werden (Leuphana Universität Lüneburg 2015).

- **Chemische Stromspeicherung**

Überschüssige elektrische Energie, z. B. aus überregionaler Stromerzeugung mittels Photovoltaik oder Windkraft, kann Wasserstoff erzeugen, der wiederum in der Brennstoffzelle zur Erzeugung von Strom und Wärme genutzt wird. Mit Wasserstoff und Brennstoffzellen könnte auch eine abgasfreie Mobilität entstehen. Unter dem Stichwort „**Power to Gas**“ wird dieses Konzept beforscht und zur Marktreife entwickelt.

4.4.4 Sensorsteuerung

- **in der Müllentsorgung**

Sensoren und deren Einbindung in Steuerungsprozesse werden stets kostengünstiger. Nun gibt es Beispiele, wie sie in Müllcontainern angebracht werden, um deren Füllstand zu überwachen. Mit diesen Informationen wird vermieden, dass das Müllfahrzeug für einen halbvollen Container anfährt. Stattdessen wird der optimale Entleerungszeitpunkt

prognostiziert und mit der Routenplanung verknüpft. So konnte die Stadt Rotterdam mit 400 sensorbestückten Müllbehältern die gefahrenen Kilometer der Müllwerker wie auch deren Arbeitseinsatzzeiten um nahezu 50 % reduzieren (Marquardt 2016).

- **in der Straßenbeleuchtung/Beleuchtung des Außenraums**

Die „mitlaufende Lichtsteuerung“ reagiert auf Bewegung und leuchtet genau dort, wo sie benötigt wird. Das reduziert den Energieaufwand genauso wie den nächtlichen Lichtstress für Flora und Fauna in der Stadt. Drahtlos können die farblich anpassbaren LED-Leuchtmittel angesteuert werden und je nach Verkehrsdichte schwächer oder heller leuchten. Damit kann der Stromverbrauch für die Straßenbeleuchtung um ca. 80 % reduziert werden (Asendorf 2016).

Dieses Konzept der Lichtsteuerung kann genauso gut in Innenräumen Anwendung finden, um z. B. der nachts arbeitenden **Putzkolonne** bedarfsgerecht den Arbeitsplatz zu erhellen.

4.4.5 Roboter im Gebäudemanagement

- **Inspektion mit Drohnen**

Ferngesteuerte Flugobjekte – „Drohnen“ – werden zunehmend für die optische Inspektion von schwer zugänglichen Gebäudebereichen, z. B. Dächer, Gesimse, etc., genutzt. Dabei sind die Auflagen der Flugsicherung zu beachten.

- **Reinigungs-Roboter**

Dachflächen, die nicht bzw. nur für Fassadenkletterer begehbar sind, können von Reinigungs-Robotern gepflegt werden. Diese waren z. B. auf dem Glasdach des Berliner Hauptbahnhofes im Einsatz.

Staubsaug-Roboter haben bereits die Elektronik-Kaufhäuser erreicht, wo sie für den Privathaushalt angeboten werden. Sie bewegen sich gemäß ihrer Programmierung autonom durch den zu pflegenden Raum. Zur Batterieaufladung dient eine Ladestation, die auch die Parkposition des Staubsaug-Roboters darstellt. Zwar können diese kleinen Geräte (meist rund, etwa so groß wie eine Personenwaage, ca. 8–10 cm hoch) um Möbelfüße herumarbeiten, aber ein hoher Überstellungsgrad führt ggf. zu einem unbefriedigenden Saugergebnis.

- **autonome Rasenmäher**

Als elektronisches Schaf könnte man das Pendant zum Staubsaug-Roboter bezeichnen. Dieser mäht den Rasen täglich und pustet den Rasenschnitt gleich wieder auf die Grünfläche. Weil der Abschnitt so klein ist, fällt er zwischen den Grashalmen hindurch und wirkt als Nährstoff für den Boden. Entwicklungsbedarf besteht aktuell in der Bewältigung der Rasenränder. Wenn diese nicht überfahrbar sind – z. B. im Falle von Einfassungsmauern –, dann bleibt ein hochwachsender Wiesenrand stehen.

- **Roboter als Schornsteinfeger?**

So wie im Gesundheitswesen mit Pflege-Robotern experimentiert wird, kann auch in der Gebäudeinspektion und -instandhaltung ein Einsatz künftig möglich werden.

4.5 Zusammenfassung der Optimierungskonzepte

Je nach Kennzahl des Lebenszyklus-Managements wurden in diesem Kapitel Herangehensweisen zur Optimierung vorgestellt. Dabei gibt es große Schnittmengen zwischen einer Kosten- und einer Umwelt-Optimierung im Lebenszyklus. Alle Maßnahmen, die zu einem geringeren Material- und Energieeinsatz führen, werden sich auch finanziell auswirken. Tabelle 4.9 gibt einen Überblick über mögliche Konzepte.

Tabelle 4.9: Übersicht über Optimierungskonzepte im Lebenszyklus von Immobilien

Optimierungsziel	Konzept	Beispiel für Maßnahme
LzK reduzieren	Folgekosten durch Herstellungskosten substituieren	Geothermische Anlage, Eisspeicher
	Herstellungskosten durch Folgekosten substituieren	selten benötigte, technische Anlagen nur temporär einbringen/mieten, z. B. zur Fassadenreinigung
	Herstellungs- und Folgekosten parallel reduzieren	Technikvermeidung, z. B. durch thermische Speichermassen
	Folgekosten reduzieren, ohne Auswirkung auf Herstellungskosten	Abfallmanagement
CO ₂ -Emissionen reduzieren	analog zu LzK	Flächeneffizienz, erneuerbare Energiequellen, Technikvermeidung, Energiemanagement
	Transporte reduzieren	regionale Produkte nutzen
	Gebäude als CO ₂ -Senke	Holz als Baustoff
FM nachhaltig gestalten	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess gemäß den GEFMA 160-Kriterien	Wassermanagement
Technische Innovation nutzen	Selbstreinigende Oberflächen	Photokatalytische Beschichtung
	integrierte Verschattung	Mikrolamellen zwischen den Glasscheiben
	integrierte Stromerzeugung	PV im Straßenbelag
	Sensorsteuerung	Straßenbeleuchtung nach Bedarf
	Robotereinsatz	Reinigungsroboter

5 Best Practices im Lebenszyklus-Management

Nachfolgend werden drei idealtypische Fallbeispiele gezeigt, die alle eine vorbildliche Optimierung für den Lebenszyklus umgesetzt haben. Die Optimierungsansätze kann man mit High Tech, Low Tech und Weiterbauen/-nutzen charakterisieren.

Die Angaben stammen überwiegend von den genannten, an den Projekten beteiligten Personen. Die LzK wurden durch die Autorin ermittelt, ebenso einige fehlende Kennzahlen. Da die Gebäude nur bedingt vergleichbar sind, wurde ein vereinfachtes Gebäudemodell für eine Gegenüberstellung entworfen. Damit können die LzM-Aspekte Nutzbarkeit, Ressourceneinsatz und Umweltschonung im Vergleich analysiert werden. Die informationstechnische Optimierung im Lebenszyklus wird hierbei jedoch ausgeklammert.

5.1 Beispiel mit hohem Technikeinsatz (High Tech)

Das Umweltbundesamt (UBA) hat im Jahr 2013 ein Bürogebäude mit 31 Arbeitsplätzen in Einzelbüros in Betrieb genommen. Als eine Behörde, die selber Standards im Bereich der Umweltschonung formuliert, hatte das UBA den Anspruch, ein Haus zu bauen, das möglichst weitgehend aus nachwachsenden Rohstoffen besteht und bereits zum Zeitpunkt seiner Planung in 2010 die Anforderungen eines „Null-Energie-Hauses“ (Niedrigstenergiestandard) erfüllt, die ab 2019 an alle Neubauten der öffentlichen Hand gestellt werden. Daher kommt der Name „Haus 2019“ für das Gebäude mit der Adresse: Schichauweg 58, 12307 Berlin, Deutschland.

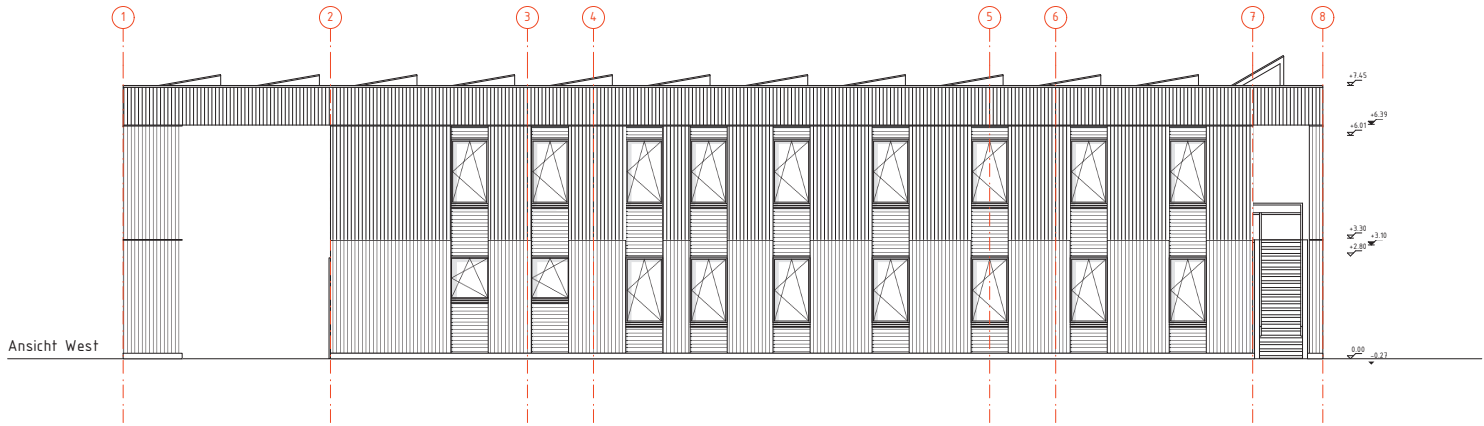
5.1.1 Haus 2019 – Gebäudebeschreibung

Die nachfolgenden Angaben entstammen den Gesprächen mit dem Gebäudeverantwortlichen des UBA, Herrn Herzig, der mehrfache Besichtigungen ermöglichte, mit Herrn Kerz, der die Nachhaltigkeitsbewertung vorgenommen hat, und den verfügbar gemachten Unterlagen.

Das Haus 2019 umfasst zwei Etagen mit 2,80 m lichter Raumhöhe. Einen Keller gibt es nicht, die Technikräume wurden im EG untergebracht. Es hat die Form eines Kubus, aus dem eine tiefe, 2-geschossige Loggia auf der Eingangsseite (Süden) ausgeschnitten wurde. Alle Büros sowie die Konferenzräume wurden entlang der Fassade angeordnet. Die nicht natürlich belichteten Innenflächen werden für dienende Räume genutzt. Ein großes Dachflächenfenster beleuchtet den offenen Treppenraum mit Lobby sowie einen Teil der Flure. Für die Flure des Obergeschosses gibt es außenliegende, „notwendige Treppen“ (Fluchttreppen), die entlang der Nordfassade führen und von der großen Dachfläche überdacht werden.

Nutzungsprogramm

Außer den 31 Zellenbüros – davon eines als Eltern-Kind-Raum ausgestattet – bietet das Gebäude drei Konferenzräume, einen Erste-Hilfe-Raum, Umkleiden, Duschen, WC-Anlagen, Teeküchen und weitere Nebenräume.



Braun – Kerbl – Löffler, Architekten und Ingenieure

Bild 5.2: Ansicht – Haus 2019



Bild 5.4: Holzfassade und Vordach auf der Süd-/Eingangsseite von Haus 2019

Fassade

Die Fassade ist mit einer Vertikal-Schalung aus lokal geschlagenem Aspenholz (Pappelart) versehen. Damit diese ohne Beschichtung länger haltbar wird, ist sie thermisch behandelt worden. Dadurch wurde die Lebensdauer von ca. 5 auf >25 Jahre erhöht. Der Fensteranteil ist entsprechend dem Tageslichtbedarf ausgelegt worden. Die Holz-Aluminium-Fenster haben eine 3-Scheiben-Verglasung mit einem außenliegenden Sonnenschutz. Damit dieser Sonnenschutz bei jedem Wetter einsetzbar ist – ohne Sturmschäden zu erleiden –, wurde eine vierte Glasscheibe außen, offen aufgesetzt. Der *U*-Wert des Fensterelementes liegt unter 0,8.

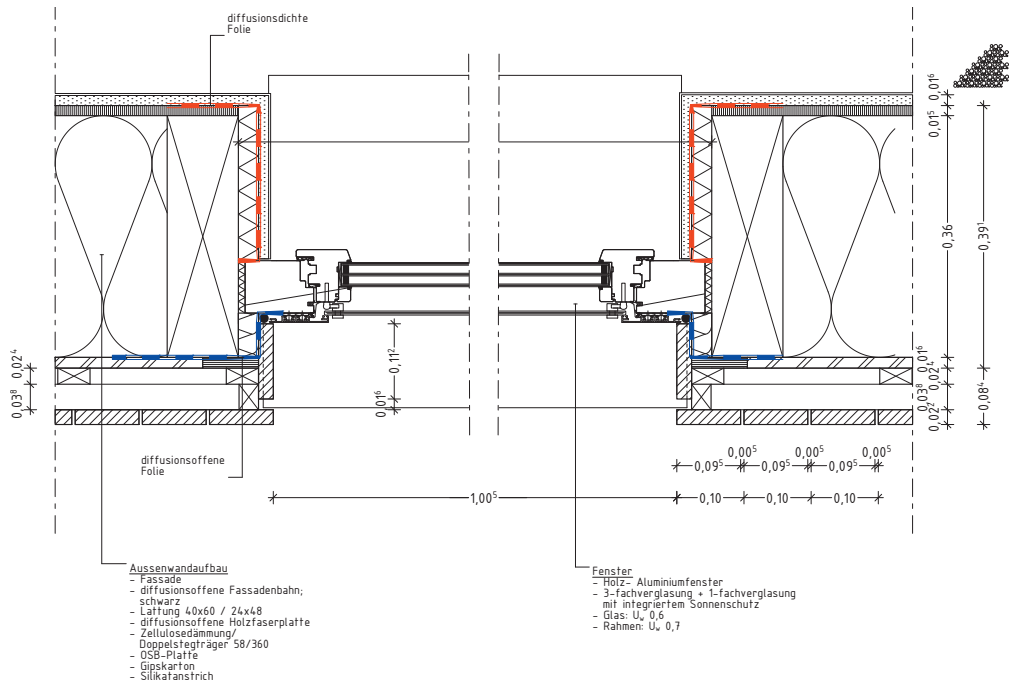
Dach

Das Flachdach ist begrünt und zudem mit Kollektoren bedeckt, die einen Neigungswinkel von 10 Grad aufweisen.

Innenausbau

Der Bodenbelag besteht aus Industrieparkett, die Treppe aus Sichtbeton als Oberfläche.

Die Außenwände weisen innen Gipsfaserplatten mit Silikat-Anstrich als Raumbofläche auf.



Braun – Kerbl – Löffler, Architekten und Ingenieure

Bild 5.5: Horizontaler Fassadenschnitt – Haus 2019

Eine weiße Lasur auf der sichtbaren Holzunterseite der Deckenelemente erhöht die Reflexion des Lichtes und verbessert damit die Ausleuchtung der Raumtiefe.

Gebäudetechnik

Da eine Holzkonstruktion keine große thermische Masse aufweist, die Wärme puffern könnte, wird die geforderte Temperierung (plus-minus 3 Grad gegenüber der Zieltemperatur) technisch hergestellt. Dazu gibt es Flächen-Heizelemente in den Außenwänden und Flächen-Kühlelemente in den Innenwänden. Zuluft strömt aus Boden-Quellauslässen in Schreibtischnähe aus. Die Abluft wird unterhalb der Decke in Türrnähe abgesaugt. Entsprechend sind Zu- und Abluftleitungen in den Hohlraum-Böden bzw. -Decken installiert. Kontakte an den Fenstern und Anwesenheitssensoren steuern die Raumtemperierung.

Tageslichtsensoren, ebenfalls mit Anwesenheitssensoren verknüpft, dienen der Steuerung der künstlichen Beleuchtung. Diese besteht aus parallel zum Fenster angeordneten, linearen, auf die Decke aufmontierten LED-Rasterleuchten.

Zur energetischen Selbstversorgung dienen Photovoltaik-Module (Strom) und einige Solarthermie-Paneele (Warmwasser für Waschbecken und Duschen) auf dem Dach. Zudem versorgt eine Geothermie-Anlage das Gebäude mit Wärme bzw. Kälte (im Sommer). Diese Anlage nutzt das im Primärprozess des Umweltbundesamtes verwendete Grundwasser als Wärmequelle (Synergie mit Primärprozess).

5.1.2 Allgemeine Kennzahlen

Flächenkennzahlen

Tabelle 5.1: Haus 2019 – Flächen nach DIN 277

Flächenart	m ²
Bruttogrundfläche	1 264,04
Konstruktionsgrundfläche	218,58
Nettoraumfläche	1 045,46
Nutzungsfläche	741,62
Verkehrsfläche	223,28
Technikfläche	80,56
Nutzflächen 1–6	586,40
Nutzfläche 7	155,22
weitere Kennzahlen	
Höhe (brutto, gemittelt)	8,10 m
Höhe über der Erde	7,45 m
Bruttorauminhalt	5 119 m ³

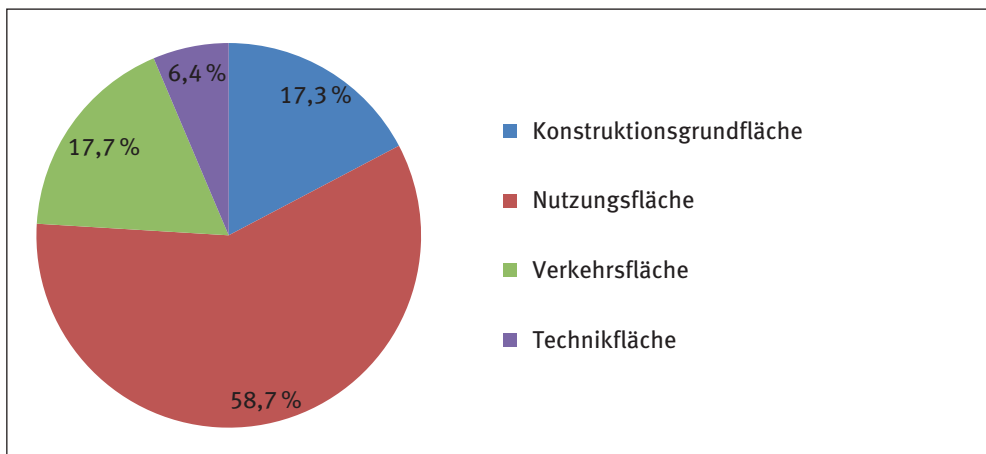


Bild 5.6: Flächenanteile – Haus 2019

Bauelemente – Massen**Tabelle 5.2:** Bauelemente – Haus 2019

Flächenart	m ²
Bodenfläche gegen Erdreich/Fundament	632,02
Fassadenfläche	979,23
Fensterfläche	113,06
Dachfläche	822,08
Dachfensterfläche	17,81
Deckenflächen (innen)	621,54

Verhältniszahlen

NF/BGF:	0,59
BRI:	4 754 m ³
A/V-Verhältnis.	0,44
Fensterflächenanteil:	11,5 %

Thermische Qualität der Gebäudehülle**Tabelle 5.3:** U-Werte in Haus 2019

Fenster	< 0,8
Außenwand	0,10
Dachfläche	0,08
Dachfenster (Glas)	0,60
Bodenplatte	0,09

5.1.3 Maßnahmen des LzM – Nutzbarkeit• **Bedarfskonzept**

– Flächenbedarf

gemäß RBBau konzipiert, z.B. 12 m² für Einzelbüros der Sachbearbeiter, um wenige Prozent überschritten. Hier wurde die Entscheidung getroffen, alle Büros etwa gleich groß zu machen. Keine Unterscheidung zwischen Sachbearbeitern, Referenten. Hintergrund ist leichte Umverteilung bei personellen Veränderungen.

Erste-Hilfe-Raum, Eltern-Kind-Büro und Besprechungsräume für Bestandsgebäude mit nutzbar.

- Komfortniveau: hoch, Beleg, dass für Null-Energiehaus keine Abstriche gemacht werden müssen beim Komfort
- Barrierefreiheit
umgesetzte Qualitäten sind Ergebnis der Festlegungen des Behindertenbeauftragten des UBA, z. B. durch tasterbetriebene Türöffnung im Eingangsbereich, Aufzug
- Technische Ausstattung
Besprechungsräume mit Video-Konferenz-Equipment
- Gastronomie
fehlt bisher, wird mit dem nächsten geplanten Gebäude angestrebt
- Flächen für Unterstützungsprozesse gibt es im Infrastrukturräum
- **Nutzungsflexibilität**
 - Erreichbarkeit
die Lage am Stadtrand von Berlin ist dem Flächenbedarf für die Testanlagen des Umweltbundesamtes geschuldet. Der 15- bis 20-minutige Fußweg zum Öffentlichen Nahverkehr wird teilweise durch einen individuellen Hol- und Bringe-Service für Gäste verkürzt.
 - Universalität
durch einheitlich große Büroräume umgesetzt
 - Veränderbarkeit
Mobile Wände in Besprechungsräumen
 - Umbau in größere Raumeinheiten ist wegen der Heiz- und Kühlflächen nur schwer möglich. Die Decken lagern auf tragenden Flurwänden auf, d. h. die Trennwände zwischen den Büroräumen sind meistens nicht statisch notwendig. Die für größere Raumeinheiten (ab 100 m²) erforderliche Raumhöhe (bis 100 m² Raumgröße) wäre vorhanden
 - Nachinstallationen in Bodenkanälen und Decken möglich
- **Gesundheitsschutz**
 - Schallschutz
durch „Masse“ in den Decken erzielt
 - Staub reduzieren
Pollen sind reduziert durch Belüftung/Filterung
 - Schimmel vermeiden
homogene Holzkonstruktion weist keine Wärmebrücken auf, zudem gibt es Tauwassermelder in den Außenwänden
 - Ergonomische Einrichtung des Arbeitsplatzes
Elektrisch höhenverstellbare Arbeitstische in jedem Büro, blendfreie Bildschirm-aufstellung

- **Verfügbarkeit**

- Sonnenschutz: dieses bewegliche und durch Wind üblicherweise stark mechanisch beanspruchte Bauelement wurde durch die zusätzliche, vierte Glasscheibe so umfassend geschützt, dass man mit einer 100%igen Verfügbarkeit rechnet.

5.1.4 Maßnahmen des LzM – Ressourceneinsatz und Umweltschonung

- **Ressourceneinsatz – Material**

Der nachwachsende Baustoff **Holz** wurde überall eingesetzt, wo es möglich war: in der Tragkonstruktion, als Oberfläche der Deckenunterseiten, als Fassadenmaterial, als Bodenbelag. Dabei wurde auf die Nachweise, dass die Hölzer einer zertifizierten Forstwirtschaft entstammen, besonderen Wert gelegt, vgl. Bild 5.7.

- Ressourceneinsatz – Regenerative Energiequellen

Umweltenergie wird mittels Photovoltaik, Solarthermie und Geothermie genutzt. Wenn die Einspeisungen von Überschüssen aus der PV-Anlage über das Jahr hinweg mit dem Strombezug aus dem öffentlichen Stromnetz verrechnet werden, dann ist das Gebäude nicht nur autark, sondern konnte auch einen Überschuss produzieren. Im Jahr 2014 belief sich dieser Überschuss auf ca. 30 000 kWh Strom. Tabelle 5.4 stellt die im Monitoring für 2014 festgestellten Werte für den Energieverbrauch und die Energieerzeugung gegenüber (Beyer, Esther, u. a. 2015). Diese Werte sind nicht witterungsbereinigt.

Tabelle 5.4: Energiebilanz – Haus 2019

Energieverbrauch	kWh/a	kWh/ (m ² _{NGF} ·a)	Energieerzeugung	kWh/a
Strom	42 000	40,2	Photovoltaik	69 000
Wärme	30 000	28,7	Solarthermie	2 000
			Geothermie-Wärme	(Messfehler)
Kälte	18 000	17,2	Geothermie-Kälte	18 000
Summe – Verbrauch	90 000	86,1	Summe Erzeugung	ca. 120 000

- Reduktion des Energieverbrauchs

Grundsätzlich wurden energiesparende Geräte verwendet, z. B. LED-Leuchten. Die Aufzugsnutzung wurde durch die seitliche Platzierung des Aufzugs gegenüber der Treppennutzung weniger attraktiv gestaltet. Weitere Einsparmöglichkeiten wurden im Gebäudebetrieb erkannt, z. B. die Abschaltung der Magneten zur Offenstellung der Türen in den notwendigen Fluren ab 22 Uhr.

- Bedarfsabhängige Temperierung und Beleuchtung (Sensoren)

Bewegungsmelder fahren Heizung bzw. Kühlung und Lüftung erst an, wenn der Raum betreten wird. Bei Abwesenheit wird ein Abweichen der Temperatur vom Zielwert zugelassen (Absenkung).




**Certificate
of
Registration**

This is to certify that

Kronospan OSB
"the certified site"

has been certified in accordance with the requirements of the
Forest Stewardship Council A.C.
Using the FSC chain of custody standard.

and that

Kronospan OSB
of
Na hranici 6, 587 04 Jihlava, Czech Republic

**is hereby licensed to use the FSC Logo on and sell as FSC certified all
products listed on the attached product schedule as FSC Mixed.**

This certificate is only valid for sale of FSC products when accompanied by a current
product schedule. Validity of this certificate may also be verified by checking the FSC
database: www.fsc-info.org or by contacting Woodmark: wm@soilassociation.org

Certificate Registration code:	SA-COC-002026
Issued by:	Woodmark South Plaza, Marlborough St Bristol, BS1 3NX United Kingdom
Issue date	10 th October 2008
Valid until the Renewal Date:	9th October 2013 <i>Subject to successful annual surveillance</i>

Signed on behalf of Woodmark by the
Soil Association Certification Officer



Nicholas Underhay

CA-COC-006-11 Sept 08 © Prepared by EcoSylva Ltd on behalf of Soil Association Certification Ltd Page 1

This Certificate is the property of Soil Association Certification Ltd and all copies or reproductions of the certificate shall be returned to the
Soil Association Certification Ltd immediately on request.
A description of the products or services that are included in the scope of the certificate may be obtained from Woodmark on request.
FSC Trademark © 1996 Forest Stewardship Council A.C. FSC-ACC-002

Bild 5.7: Beispiel für Holz-Zertifikat von „OSB-Platten“²⁶ im Haus 2019

26 OSB: „oriented strand board“, d. h. Platte aus ausgerichteten Spänen, für den Rohbau mit Holzwerkstoffen

- **Ressourceneinsatz – Kosten**

Da Haus 2019 zunächst einmal belegen sollte, dass ein Niedrigstenergiehaus mit hohem Anteil an nachwachsenden Rohstoffen und ohne Abstriche beim Komfort umsetzbar ist, waren Optimierungsprozesse nicht primär auf die Kosten ausgerichtet. Weitere Erläuterungen dazu finden sich in 5.1.5.

- **Umweltschonung – Lokale Umwelt**

- Verzicht auf Holzbeschichtung im Außenbereich – nur thermische Behandlung

- **Umweltschonung – globale Umwelt**

- Lokale Bezugsquellen bevorzugt, allerdings sind Kompromisse erforderlich gewesen: eine Holzkonstruktion in dieser Tragfähigkeit war nur aus der Schweiz erhältlich.
- weitere Informationen zu den Umweltwirkungen von Haus 2019 finden sich in 5.1.6.

5.1.4.1 BNB-Bewertung in Gold

Als Ergebnis der geschilderten Maßnahmen in der Planungs- und Bauphase konnte eine sehr gute Bewertung der Nachhaltigkeit für Haus 2019 erzielt werden, vgl. Bild 5.8.

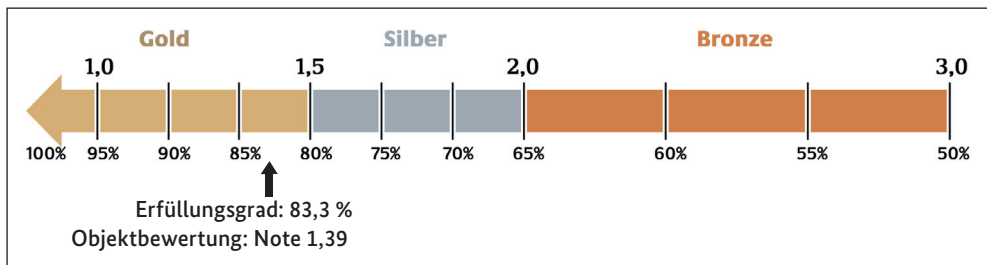


Bild 5.8: Bewertungsergebnis Haus 2019 im BNB (Quelle: Urkunde UBA)

Der BNB-Bewertungsbogen, vgl. Bild 5.9, zeigt die Stärken der Gebäudekonzeption im Detail auf. Insbesondere die ökologische und die technische Qualität erzielten Höchstwertungen.



Einzelbewertung

	Erfüllungsgrad	Note
Ökologische Qualität	91%	1,1
Wirkungen auf die globale Umwelt		
1.1.1 Treibhauspotenzial (GWP)	100%	
1.1.2 Ozonschichtabbau Potenzial (ODP)	100%	
1.1.3 Ozonbildungspotenzial (POCP)	75%	
1.1.4 Versauerungspotenzial (AP)	100%	
1.1.5 Überdüngungspotenzial (EP)	100%	
1.1.6 Risiken für die lokale Umwelt	75%	
1.1.7 Nachhaltige Materialgewinnung / Holz	100%	
Ressourceninanspruchnahme		
1.2.1 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PEne)	100%	
1.2.2 Gesamtprimärenergiebedarf (PEges) und Anteil erneuerbare Primärenergie (PEe)	100%	
1.2.3 Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	87%	
1.2.4 Flächeninanspruchnahme	70%	
Ökonomische Qualität	71%	1,8
Lebenszykluskosten		
2.1.1 Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	69%	
Wertentwicklung		1,8
2.2.1 Drittverwendungsfähigkeit	75%	
Soziokulturelle und funktionale Qualität	72%	1,8
Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit		
3.1.1 Thermischer Komfort im Winter	95%	
3.1.2 Thermischer Komfort im Sommer	100%	
3.1.3 Innenraumhygiene	88%	
3.1.4 Akustischer Komfort	41%	
3.1.5 Visueller Komfort	59%	
3.1.6 Einflussnahme des Nutzers	100%	
3.1.7 Aufenthaltsmerkmale im Außenraum	100%	
3.1.8 Sicherheit und Störfallrisiken	80%	
Funktionalität		
3.2.1 Barrierefreiheit	100%	
3.2.2 Flächeneffizienz	48%	
3.2.3 Umnutzungsfähigkeit	85%	
3.2.4 Zugänglichkeit	20%	
3.2.5 Fahrradkomfort	100%	
Sicherung der Gestaltungsqualität		
3.3.1 Gestalterische und städtebauliche Qualität	10%	
3.3.2 Kunst am Bau	70%	
Technische Qualität	100%	0,9
Qualität der technischen Ausführung		
4.1.1 Schallschutz	100%	
4.1.2 Wärme- und Tauwasserschutz	99%	
4.1.3 Reinigung und Instandhaltung	100%	
Prozessqualität	84%	1,4
Qualität der Planung		
5.1.1 Projektvorbereitung	61%	
5.1.2 Integrale Planung	90%	
5.1.3 Komplexität und Optimierung der Planung	90%	
5.1.4 Ausschreibung und Vergabe	100%	
5.1.5 Voraussetzungen für eine optimale Bewirtschaftung	88%	
Qualität der Bauausführung		
5.2.1 Baustelle / Bauprozess	54%	
5.2.2 Qualitätssicherung der Bauausführung	100%	
5.2.3 Qualitätssicherung der Bauausführung	75%	
5.2.4 Systematische Inbetriebnahme	100%	
Standortmerkmale	54%	2,7
Standortmerkmale		
6.1.1 Risiken am Mikrostandort	81%	
6.1.2 Verhältnisse am Mikrostandort	83%	
6.1.3 Quartiersmerkmale	54%	
6.1.4 Verkehrsanbindung	17%	
6.1.5 Nähe zu nutzungsrelevanten Einrichtungen	15%	
6.1.6 Anliegende Medien / Erschließung	93%	

BNB Urkunde UBA

Bild 5.9: Bewertungsergebnis im Detail für Haus 2019

Die Standortmerkmale werden in BNB nur ausgewiesen, nicht aber in die Gesamtbewertung integriert (analog in DGNB). Als Reaktion auf die relativ weit entfernten ÖPNV-Angebote wurde ein Abholservice für Besucher eingerichtet.

5.1.5 Lebenszykluskosten

Die Berechnung gemäß der obigen Kennzahlen sowie der Vorgaben aus BNB_NB (2015) verwendet folgende Parameter:

- Zinssatz 1,5 %
- Allg. Preissteigerung (z. B. Baukosten) 2,0 %
- Preissteigerung Energiekosten 5,0 %
- Preissteigerung Wasser-/Abwasserkosten 2,0 %
- Preissteigerung Dienstleistung Reinigung 2,0 %

Die Kostendaten sind der LzK-Berechnung von Herrn Kerz für die BNB-Bewertung entnommen. Er verwendete dabei die tatsächlich abgerechneten Werte. Für 50 Jahre ergeben sich daraus die in Tabelle 5.5 aufgeführten Barwerte der Zahlungen im Lebenszyklus.

Tabelle 5.5: LzK Haus 2019 je m²_{BGF} (netto, 1,5 % Kalkulationszinssatz, 5 % Energiepreissteigerung, 50 a)

Kostenart im Lebenszyklus	Kosten netto, Preisstand 2012
Herstellkosten KG 300	1 311,96 €
Herstellkosten KG 400	905,64 €
Barwert Instandsetzungen KG 300	104,14 €
Barwert Instandsetzungen KG 400	901,74 €
Barwert Wartung, Inspektion KG 300	74,16 €
Barwert Wartung, Inspektion KG 400	1 096,22 €
Barwert Nutzungskosten Reinigung	288,53 €
Barwert Nutzungskosten Energie	0,00 €
Barwert Nutzungskosten Wasser/Abwasser	30,57 €
LzK	4 712,97 €

Die prozentuale Verteilung der Kosten dieses Hauses mit viel Gebäudetechnik (KG 400) zeigt Bild 5.10. Bei einer Preissteigerung von 2 % pro Jahr addieren sich die Ausgaben für Instandhaltung (regelmäßige Instandhaltung im Sinne der Wartung sowie unregelmäßige Zahlungen für Instandsetzungen) auf einen Anteil von 42 % an den LzK. Das ist mehr als das Doppelte der Herstellungskosten für die technischen Anlagen, was sich u. a. mit einer Lebensdauer der technischen Anlagen zwischen 20 und 35 Jahren erklären lässt: diese werden mindestens einmal im Betrachtungszeitraum ausgetauscht.

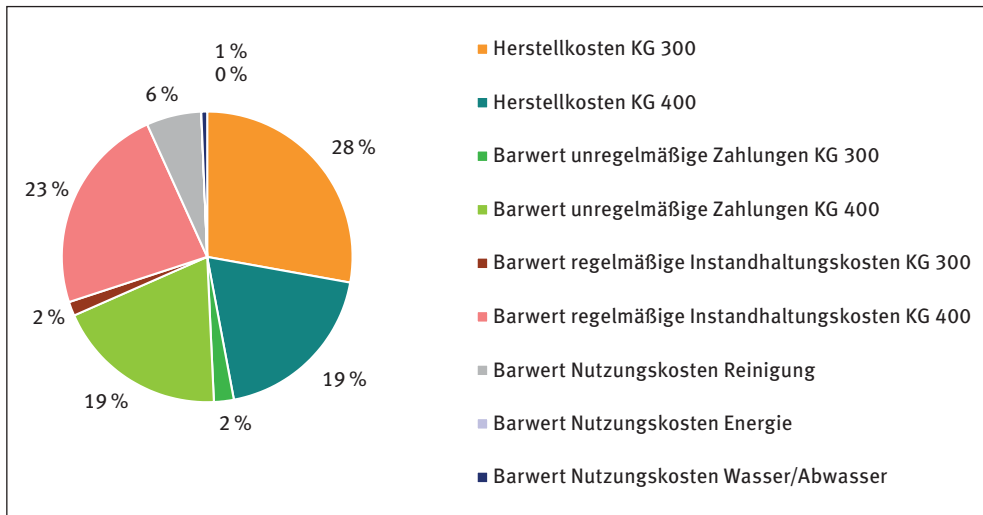


Bild 5.10: LzK-Aufteilung (1,5 % Kalkulationszinssatz, 5 % Energiepreissteigerung, 50 a) – Haus 2019

Nun ist die Vorgabe im BNB mit Blick auf die steuernde Wirkung der LzK-Bewertung in der Nachhaltigkeitsbewertung getroffen worden. Setzt man Berechnungsparameter an, die eher eine Anlagealternative für finanzielle Mittel als Maßstab wählen, dann erscheinen **3,0 % als Kalkulationszinssatz** angemessen. Angesichts der in 2016 eher fallenden als steigenden Energiepreise wurde eine langfristige Steigerung im Rahmen der allgemeinen Inflation in Höhe von 2,0 % gewählt. Damit ergeben sich LzK in Höhe von – nur noch – ca. 3 940 € je m²_{BGF}, vgl. Tabelle 5.6.

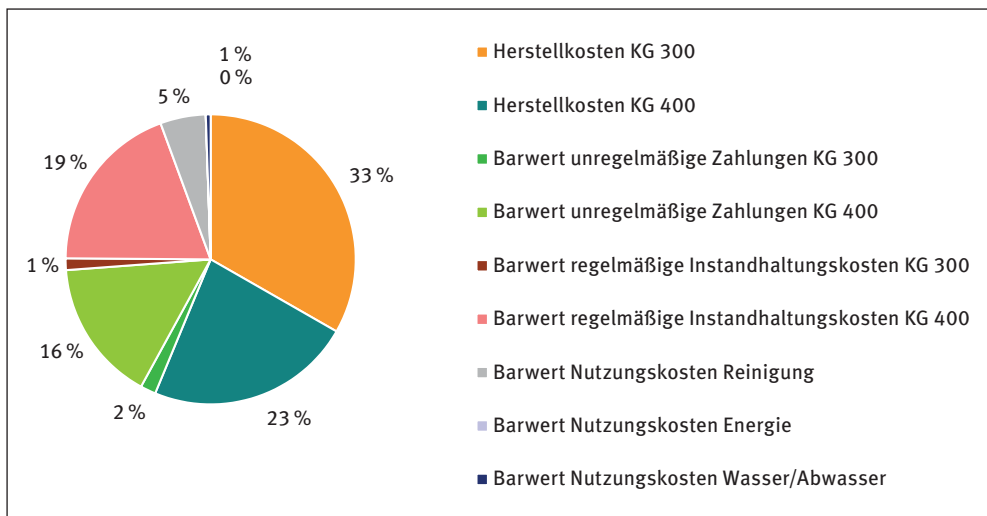
– Zinssatz	3,0 %
– Allg. Preissteigerung (z. B. Baukosten)	2,0 %
– Preissteigerung Energiekosten	2,0 %
– Preissteigerung Wasser-/Abwasserkosten	2,0 %
– Preissteigerung Dienstleistung Reinigung	2,0 %

Tabelle 5.6: LzK Haus 2019 je m²_{BGF} (netto, 3,0 % Kalkulationszinssatz, 2,0 % Energiepreissteigerung, 50 a)

Kostenart im Lebenszyklus	Kosten netto, Preisstand 2012
Herstellkosten KG 300	1 311,96 €
Herstellkosten KG 400	905,64 €
Barwert Instandsetzungen KG 300	67,87 €
Barwert Instandsetzungen KG 400	624,89 €
Barwert Wartung, Inspektion KG 300	51,40 €
Barwert Wartung, Inspektion KG 400	759,69 €
Barwert Nutzungskosten Reinigung	199,95 €
Barwert Nutzungskosten Energie	0,00 €
Barwert Nutzungskosten Wasser/Abwasser	21,19 €
LzK	3 942,60 €

Die höhere Abzinsung künftiger Zahlungen (mit 3,0 % gegenüber 1,5 %) lässt den prozentualen Anteil der Folgekosten an den LzK sinken, der Anteil der Herstellungskosten steigt dagegen auf insgesamt 56 % (vorher 47 %), vgl. Bild 5.11.

Die veränderte Energiepreissteigerungsrate (2,0 % statt 5,0 %) spielt bei einem energieautarken Gebäude keine Rolle für die LzK (ist aber für die anderen Gebäude in diesem Buch relevant).

**Bild 5.11:** LzK-Aufteilung (3,0 % Kalkulationszinssatz, 2,0 % Energiepreissteigerung, 50 a) – Haus 2019

5.1.6 Ökobilanz

Für die Nachhaltigkeitsbewertung wurde durch Herrn Kerz eine Ökobilanz mit der Software Legep durchgeführt. Dafür kam die **Ökobaudat** in der Version von 2011 zum Einsatz. Deren Datensätze umfassten – normenkonform – nur die Lebenszyklusphasen A – Herstellung, B – Nutzung und C – Ende des Lebenszyklus. Der Bereich D für externe Effekte, z.B. Energiegewinne aus der Verbrennung von Verpackungsmaterial, wird darin noch nicht erfasst.

Für die BNB-Bewertung war die Anerkennung von Einspeisungen in das öffentliche Stromnetz aus Überschüssen der Stromerzeugung durch die Photovoltaik-Elemente nicht möglich. Daher liegt die Summe der **CO₂-Emissionen** bei 16,56 kg CO_{2eq}/m²_{NGF}·a. Mit Anrechnung der Einspeisung auf die Betriebsstromverbräuche wäre ein Ergebnis von 3,54 kg CO_{2eq}/m²_{NGF}·a auszuweisen.

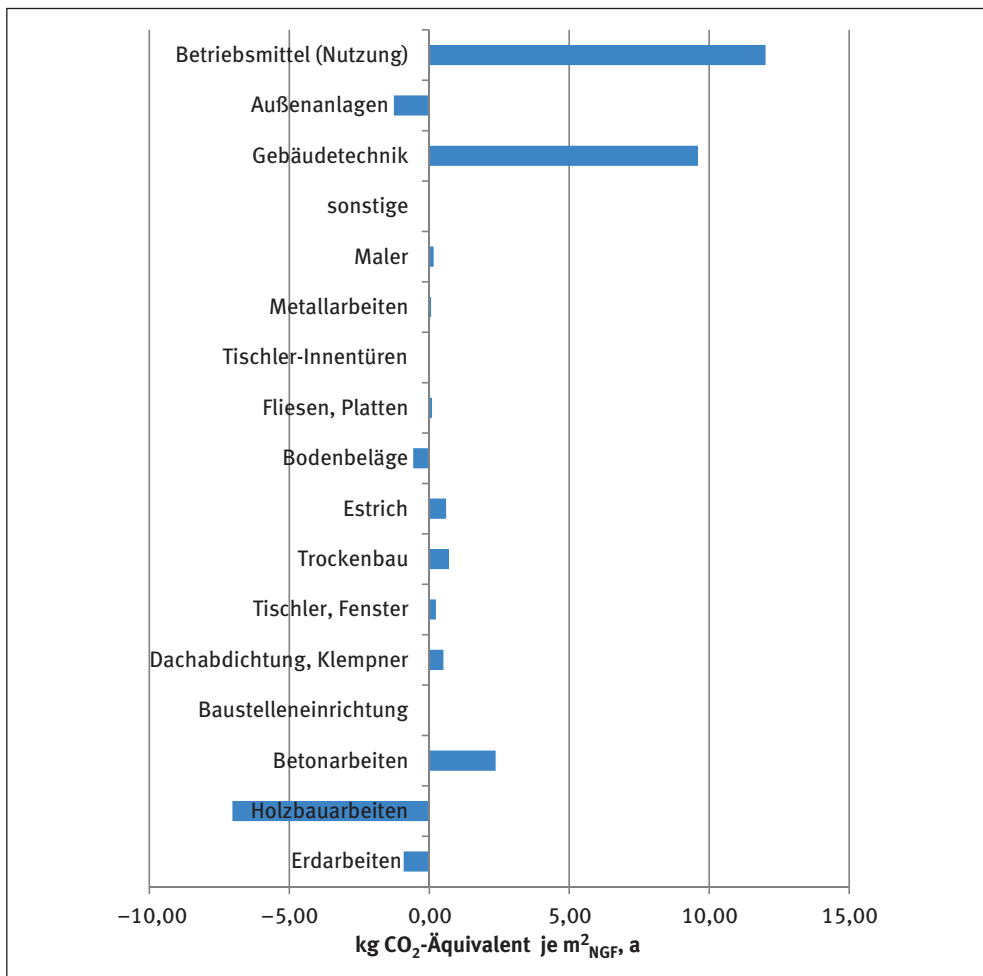


Bild 5.12: CO_{2eq} je nach Bauelement im Lebenszyklus – Haus 2019

Bild 5.12 zeigt die negativen CO₂-Beiträge des Baustoffes Holz. Auch die Pflanzungen in den Außenanlagen entziehen der Umwelt CO₂. Da sich Betonarbeiten in Haus 2019 auf die Fundamentplatte, die zentrale Treppe und den Aufzugschacht beschränken, sind diese zwar ein sichtbarer CO₂-Beitrag auf der Emissionsseite, aber im Verhältnis zu den Anlagen der Gebäudetechnik noch immer ein kurzer „Balken“. Der höchste Beitrag zur CO₂-Emission im 50-jährigen Lebenszyklus von Haus 2019 entsteht jedoch durch die Energieverbräuche während der Nutzungsphase.

Das Monitoring während des Jahres 2014 (Beyer, Esther, u. a. 2015) ergab eine Energieeinspeisung in das öffentliche Netz, die mehr als doppelt so hoch war wie der Energiebezug. In den Monaten von April bis November 2014 überstiegen die Einspeisungen den Energiebezug. Zu ergänzen ist, dass das Jahr 2014 besonders mild war und eine Gradtagzahl²⁷ von 0,89 aufweist.

- Energiebezug im Jahr 2014 ca. 25 000 kWh
- Energieeinspeisung im Jahr 2014 ca. 55 000 kWh

Eine Übersicht über alle für die Nachhaltigkeitsbewertung ausgewiesenen Kennwerte je Wirkungskategorie gibt Tabelle 5.7. Die darin vermerkten Zielwerte aus dem Jahr 2014 wurden praktisch alle unterschritten, bzw. überschritten in Bezug auf den Anteil der erneuerbaren Primärenergie. Ab 2015 gelten jedoch strengere Werte, wie die rechte Spalte erkennbar macht.

Tabelle 5.7: Bewertung der Umweltwirkungen – Haus 2019

Wirkungskategorie	Haus 2019 (ohne Einspeisung)	Zielwert (100 % der Bewertungspunkte) in 2014	Zielwert (100 % der Bewertungspunkte) seit 2015
	Äquivalent, in kg/m ² _{NGF} *	Äquivalent, in kg/m ² _{NGF} ·a	Äquivalent, in kg/m ² _{NGF} ·a
Treibhauspotenzial (GWP) als CO ₂ -Äquivalent	16,56	39,9	25
Ozonschichtabbaupoten- zial (ODP) als R ₁₁ -Äquiva- lent	0,00000302	0,0000035	0,000000101
Ozonbildungspotenzial (POCP) als C ₂ H ₄ -Äquivalent	0,0145 bzw. 0,0127	0,0105	0,0063
Versauerungspotenzial (AP) als SO ₂ -Äquivalent	0,077	0,217	0,0662
Überdüngungspotenzial (EP) als PO ₄ -Äquivalent	0,0085	0,0147	0,0086

²⁷ Anhand der Gradtagzahlen kann man den Energieverbrauch um Witterungseinflüsse bereinigen und so über verschiedene Jahre hinweg vergleichbar machen.

Wirkungskategorie	Haus 2019 (ohne Einspeisung)	Zielwert (100 % der Bewertungspunkte) in 2014	Zielwert (100 % der Bewertungspunkte) seit 2015
	in kWh/m ² _{NGF} ·a	in kWh/m ² _{NGF} ·a	
Primärenergie gesamt (PE _{ges})	214	125	121
Primärenergie nicht erneuerbar (PE _{ne})	158,6	203	109
Anteil erneuerbarer PE (%)	26 %	20 %	≥ 37 %

5.1.7 Interview zu Haus 2019 – Nicolas Kerz

Herr Nicolas Kerz ist Mitarbeiter des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR). Er hat die Entwicklung des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen BNB von Anfang an begleitet. Seit 2008 nimmt er selber BNB-Bewertungen wie auch die Prüfung der Bewertungsvorschläge vor.

Für Haus 2019 hat er die Nachhaltigkeitsbewertung nach BNB_NB vorgenommen. Er stellte die Daten für 5.1 zur Verfügung.

Nachwachsende Rohstoffe, insbesondere Holz spielen eine wesentliche Rolle in der Konzeption von Haus 2019. Das wirkt sich positiv auf die CO₂-Bilanz aus. Wie sehen Sie in der Rückschau die Vor- und Nachteile des Baustoffes Holz?

Kerz:

Vorteile bestehen in der wärmedämmenden Eigenschaft von Holz. So kann man ohne Wärmebrücken konstruieren. Die CO₂-Bindung in Holz führt zu einem positiven Effekt, rechnerisch sogar über die Prozesse am Ende des Lebenszyklus hinaus: Weil beim Prozess der Holz-Verbrennung auch in der Asche noch CO₂ enthalten ist, verbleibt über den gesamten Lebenszyklus von Holz ein negativer Saldo, d. h. eine Reduktion des CO₂-Gehalts in der Atmosphäre.

Im Vergleich zu massiven Baumaterialien hat Holz jedoch eine schlechtere akustische Wirkung. Um diese auszugleichen, wurden Kalksandstein-Elemente in die Decken eingelegt. Auch eine Wärmespeicherung findet in Holz kaum statt. Ein Ausgleich von thermischen Spitzen – zu heiß, zu kalt – wird also nicht über „Masse“, bzw. deren thermische Trägheit, sondern mittels Gebäudetechnik geleistet. Das führt zu Materialaufwendungen, aber auch zu Folgekosten für den Betrieb und die Instandhaltung der technischen Anlagen.

Im Vergleich mit dem gewerblichen Bürobau erscheinen die Kosten pro m² in Haus 2019 deutlich erhöht. Was waren die Kostentreiber?

Kerz:

Zunächst einmal ist anzumerken, dass die Herstellungskosten in Höhe von 100–120 T€/Mitarbeiter für eine Bundesbehörde im mittleren Bereich liegen. Dabei spielt auch die absolute Größe des Gebäudes eine Rolle: Selbstverständlich hat ein Gebäude für 1000 Mitarbeiter und mit sechs Geschossen anteilig je m²_{BGF} weniger von den kostenintensiven Hüllflächen je m²_{BGF} als Haus 2019 für 31 Arbeitsplätze und mit nur zwei Geschossen.

Für noch bedeutsamer halte ich aber die Komfortanforderungen der Bundesbehörde: 40 m³ Frischluft je Person und Stunde erfordern eine hohe Lüftungsleistung, mit entsprechendem Aufwand für die Temperierung. Auch die Anforderung einer 100%igen Verfügbarkeit des Sonnenschutzes wurde mit der vierten Glasscheibe effektiv, aber gewissermaßen „teuer“ erkaufte.

Und schließlich bilden die bloßen Kosten nicht ab, dass auf der Nutzenseite mehr Strom durch die Photovoltaik-Anlagen produziert wurde, als im Jahresverlauf verbraucht wurde. Theoretisch könnte man diesen Nutzen gegenrechnen und die Kosten entsprechend reduzieren. Die Unschärfe in den Prognose-Tools in Verbindung mit der technischen Entwicklung im Laufe der Planungs- und Bauzeit führte zu einer Übererfüllung der Anforderung an energetische Autarkie. So könnten die *U*-Werte in einem künftigen Gebäude ein wenig höher sein, die Fläche der Photovoltaik-Anlagen deutlich kleiner. Damit würde man wiederum die Kosten etwas absenken.



Bild 5.13: Nicolas Kerz
(Mitarbeiter im BBSR)

Worauf sollten Planer aus Ihrer Sicht besonders achten, wenn es um Bauprodukte mit negativen Umweltwirkungen geht?

Kerz:

Ein falsch gewählter Anstrich kann die gesamte Umwelt-Bewertung „verhageln“. Alle Stoffe, die Lösungsmittel enthalten, gefährden die lokale Umwelt besonders stark. Außer Anstrichen muss man auch auf die Mittel zur Einpflege von Naturstein oder zur Ölung von Holz achten. Sie enthalten oft Lösungsmittel, damit die schützenden Substanzen tiefer eindringen. Vor Ort verarbeitete Schäume zur Fugendichtung können bei unsachgemäßer Anwendung krebserregende Substanzen freisetzen. Alle Beschichtungen, die zum Schutz von Holz oder zur Abwehr von Flechtenbewuchs (bei Wärmedämmverbundsystemen) biozid wirken, schädigen die Umwelt.

Meist sind es also nicht die Hauptbestandteile einer Konstruktion, sondern die Details von Oberflächenschutz und Fugendichtung, die für negative Umweltwirkungen verantwortlich sind. Deshalb haben wir beispielsweise im Haus 2019 das Holz der Außenfassade alternativ durch eine thermische Behandlung witterungsbeständig gemacht.

5.2 Beispiel mit „passiven“ Bauelementen (Low Tech)

Das Architekturbüro Baumschlager Eberle hat 2013 in Lustenau (bei Bregenz, Österreich) ein Gebäude mit gemischter Nutzung nach einem konsequenten Low-Tech-Konzept erstellt. Die Architekten nutzen das sechsgeschossige Haus als Büro, Cafeteria, Ausstellungsraum und künftig auch als Wohnung. Durch den Einsatz der massiven, 76 cm dicken Ziegelwände für eine passive Temperierung konnte man auf den Einbau von Gebäudetechnik für Heizung und Kühlung vollständig verzichten. Lediglich eine CO₂- bzw. temperaturregulierte Fensteröffnung kommt zur Einhaltung einer Innenraumtemperatur zwischen 22 und 26 Grad Celsius zum Einsatz. Wegen dieses angestrebten Temperatur-Bereichs erhielt das Haus den Namen „2226“. Adresse: Lustenauer Gewerbegebiet, Millennium Park 20.

5.2.1 Haus 2226 – Gebäudebeschreibung

Haus 2226 wurde als Würfel mit 24 m Kantenlänge konzipiert. Kleine horizontale Verschiebungen in den Fassadenebenen geben den Fassadenflächen Struktur und Dynamik. Die sechs Etagen mit 3,30 m lichter Raumhöhe (EG noch höher: 4,25 m) umfassen keinen Keller. Die wenige, erforderliche Haustechnik ist im Erdgeschoss untergebracht worden. Jede Ebene wird durch scheibenartige Einbauten in vier Raumzonen unterteilt, vgl. Bild 5.14. Die in der Art von Windmühlenflügeln angeordneten Einbauten fassen eine geschlossene und eine offene Treppe, einen „Riegel“ mit Aufzug und Sanitarräumen sowie einen vertikalen Leitungsschacht ein.

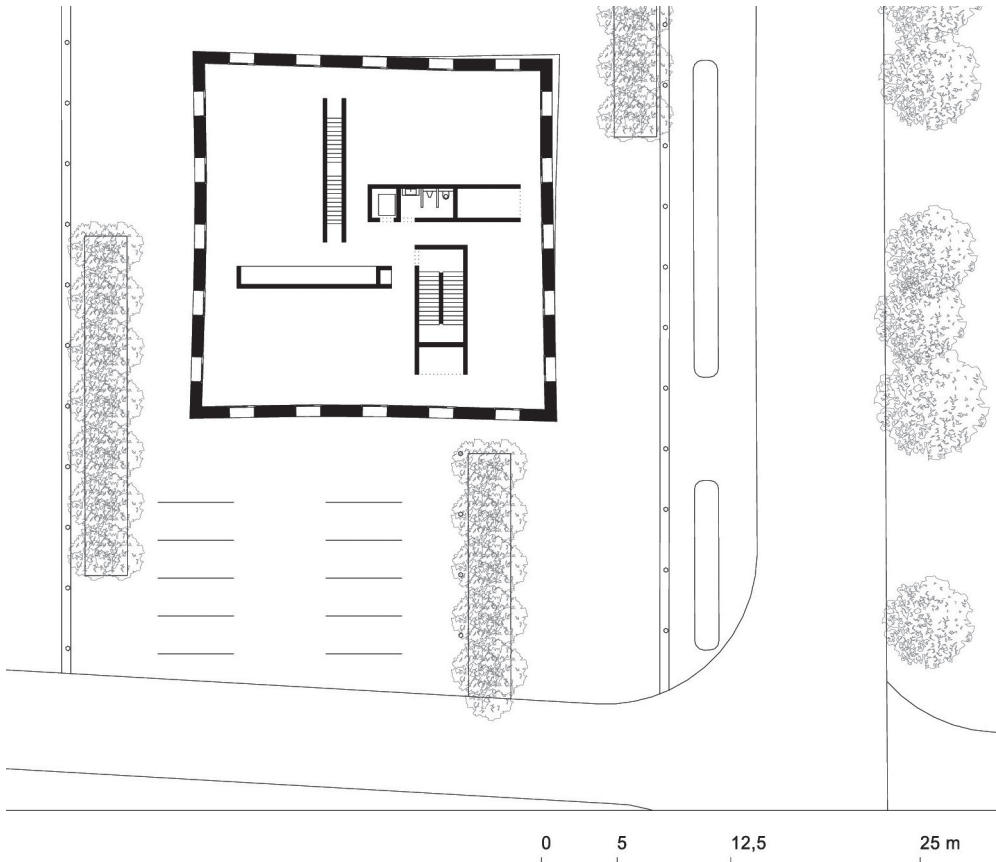
Nutzungsprogramm

Alle Etagen weisen ca. 425 m² Nutzfläche auf. Bei identischem Grundriss werden sie unterschiedlich genutzt, was bereits die Flexibilität im Falle von Nutzungsveränderungen anzeigt. Die Flächen des Erdgeschosses werden teils als Kunstgalerie und teils als Cafeteria für gemeinsames Essen sowie als Aufenthaltsraum mit Bibliothek „bespielt“.

Die anderen Etagen dienen einer Büronutzung mit 20 bis 25 Arbeitsplätzen je Ebene. In den obersten zwei Etagen sollen teilweise Wohnungen eingebaut werden. Der Grundriss lässt vier frei möblierbare Raumbereiche erkennen („Haupträume“), die zwischen rund 60 m² und 100 m² groß sind. Raumhohe Glastüren trennen die Bereiche in klimatische Raumzonen.

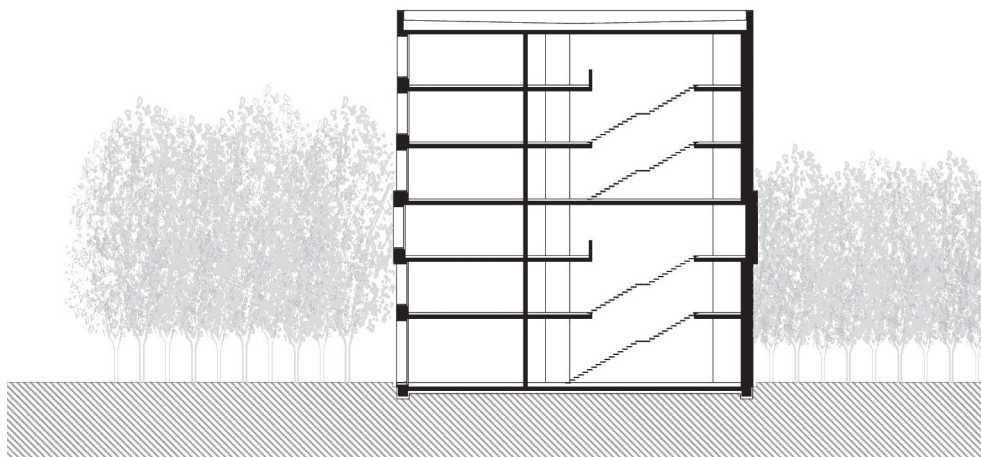
Pläne

(vgl. Bild 5.14, Bild 5.15, Bild 5.16)



Architekten Baumschlager Eberle

Bild 5.14: Grundriss – Haus 2226 in Lustenau



Architekten Baumschlagler Eberle

Bild 5.15: Schnitt – Haus 2226 in Lustenau



archphoto, inc. © baumschlagler eberle

Bild 5.16: Ansicht – Haus 2226 in Lustenau

Konstruktion

Die für die Temperierung erwünschte, thermische Masse von Wänden und Decken wird durch einen traditionellen Massivbau mit tragenden Wänden aus Ziegeln und Stahlbetondecken von 25 cm Höhe bereitgestellt. Die tragenden Außenwände haben ein Rohbaumaß von 76 cm. Sie bestehen zur einen Hälfte aus tragenden und zur anderen Hälfte aus sehr leichten, dämmenden Ziegelsteinen. So wird eine monolithische Mauer geschaffen, die Wärme und Feuchte gut aufnehmen und wieder abgeben kann. Die Decken spannen ca. 8 m weit. Dafür wurden vorgespannte Filigrandecken verwendet.

HINWEIS

Filigrandecken sind Halbfertigteile im Rohbau: die unteren 4 bis 8 cm der Betondecke werden im Werk inkl. der für die gesamte Deckenhöhe erforderlichen Bewehrung in Breiten von bis zu 2,50 m auf Maß gefertigt. Dabei wird nur der untere Teil der Bewehrung mit Beton vergossen, der obere Teil ragt aus dem Bauelement heraus. Die Filigrandecken-Elemente tragen sich bei der Montage selbst und dienen als Schalung für die vor Ort zu betonierende, gesamte Decke. Das beschleunigt den Bauprozess und erhöht die Qualität der Bewehrungsausführung sowie der Deckenuntersicht.

Fassade

Die tragende Mauerwerksfassade erhielt außen wie innen einen Putz aus gelöschtem Kalk. Der nahezu weiße Kalk stammt aus der Region. Er wird nicht weiter farblich beschichtet. Die von Hand aufgetragene, glatt geriebene Putzschicht wird durch die Aufnahme von weiterem Wasser aus der Luft bzw. dem Regen sehr dicht und sogar selbstreinigend durch die entstehenden Kalksinter-Kristalle in Nano-Größe.

In regelmäßigem Abstand sind raumhohe Fenster aus geölter Weißtanne in die Fassade eingelassen. Die Fenster sitzen innen bündig, sodass die tiefe Fensterlaibung als sommerlicher Wärmeschutz wirkt – ganz ohne mechanische Bestandteile oder Steuerung. Die Fensterbank außen ist – ebenso wie alle anderen horizontalen Flächen (Gesims, Attika) – mit einem Element aus Sandstein bedeckt.

In Zeiten der flach einfallenden Sonne, d.h. im Winter, hat sich auf der Südseite des Gebäudes die Notwendigkeit eines innenliegenden Blendschutzes ergeben. Dieser wird nun durch Vorhänge gewährleistet. An der Ost- und Westfassade reicht dagegen die Anordnung der hölzernen Lüftungsflügel gemäß dem Sonnenlichteinfall als Blendschutz aus, vgl. Bild 5.17.

Die Fenster messen 1,63 m × 2,76 m (Breite × Höhe) in den Obergeschossen. Nach einer niedrigen Brüstung von 48 cm führen sie bündig bis unter die Decke, damit sie den Raum möglichst tief ausleuchten. Im EG sind die Fenster sogar bodentief, 1,63 m × 3,97 m (vgl. Bild 5.18). Jedes Fenster besteht aus einer feststehenden Verglasung und einem elektronisch öffnbaren, schmalen Lüftungsflügel aus Holz (kein Glasanteil). Durch einen gemauerten Anschlag konnten die Fenster ohne Dichtungsschäume, Windschutzfolien o.Ä. winddicht eingebaut werden. Der U -Wert der 3fach-Verglasung wird mit $U_g = 0,5$ angegeben.



Bild 5.17: Innenansicht – Haus 2226



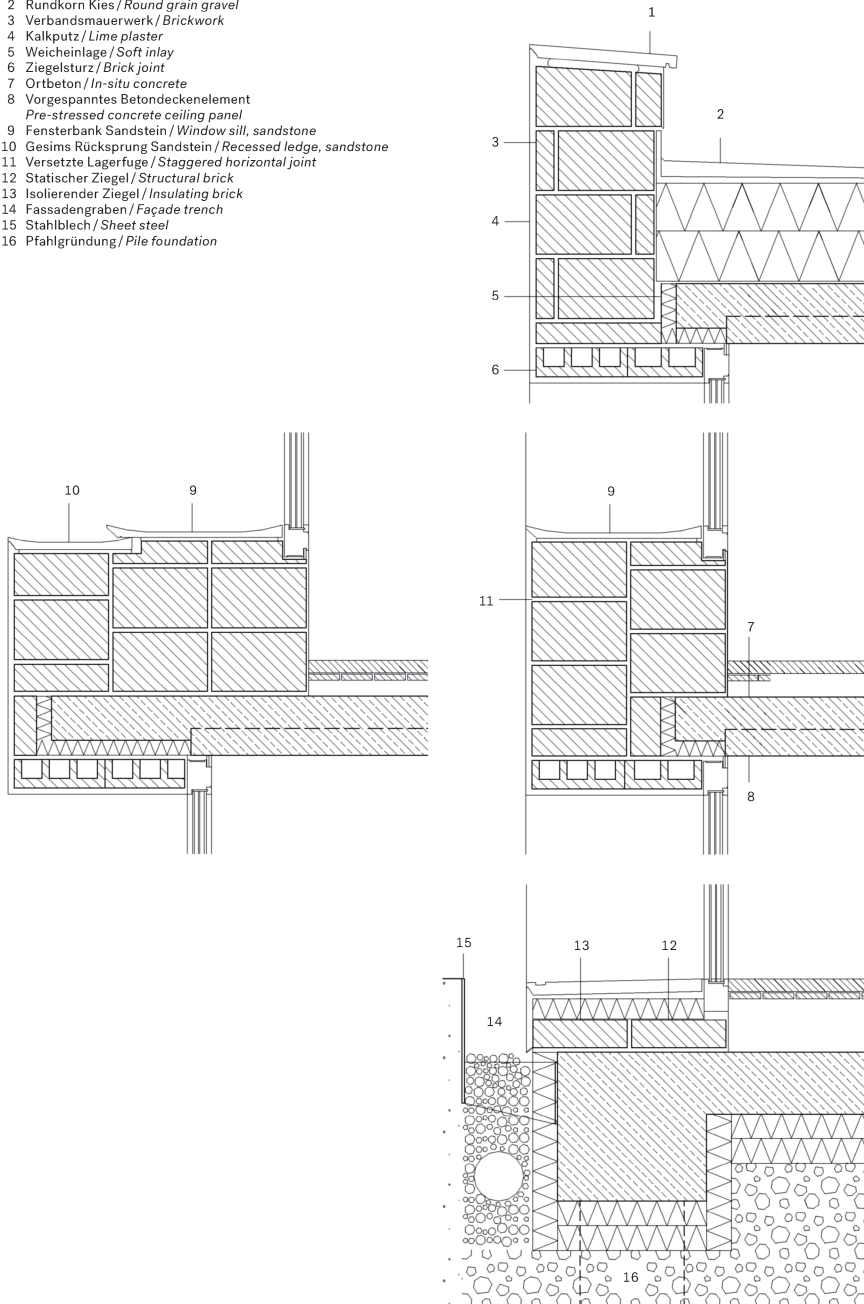
Fotograph Eduard Hueber, archphoto,
inc. © baumschlagler eberle

Bild 5.18: Fenster mit seitlichem
Öffnungsflügel – Haus 2226

Detail Fenster, *Window detail*

Maßstab, *Scale* 1:20

- 1 Attika Sandstein / *Sandstone parapet*
- 2 Rundkorn Kies / *Round grain gravel*
- 3 Verbandsmauerwerk / *Brickwork*
- 4 Kalkputz / *Lime plaster*
- 5 Weicheinlage / *Soft inlay*
- 6 Ziegelsturz / *Brick joint*
- 7 Ortbeton / *In-situ concrete*
- 8 Vorgespanntes Betondeckenelement
Pre-stressed concrete ceiling panel
- 9 Fensterbank Sandstein / *Window sill, sandstone*
- 10 Gesims Rücksprung Sandstein / *Recessed ledge, sandstone*
- 11 Versetzte Lagerfuge / *Staggered horizontal joint*
- 12 Statischer Ziegel / *Structural brick*
- 13 Isolierender Ziegel / *Insulating brick*
- 14 Fassadengraben / *Facade trench*
- 15 Stahlblech / *Sheet steel*
- 16 Pfahlgründung / *Pile foundation*



Architekten Baumschlager Eberle

Bild 5.19: Konstruktionsdetails – Haus 2226

Dach

Das Flachdach weist eine Gefälledämmung von min. 16 cm sowie eine Kiesschüttung als Schutz der Dichtungsbahn auf.

Innenausbau

Ein sehr simpler Doppelboden aus Holz ermöglicht die Stromversorgung nach Bedarf aus dem Boden: Auf Kanthölzern liegt eine Spundschalung auf. Darüber befinden sich eine Schalldämm-Matte und ein versiegelter, fugenloser Fließmörtel-Belag, dessen Oberfläche mit einem Wachs behandelt wurde. Der Bodenbelag wird bei Bedarf angebohrt, um die Elektrokabel einzuziehen. Er kann nach Umbauten wieder ausgebessert und erneut versiegelt werden (Aicher 2016).

Die tragenden Innenwände sind – wie die Fassade – mit Kalkputz versehen worden.

Gebäudetechnik

Die Gebäudeautomatisation besteht aus einer zentralen Steuerung (Server) mit einem fest verkabelten Bus-System. Außer einer Wetterstation auf dem Dach gibt es 24 Sensorgruppen – in jedem „Hauptraum“ eine, d.h. vier pro Etage. Die Sensoren messen Temperatur, Luftfeuchtigkeit und CO₂-Gehalt (Widerin 2016). Die Steuerung erfolgt CO₂-orientiert: wird in einem Raum der CO₂-Grenzwert von 1 200 ppm überschritten, dann werden die vertikalen Fensterlüftungsflügel so lange geöffnet, bis sich ein CO₂-Wert kleiner 800 ppm eingestellt hat. Die große Raumhöhe führt in Kombination mit dem vertikalen Öffnungsquerschnitt zu einem raschen Luftaustausch und damit zu einer Begrenzung der Lüftungsdauer, insbesondere im Winter (Junghans 2016).

Das Gebäude kommt durch seine große thermische Trägheit ohne aktive Heizung oder Kühlung aus. Im Winter dienen die Abwärme von Geräten (Computer, Drucker, etc.) und Leuchten sowie die Wärmeleistung der Nutzer (ca. 100 bis 150 Watt pro Person) als Quelle zum Ausgleich von Transmissions- und Lüftungswärmeverlusten. Wenn bedingt durch Feiertage oder Ferienzeiten keine oder nur eine geringe Nutzung stattfindet, wird im Winter die Beleuchtung als Wärmequelle genutzt und automatisiert eingeschaltet.

Im Sommer verhindern die tiefen Fensterlaibungen, die relativ sparsamen Fensteröffnungen (Fensteröffnungen: 25 % der Fläche, Glasanteil: 16 % der Fassadenfläche) und die großen Raumhöhen (3,30 m) eine schnelle Überhitzung. Die Öffnung der Lüftungsflügel während der Nacht dient der Auskühlung durch natürliche Konvektion.

Die Versorgung mit Strom und Wasser sowie die Entsorgung von Abwasser erfolgen „klassisch“, ohne spezifische Maßnahmen zur Ressourceneinsparung. Für den nachträglichen Einbau von Photovoltaik wurde jedoch vorgesorgt: alle erforderlichen Anschlüsse wurden bereits verlegt.

5.2.2 Interview zu Haus 2226 – Dietmar Eberle

Der Architekt Dietmar Eberle hat in der Konzeption des Hauses 2226 seine langjährigen Erfahrungen aus Planung und Forschung radikal umgesetzt. Radikal ist hier im Sinne des konsequenten Weglassens zu verstehen. Aus dem Gespräch vor Ort im Februar 2016 stammen die folgenden Aussagen:

Das Haus 2226 war trotz vorangegangener Simulationen ein Experiment. Was hat sich bewährt und was würden Sie heute bzw. bei einem Nachfolgebau ggf. verändern?

Eberle:

Der Verzicht auf Haustechnik und das Setzen auf Speicherkapazität für die Raumtemperierung haben sich bewährt. Selbst bei extremen Witterungsverhältnissen blieb die Temperatur im Haus über Monate hinweg stabil. Dahinter steckt ganz einfache Physik: die Wärmespeicherfähigkeit von Beton ist 2000-mal höher als die von Luft. Wenn Sie also die Luft im Raum austauschen, geht im Verhältnis zur in der Decke gespeicherten Energie nur ein unbedeutender Bruchteil verloren. Die massiven Wände und Decken gleichen das sofort wieder aus. Wir haben uns damit an traditionellen Bauweisen orientiert. Denken Sie beispielsweise an Kirchen. Im glühendsten Sommer scheinen sie die beste Klimaanlage zu haben: massiven Stein.

Besonders stolz sind wir auf die Qualität der Raumluft. Die Wissenschaftler konnten ihren Messungen fast nicht glauben: mit Kalkputz, geöltem Holz und gewachstem Fußboden haben wir keinerlei Schadstoffe im Gebäude, die ausdünsten können. Und die Luftfeuchtigkeit, die normalerweise im Sommer zu hoch im Winter aber viel zu niedrig sein würde, bewegte sich nachgewiesenermaßen im ganzen Jahr zwischen 40 und 60 %. Das bewirken Kalkputz und massive Wände bzw. Decken: sie speichern außer der Energie nämlich auch die Feuchtigkeit und geben diese im Winter wieder an die Raumluft ab. Eine technische Raumluftbefeuchtung wäre stattdessen extrem aufwändig und mit dem Risiko der Keimbildung verbunden. Das macht man deshalb meistens erst gar nicht.

Mir ist besonders wichtig, dass das Gebäude auf den Menschen reagiert und sich nicht umgekehrt der Mensch um das Gebäude kümmern muss. Beispielsweise messen Sensoren den CO₂-Gehalt der Luft und öffnen erst bei Bedarf das Fenster. So verzichtet man auf eine technisch definierte Luftwechselrate, die im Zweifelsfalle völlig überflüssig ist. Aber wie in einem 5-Sterne-Hotel kann der Nutzer jederzeit Sonderwünsche umsetzen, d.h. selber Einfluss nehmen, z.B. indem er die Lüftungsflügel individuell ansteuert. An das spätere Schließen muss er aber nicht denken, das geschieht automatisch nach 15 Minuten.

Es gibt eigentlich nur einen Punkt, über den ich bei einem ähnlichen Gebäude für Dritte nochmals nachdenken würde, das ist die Fensterreinigung. Derzeit muss ein Hubsteiger kommen dafür, weil die Fenster festverglast sind.

Sie möchten mit Ihrem Haus 2226 die Immobilienbranche und ganz konkret weitere Bauherren überzeugen vom Nutzen eines Low-Tech-Ansatzes. Wäre eine Nachhaltigkeits-Zertifizierung dafür nicht ein geeignetes Instrument?

Eberle:

In der Tat wurden wir bereits von Zertifizierungsträgern deswegen angesprochen. Es ist jedoch so, dass die Kriterien in den Zertifikaten zum Nachhaltigen Bauen sehr auf den Einsatz von Gebäudetechnik ausgerichtet sind. Sie passen nicht auf dieses Haus. Hier muss ein generelles Umdenken ansetzen.

Es wird nach meiner Auffassung viel zu wenig beachtet, dass die Gebäudetechnik im Verhältnis zur Tragkonstruktion eine verschwindend kurze Lebensdauer hat: was sind schon 15 bis 25 Jahre Haltbarkeit von Lüftungsanlagen, Pumpen, Heizkesseln etc.

gegen 100 Jahre, die dieses Gebäude mit minimalen Instandhaltungen – vielleicht am Bodenbelag und an den Fenstern – Bestand haben wird? Für diese ganzen eingesparten Investitionen konnten wir uns eine exzellente Qualität bei Fenstern, Kalkputz und bei den Möbeln leisten.

Dieses Gebäude zeigt bereits eine Nutzungsflexibilität als Galerie, Speiseraum und Büro. Dennoch sind die Nutzungsanforderungen jeweils durch Sie als „Hausherr“²⁸ stark geprägt. Ist das Low-Tech-Konzept übertragbar auf andere Bauherren und Nutzungen?

Eberle:

Grundsätzlich bin ich von der Übertragbarkeit überzeugt. Einen ersten Test hat die Raumstruktur bereits bestanden, als die von der Firma Zumtobel angemieteten Raumzonen in Einzelbüros unterteilt wurden – mit Glastrennwänden.

Natürlich muss man bei jedem neuen Projekt auf den Ort und auf die spezifischen Anforderungen der künftigen Nutzer reagieren. Aber das erprobte und robuste Konzept wird dabei erkennbar bleiben. Die geplanten Wohnungen werden wir beispielsweise im Sinne von Lofts realisieren.

Wir sind zudem dabei, die Umsetzbarkeit in anderen Klimazonen zu testen. Derzeit verhandeln wir mit Interessenten aus dem extremen Norden Europas und mit anderen aus einer Wüstengegend.

Spannend wird es auch bei der Anwendung auf Bestandsbauten. Hier setzen wir auf Messungen statt auf Normwerte. Diese sind meist für eine sehr spezifische Situation theoretisch festgelegt worden. Die traditionell (und vor 1945) errichteten Gebäude sind meist aber besser, als die Normen sie abbilden. Dort sollte man vor allem die Fenster erneuern.



Bild 5.20:
Architekt Dietmar Eberle

28 Eigentümer des Gebäudes ist jedoch die AD Vermietung OG

5.2.3 Allgemeine Kennzahlen

Flächenkennzahlen

Tabelle 5.8: Flächen nach DIN 277 – Haus 2226

Flächenart	m ²
Bruttogrundfläche	3 288
Konstruktionsgrundfläche	553
Nettoraumfläche	2 735
Nutzungsfläche	2 463
Verkehrsfläche	254
Technikfläche	18
Nutzungsflächen 1–6	2 341
Nutzungsfläche 7	122
Höhe (brutto, gemittelt)	ca. 24 m
Höhe über der Erde	ca. 24 m
Bruttorauminhalt	13 158 m ³

Tabelle 5.9: Bauelemente – Haus 2226

Flächenart	m ²
Bodenfläche gegen Erdreich/Fundament	548
Fassadenfläche	1 726
Fensterfläche	578
Dachfläche	570
Dachfensterfläche	14
Innenwandflächen	1 656
Deckenflächen (innen)	2 280

Verhältniszahlen

NF/BGF:	0,75
A/V-Verhältnis:	0,26
Fensterflächenanteil	16 % (Verglasung), 25 % (Fensterelemente)
Energiegewinnung	vorbereitet auf der Dachfläche

5.2.4 Maßnahmen des LzM – Nutzbarkeit

• Bedarfskonzept

- Komfortniveau: jede der vier Raumzonen pro Etage wird bedarfsabhängig, CO₂-geführt belüftet, sodass eine gute Raumluftqualität in allen Bereichen sichergestellt wird. Eine manuelle Steuerung ermöglicht individuelles Lüften für bis zu 15 Minuten je Stunde.
- Barrierefreiheit durch Aufzug gegeben.
- Technische Ausstattung der in allen Räumen vorhandene Doppelboden erlaubt eine Stromzuführung an jeder gewünschten Stelle.
- Gastronomie im EG vorhanden
- Flächen für Unterstützungsprozesse vorhanden
- Erreichbarkeit, Lage im Industriegebiet gelegen, ÖPNV: Bushaltestelle in ca. 10 Minuten erreichbar.

• Nutzungsflexibilität

- Universalität die auf nahezu identischen Grundrissen bereits praktizierte Nutzungsvielfalt zeugt von der universellen Nutzbarkeit der Tragkonstruktion. Raumhöhe, Raumgrößen sowie die gute Tageslichtversorgung lassen eine gute Drittverwendungsfähigkeit vermuten.
- Veränderbarkeit eine Aufteilung der „Haupträume“ ist zwar umsetzbar, dann aber ohne die bisherige, effiziente Quer-Lüftung.
- Nachrüstbarkeit die Nachrüstung von elektrischen Anschlüssen ist durch den Doppelboden möglich.

• Gesundheitsschutz

- Schallschutz die natürliche Lüftung und Temperierung der Räume erfolgt geräuschlos.
- Ausdünstungen aus Baustoffen vermeiden die mit Kalkputz versehenen Wände und Decken erhalten keinen weiteren Anstrich, emittieren entsprechend auch keine chemischen Substanzen an die Raumluft. Der Bodenbelag erhielt einen Wachsaufrag, die Holzfenster wurden geölt. So konnte eine sehr gute Raumluftqualität gemessen werden (Hugentobler 2016; Rüdissler 2016).
- Staub reduzieren durch die hohe Speicherfähigkeit der massiven Bauteile wie auch des Kalkputzes wurde ein Feuchtigkeitsgehalt der Raumluft zwischen 40 und 60 % über das gesamte Jahr hinweg beobachtet (Widerin 2016)

- Schimmel vermeiden
die massive, monolithische Bauweise mit innenbündiger Fensterpositionierung führt zu gleichmäßigen Oberflächentemperaturen, was Kondensat an Wärmebrücken unterbindet. Auf generell zu hohe Feuchtwerte kann die Gebäudeautomatisation mit vermehrtem Lüften reagieren.
- **Verfügbarkeit**
nicht benötigte technische Anlagen können auch nicht ausfallen. Der Technikverzicht erhöht also die Robustheit der Gebäudenutzung. Ein Ausfallen der Gebäudeautomatisation wäre allerdings problematisch, weil die Lüftungsflügel nicht manuell betätigt werden können.

5.2.5 Maßnahmen des LZM – Ressourceneinsatz und Umweltschonung

- **Ressource – Material**

Ein Massivbau ist „ressourcen-schwer“: Die hohe Wärmespeicherfähigkeit geht mit einem hohen Gewicht einher. Auffallend ist jedoch die Beschränkung der Materialvielfalt auf die Hauptbaustoffe

- Ziegel (verschiedene Trag-/Dämmfähigkeit) mit Zementfugen
- Stahlbeton
- Kalkputz: die riss überdeckende Eigenschaft des Kalkputzes erlaubt den Verzicht auf jegliche Fugendichtungsmasse.
- Holz (Weißtanne für Fenster, Türen, Kanthölzer und Spundschalung für Bodenaufbau, d. h. nur Vollholz)
- Kalziumsulfat-Fließestrich als Bodenbelag
- Sandstein (Gesims Abdeckung)
- Glas

Als Kennzahlen für die Optimierung des Materialeinsatzes in möglichst geschlossenen Kreisläufen werden im Folgenden die Aspekte Lebensdauer, Reparaturfähigkeit, Anteil Sekundärrohstoffe sowie Anteil nachwachsender Rohstoffe betrachtet.

- Lebensdauer

Der verwendete Kalkputz wird steinhart und kann ebenso wie das Mauerwerk und der im Innenraum verwendete Stahlbeton über 100 Jahre alt werden. Auch der Einbau von Sandstein anstelle von z. B. Zinkblech als Abdeckung von Gesimsen, u. a. in den Fenster-nischen zielt auf eine 100-jährige Nutzung ohne Instandsetzungen.

- Reparaturfähigkeit

Mechanische Beschädigungen am Kalkputz bzw. am Estrich können lokal ausgebessert werden. Ebenso sind die Holzfenster als reparaturfähig einzustufen. Der Reparaturbedarf von Sandstein sollte erst nach ca. 100 Jahren einsetzen.

- Anteil Sekundärrohstoffe

nicht bekannt, vermutlich nicht vorhanden. Grundsätzlich wäre die Verarbeitung von Recyclingmaterialien im Beton möglich, im Herstellungsprozess von Ziegelstein dagegen nicht.

- Anteil nachwachsender Rohstoffe

Holz wird stets als Vollholz – also ohne Klebstoffe aus der Verarbeitung – eingesetzt für Fenster und Boden-Unterkonstruktion. Auch für Tische und Polstermöbel wurde Vollholz genutzt.

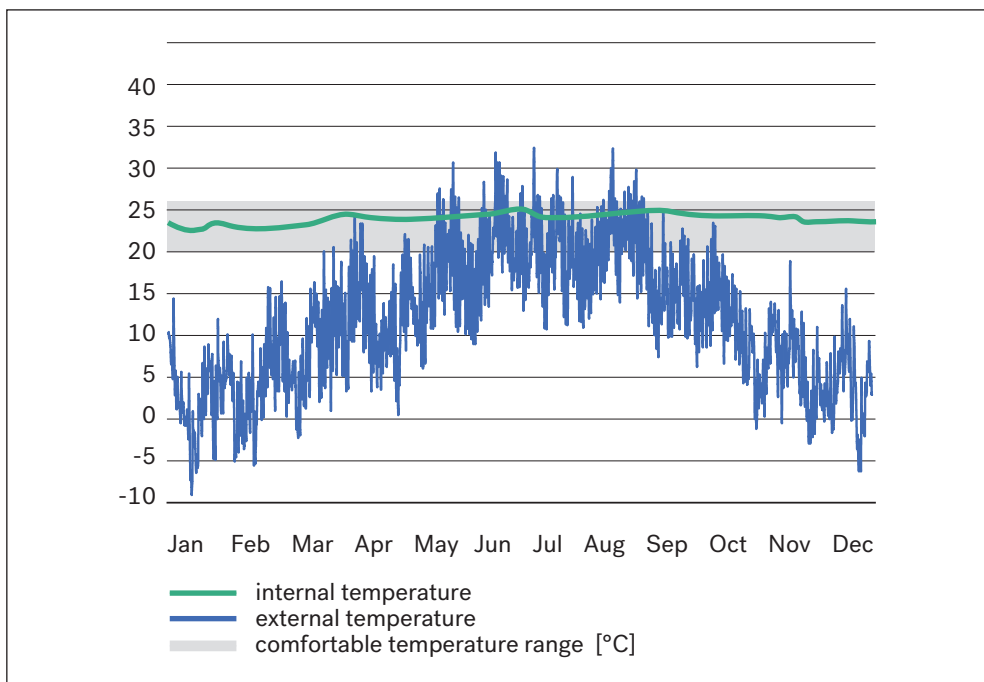
- **Ressource – Energie**

- Energiegewinnung

Da der Strom der Vorarlberger Region überwiegend durch Wasserkraft erzeugt wird, wurde auf den Einbau von Photovoltaik o.Ä. verzichtet. Eine Aufstellmöglichkeit auf dem Dach ist jedoch vorhanden.

- Energiespeicherung

Die ohne Heizung auskommende Gebäudetemperatur zeigt die jahreszeitenausgleichende Speicherung von thermischer Energie in den Wänden und Decken auf.



Widerin 2016, S. 61

Bild 5.21: Haus 2226 – Innen- und Außentemperatur im Jahresdurchschnitt

– Energieverbrauch

Da für Wärme oder Kälte keine Gebäudetechnik eingesetzt wird, kann es hier nur um den Verbrauch von Strom gehen. Der in 2014 gemessene Stromverbrauch betrug $38 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGF}}$ a für das gesamte Gebäude (dessen Wohnbereiche jedoch noch nicht genutzt waren), bzw. 42 kWh/m^2 für die Büroflächen. Darin waren Nutzerstrom, Beleuchtung und Hilfsenergie für die Lüftung (Betätigung der Lüftungselemente sowie klassische Abluft in den innenliegenden Sanitärräumen) enthalten. Als Verbrauchswert für die Beleuchtung wurde 5 kWh/m^2 ermittelt – trotz Nutzung als Wärmequelle im Winter (Junghans 2016).

Neben der sehr guten Wärmedämmung und Wärmespeicherung des Gebäudes tragen die bedarfsabhängige, durch Sensoren gesteuerte Belüftung und Beleuchtung zum niedrigen Energieverbrauch des Gebäudes bei.

Die für die Herstellung der Baumaterialien aufgewendete Energie wird in 5.2.7 thematisiert.

• **Ressource – Finanzen**

Der Verzicht auf Heizungs- und Kühlungsanlagen reduzierte nicht nur die Bau-, sondern auch die Nutzungskosten. Folgende, überschlägige Kostengrößen wurden durch die Architekten – die gleichzeitig Nutzer des Gebäudes sind – angegeben:

– Herstellungskosten

ca. $1\,200 \text{ € (netto)/m}^2_{\text{BGF}}$ – d. h. ohne Mehrwertsteuer.

– Betriebskosten

ca. $920 \text{ € (netto)/Monat}$ für das gesamte Gebäude (bei ca. 20 % Leerstand) für Wasser/Abwasser, Strom und Reinigung. Daraus errechnen sich umlagefähige „Nebenkosten“ von ca. $35 \text{ Cent/m}^2_{\text{BGF}}$ bzw. $47 \text{ Cent/m}^2_{\text{NUF}}$ – pro Monat. Dabei ist zu beachten, dass die Stromkosten in Vorarlberg $< 10 \text{ Cent/kWh}$ betragen (für Private ca. 12–13 Cent/kWh).

– Instandsetzungskosten

gering, weil Bauteile mit sehr langer Nutzungsdauer verwendet wurden. Die Gebäudeautomation wird jedoch nach 15–20 Jahren erneuerungsbedürftig sein, die Stromverkabelung nach ca. 25–30 Jahren, die Sanitärinstallationen nach ca. 35–40 Jahren.

(Mieterlöse und Leerstandsrate werden hier nicht weiter thematisiert.)

Die Kennzahl der LzK wird in 5.2.6 ermittelt.

• **Umweltschonung**

– regionale Produkte

Baustoffe Holz, Kalkputz und Sandstein stammen aus dem Bregenzer Wald bzw. aus Rorschach, sind demnach als regionale Materialien einzustufen. Dadurch werden Umweltbelastungen durch lange Transportwege vermieden.

– nachwachsende Rohstoffe:

geöltes Holz bei Fenstern

– kein Anstrich des Kalkputzes erforderlich (d. h. keine Auswaschungen von Anstrichen)

Konkrete Kennzahlen vgl. 5.2.7.

5.2.6 Lebenszykluskosten

Die Berechnung gemäß den obigen Kennzahlen sowie den Vorgaben aus BNB_NB 2015 verwendet folgende Parameter:

- Zinssatz 1,5 %
- Allg. Preissteigerung (z. B. Baukosten) 2,0 %
- Preissteigerung Energiekosten 5,0 %
- Preissteigerung Wasser-/Abwasserkosten 2,0 %
- Preissteigerung Dienstleistung Reinigung 2,0 %

Für 50 Jahre ergeben sich daraus die in Tabelle 5.10 aufgeführten Barwerte der Zahlungen im Lebenszyklus.

Tabelle 5.10: LzK je m²_{BGF} (netto, 1,5 % Kalkulationszinssatz, 5 % Energiepreissteigerung, 50 a) – Haus 2226

Kostenart im Lebenszyklus	Kosten netto, Preisstand 2012
Herstellkosten KG 300	921,45 €
Herstellkosten KG 400	253,94 €
Barwert Instandsetzungen KG 300	58,53 €
Barwert Instandsetzungen KG 400	230,12 €
Barwert Wartung, Inspektion KG 300	51,96 €
Barwert Wartung, Inspektion KG 400	290,41 €
Barwert Nutzungskosten Reinigung	204,52 €
Barwert Nutzungskosten Energie	973,81 €
Barwert Nutzungskosten Wasser/Abwasser	86,06 €
LzK	3070,80 €

Die prozentuale Verteilung der Kosten dieses Hauses mit wenig Gebäudetechnik (KG 400) zeigt Bild 5.22. Bei einer Preissteigerung von 5 % pro Jahr addieren sich die Ausgaben für Strom (Beleuchtung und Geräte) zu der höchsten Position im Lebenszyklus (32 %).

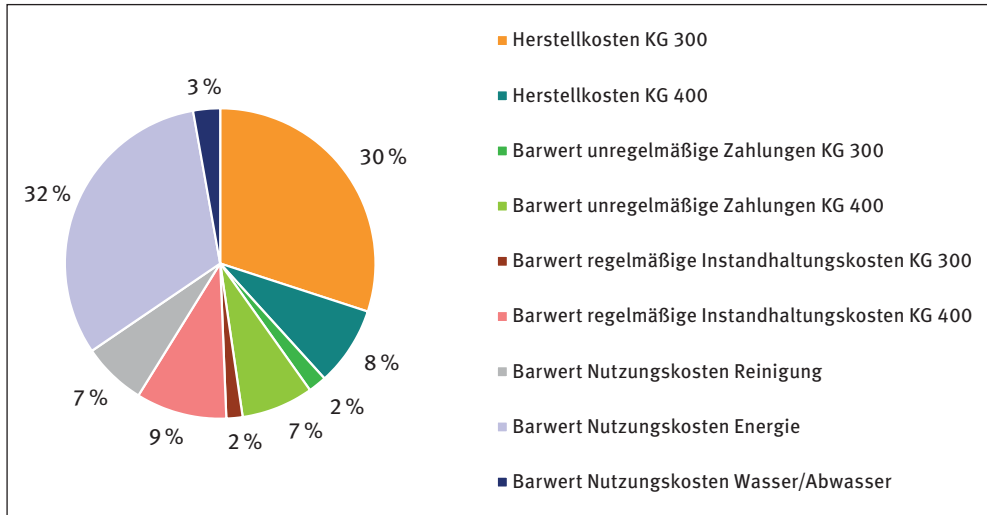


Bild 5.22: LzK-Aufteilung (1,5 % Kalkulationszinssatz, 5 % Energiepreissteigerung, 50 a) – Haus 2226

Analog zur Berechnung in für Haus 2019 (in 5.1.5) wird auch für Haus 2226 eine weitere Berechnung mit modifizierten Berechnungsparametern vorgenommen.

- Zinssatz 3,0 %
- Allg. Preissteigerung (z. B. Baukosten) 2,0 %
- Preissteigerung Energiekosten 2,0 %
- Preissteigerung Wasser-/Abwasserkosten 2,0 %
- Preissteigerung Dienstleistung Reinigung 2,0 %

Damit ergeben sich LzK in Höhe von – nur noch – ca. 2 100 € je m²_{BGF}, vgl. Tabelle 5.11.

Tabelle 5.11: LzK je m²_{BGF} (netto, 3,0 % Kalkulationszinssatz, 2,0 % Energiepreissteigerung, 50 a) – Haus 2226

Kostenart im Lebenszyklus	Kosten netto, Preisstand 2012
Herstellkosten KG 300	921,45 €
Herstellkosten KG 400	253,94 €
Barwert Instandsetzungen KG 300	37,90 €
Barwert Instandsetzungen KG 400	159,47 €
Barwert Wartung, Inspektion KG 300	36,01 €
Barwert Wartung, Inspektion KG 400	201,26 €

Kostenart im Lebenszyklus	Kosten netto, Preisstand 2012
Barwert Nutzungskosten Reinigung	141,74 €
Barwert Nutzungskosten Energie	287,41 €
Barwert Nutzungskosten Wasser/Abwasser	59,64 €
LzK	2 098,80 €

Die höhere Abzinsung künftiger Zahlungen (mit 3,0 gegenüber 1,5 %) lässt den prozentualen Anteil der Herstellungskosten steigen (auf insgesamt 56 %). Der Anteil der Kosten für Energie sinkt entsprechend der niedrigeren Preissteigerungsrate (2,0 % statt 5,0 %) zusätzlich und kommt in dieser Berechnung nur noch auf 14 % der LzK, vgl. Bild 5.23.

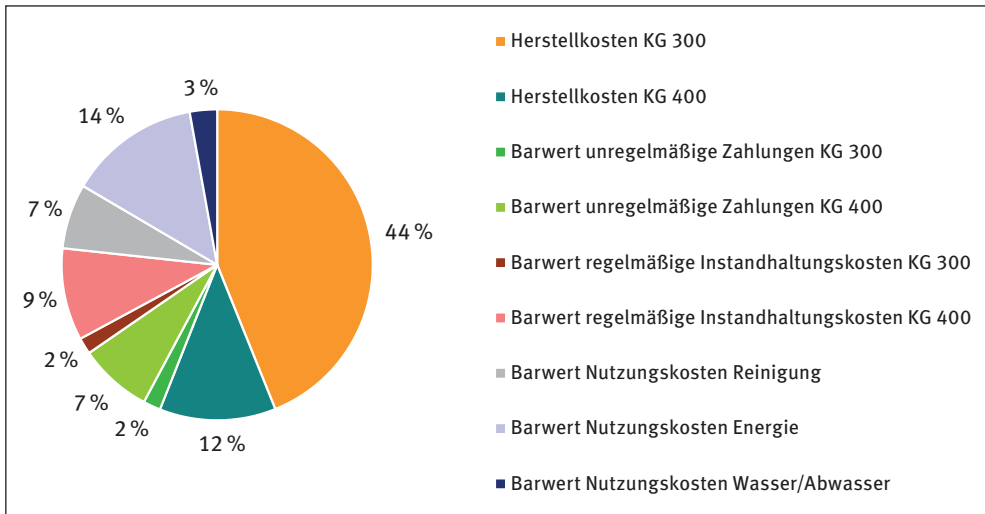


Bild 5.23: LzK-Aufteilung (3,0 % Kalkulationszinssatz, 2,0 % Energiepreissteigerung, 50 a) – Haus 2226

5.2.7 Ökobilanz

Für Haus 2226 wurde durch das Architekturbüro Pfäffli eine Gesamtbilanz nach dem SIA²⁹ 2040-„Effizienzpfad Energie“ erstellt (Tschümperlin, Laura, u.a. 2016). Als Rahmenbedingungen wurde definiert:

- keine Einbeziehung der Pfahlgründung (fehlende Bilanzdaten, eine Erhöhung der Werte um 4–6 % wird vermutet), stattdessen Flachgründung angenommen
- gemessene Energieverbrauchswerte
- 60 Jahre Lebensdauer

²⁹ SIA: Richtlinie des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins

Pro m² „Energiebezugsfläche“ ergaben sich für die **Herstellung 8,75 kg CO₂/m²·a** und für den **Betrieb 3,5 kg CO₂/m²·a** – bei Ansatz von Durchschnittswerten und ohne Berücksichtigung der Cafeteria mit ihrem gegenüber den Büros deutlich erhöhten Stromverbrauch. 6,15 kg CO₂/m²·a wurden ermittelt, inkl. der Cafeteria Nutzung und unter Einbeziehung der gemessenen Stromverbräuche für Beleuchtungen und Betriebseinrichtungen. Bild 5.24 zeigt die Aufteilung der CO₂-Emissionen auf Herstellung, Instandhaltung und Rückbau je Bauelement an.

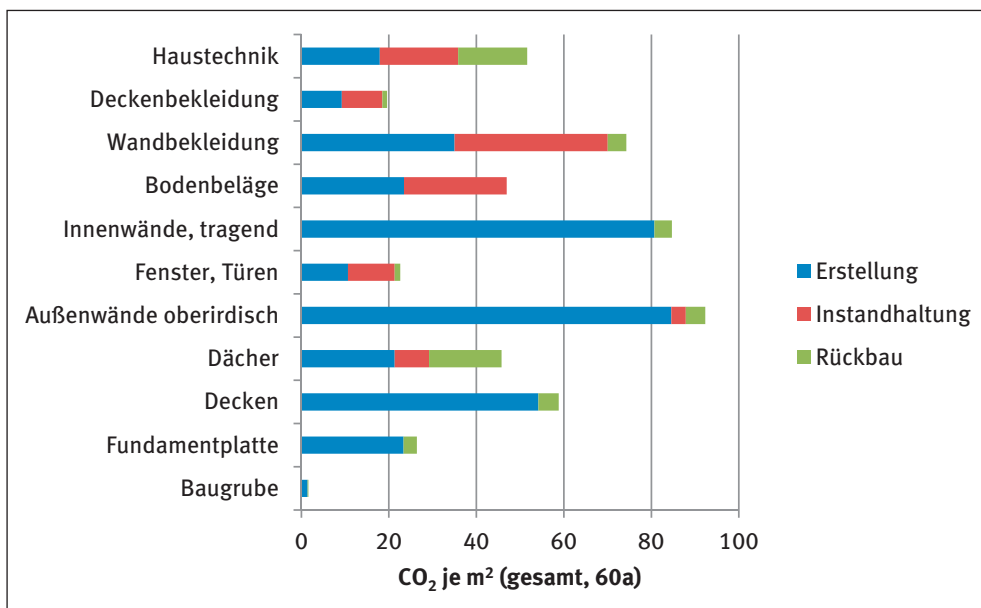


Bild 5.24: CO₂ Emissionen für 60 Jahre nach SIA 2040
(Datenquelle: Tschümperlin, Laura, u. a. 2016) – Haus 2226

Nach SIA 2040 wird zudem die Gebäude-induzierte Mobilität bewertet. Kriterien dafür sind u. a. die Einstufung als „Arbeitszone“, die Qualität des öffentlichen Verkehrs, das Vorhandensein von Auto- und Fahrradstellplätzen. Für Mobilität werden nochmals 11,62 kg CO₂/m²·a ausgewiesen, also deutlich mehr als für die Herstellung angesetzt werden.

Des Weiteren wird in SIA 2040 auf den Primärenergiebedarf – nicht erneuerbar – sowie auf die Umweltbelastungspunkte abgehoben. Bild 5.25 zeigt, dass die Betriebsphase für den Einsatz von nicht erneuerbarer Primärenergie die höchste Relevanz hat.

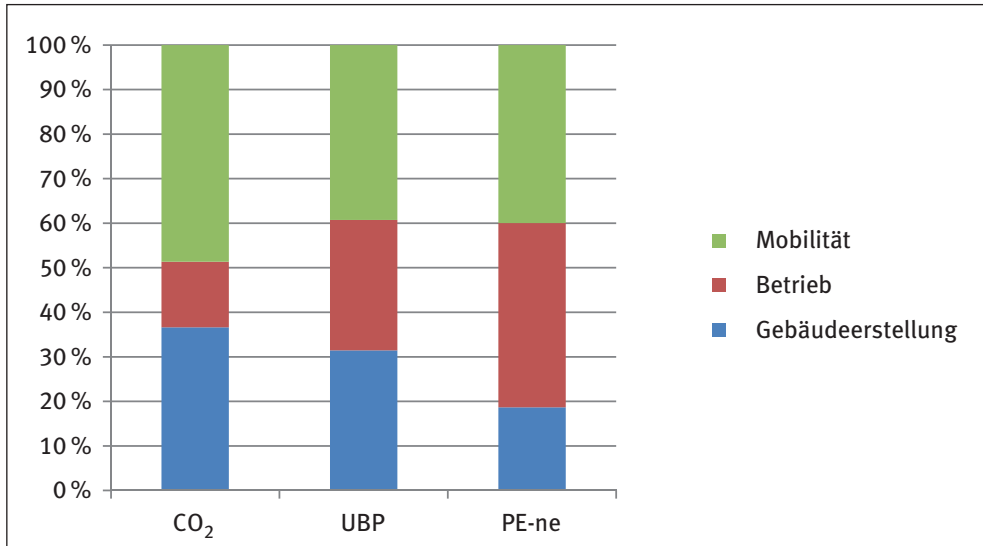


Bild 5.25: Umweltbelastungen nach SIA 2040 (Datenquelle: Tschümperlin, Laura, u. a. 2016) – Haus 2226

5.3 Beispiel zur Weiterentwicklung eines Bestandsgebäudes

Die obigen Beispiele für Ressourcen- und Umweltschonung durch intensiven bzw. minimalen Technikeinsatz wurden jeweils in Neubauten idealtypisch realisiert. Ein weitaus größeres Potenzial besteht jedoch in der Umgestaltung von Bestandsgebäuden. Deren Erhalt und Weiternutzung soll den Ressourcenaufwand im Vergleich zum Neubau um rund 30 % reduzieren. Hält diese Erwartung einer konkreten Berechnung Stand? Das Wohnhochhaus in Pforzheim dient hier als Beispiel.

5.3.1 Generalsanierung Wohnhochhaus Pforzheim – Gebäudebeschreibung

Aus dem Jahr 1969 stammt das in Bahnhofsnähe stehende Gebäude, das im Sockelgeschoss eine gewerbliche Nutzung vorsah und darüber 8 Wohngeschosse aufwies. Die Modernisierung und Aufstockung durch das Architekturbüro Freivogel Mayer Architekten aus Ludwigsburg im Jahr 2013/14 gewann zahlreiche Auszeichnungen, u. a. den Europäischen Architekturpreis 2015 „Energie und Architektur“. Adresse: Güterstraße 30, D-75175 Pforzheim.

Eine wesentliche Herausforderung bestand in dem Anspruch, die teilweise seit 40 Jahren im Gebäude wohnenden Mieter durch den Umbau möglichst wenig zu belasten. Aus diesem Grunde wurden Fassadenelemente aus Betonwerkstein gewählt, die eine weitgehende Vorfertigung ermöglichten.

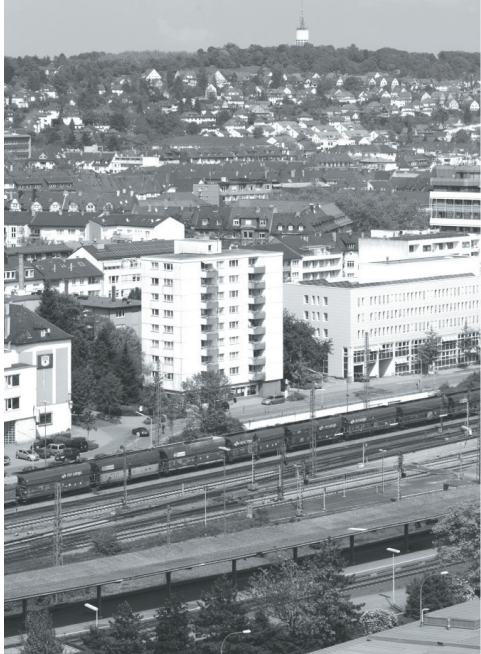


Foto: Dietmar Strauß

Bild 5.26: Vorher – nachher, Generalsanierung Wohnhochhaus Pforzheim

Die Generalsanierung umfasste eine Erneuerung der Heizungsanlage, der Sanitärräume, das Anbringen einer neuen Außenfassade und das Ersetzen der kleinen Balkone durch eine großzügige Loggia entlang der Südseite des Hauses. Zudem wurde das Gebäude um ein 10. Geschoss aufgestockt, das wegen seiner großzügigen Raumhöhe als Penthaus bezeichnet wird.

Der Einsatz von Solarthermie, Photovoltaik, Windkraftanlage und Eisspeicher bewirkt eine Reduktion des Heizwärmebedarfs von $160 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ auf nur noch $14,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ (vgl. Monitoring durch Transsolar Energietechnik GmbH, bereitgestellt von Herrn Rammig). Dies zeigt, dass die für die Zukunft angestrebte, energetische Qualität von Wohngebäuden auch durch Sanierungsmaßnahmen erreichbar ist. Aber ist sie auch effizient, im Sinne von Lebenszykluskosten und Ökobilanz? Die nachfolgenden Angaben dienen der Vorbereitung der entsprechenden Berechnungen und Vergleiche.

Nutzungsprogramm

18 Wohnungen: 1 699 m² (1.–9. OG)

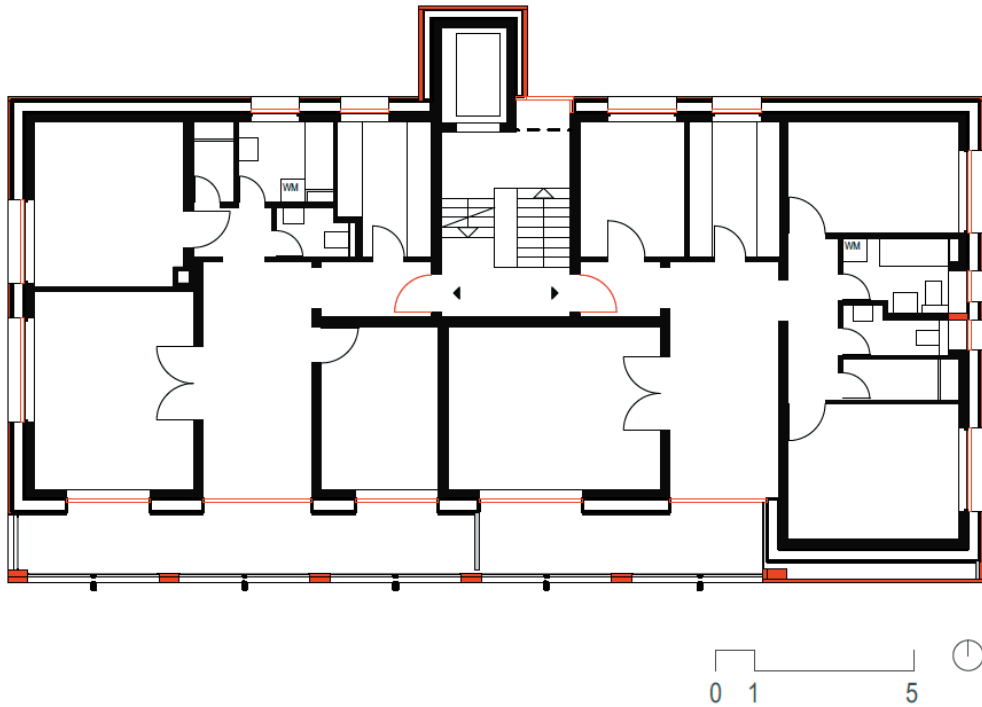
Gewerbefläche: 370 m² (EG, 1. UG)

Garagenstellplätze 23 Stück (+ 9 Stellplätze Außenbereich für gewerbliche Nutzung)

Kellerräume (für Wohnungsmieter, 2. UG)

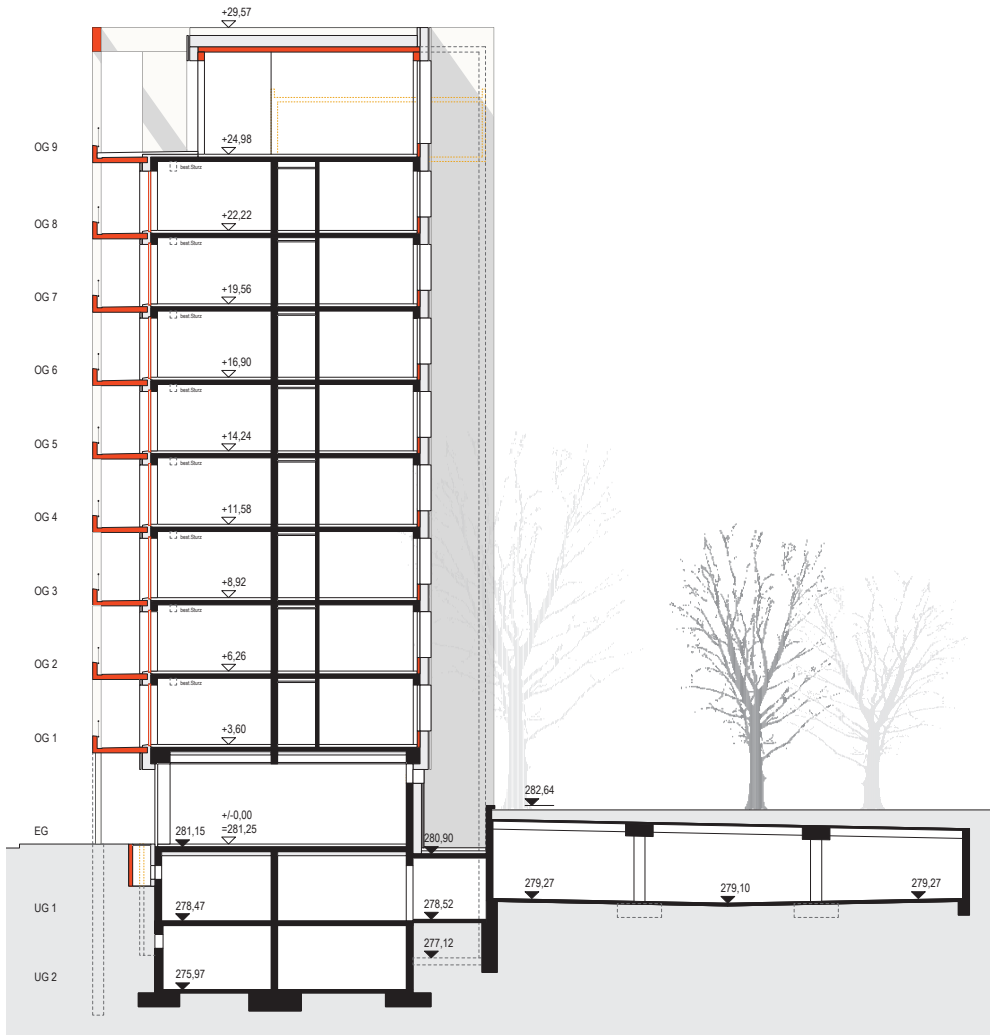
Pläne

(vgl. Bild 5.27, Bild 5.28)



Freivogel Mayer Architekten

Bild 5.27: Grundriss 1.–8. OG (Neubau ist rot dargestellt) – Generalsanierung Wohnhochhaus Pforzheim



Freivogel Mayer Architekten

Bild 5.28: Schnitt (Neubau ist rot dargestellt) – Generalsanierung Wohnhochhaus Pforzheim

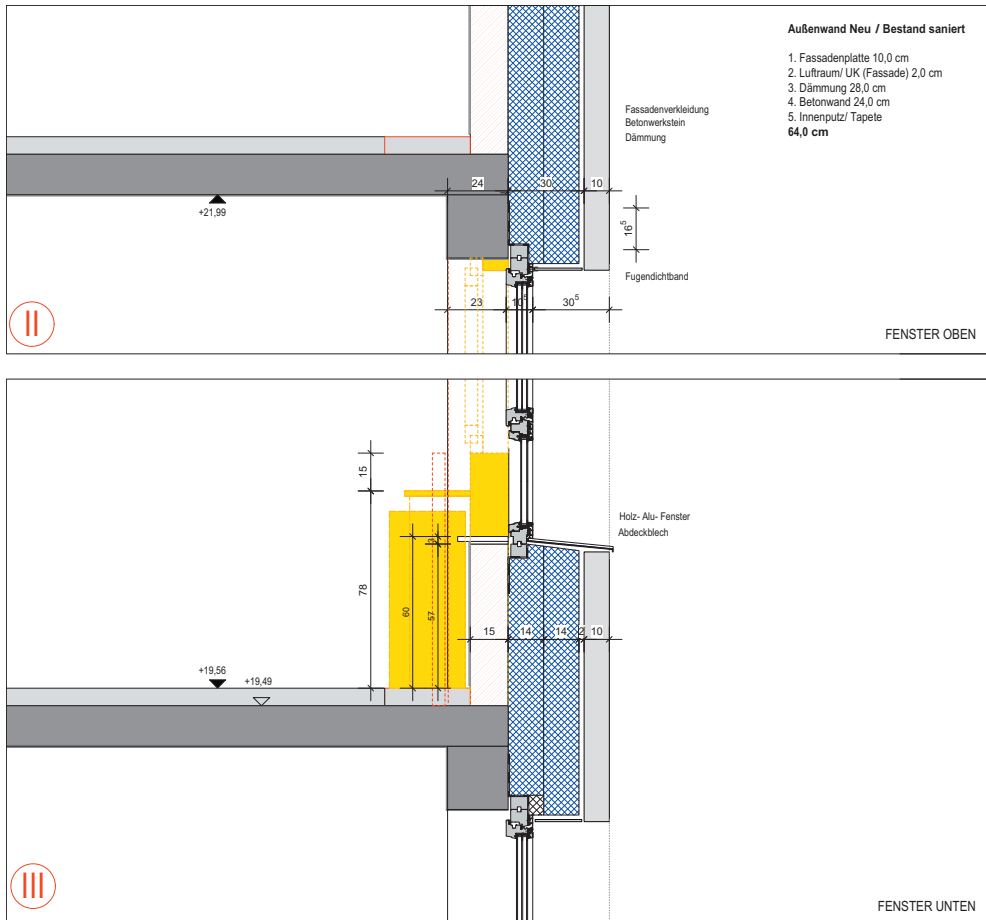
Konstruktion

Die massive Tragkonstruktion von 1969 wurde unverändert weiter genutzt. Da diese jedoch keine zusätzlichen Lasten aufnehmen konnte, mussten die vorgebaute Loggia wie auch die an den anderen drei Fassadenseiten vorgebaute, neue Fassadenkonstruktion separat gegründet werden. Die Aufstockung erfolgte ebenfalls im Massivbau (Stahlbeton).

Fassade

Die bestehende Fassade wurde nur an den Stellen zurückgebaut, an denen größere Festöffnungen umgesetzt wurden. Die geschlossenen Wandflächen bestehen aus den vorhandenen, ausbetonierten Durisol-Schalungssteinen, 28 cm dicker Wärmedämmung und einer hinterlüfteten Wetterschutz-Ebene aus Betonwerkstein-Elementen (10 cm). Damit ergibt sich eine Wandstärke von 64 cm, vgl. Bild 5.29.

Die neuen, 3-fach-verglasten, bodentiefen Fenster aus Holz und Aluminium (außen) wurden nach Aufmaß einzeln gefertigt.



Freivogel Mayer Architekten

Bild 5.29: Generalsanierung Wohnhochhaus Pforzheim – Fassadendetail (Rückbau in Gelb dargestellt)

Dach

Die begrünte Dachfläche dient der Stromgewinnung: außer Fotovoltaik wurde auch eine Windkraftanlage auf dem Dach platziert.

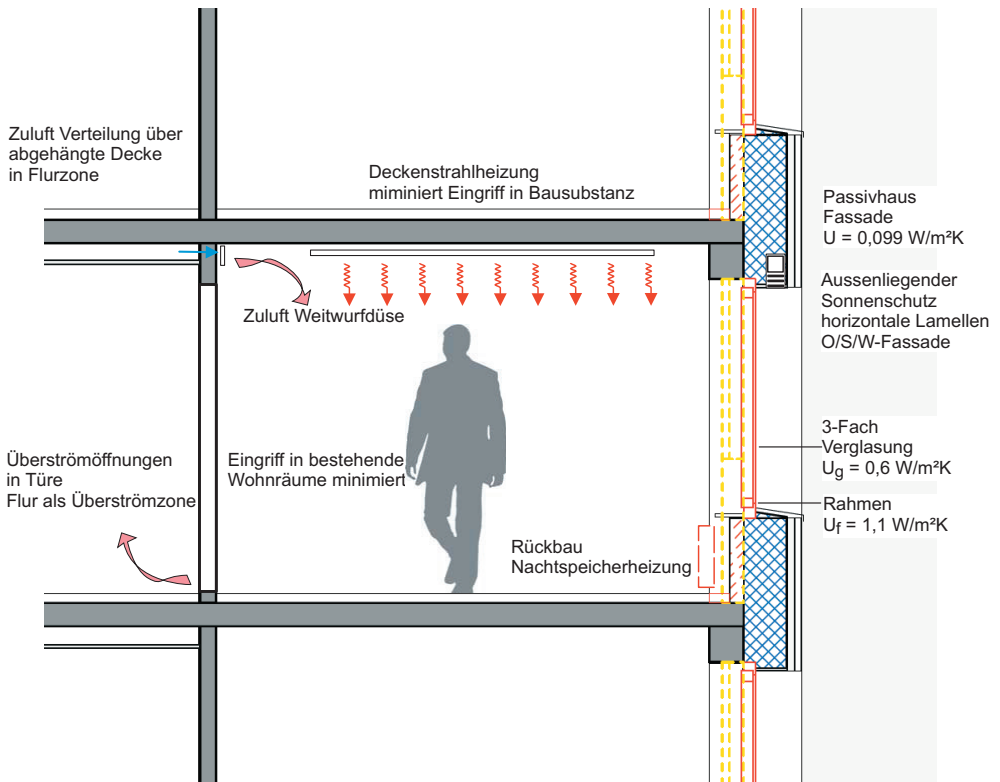
Innenausbau

Die Bäder wurden saniert, es erfolgte jedoch keine Veränderung der Wohnungsgrundrisse.

Gebäudetechnik

Die dezentralen Elektro-Nachtspeicher-Öfen und Warmwasserboiler wurden ausgebaut und recycelt. Die neue, zentrale Temperierung nutzt Fassadenabsorber und Eisspeicher für Heizung und Kühlung. Dafür wurden 4 cm starke Heiz-Kühl-Deckenelemente in den Wohnräumen eingebaut, vgl. Bild 5.30.

(Stand Fertigstellung)



Transsolar Energietechnik GmbH, Stuttgart

Bild 5.30: Energiekonzept im Detail – Generalsanierung Wohnhochhaus Pforzheim

Der Fassadenabsorber nutzt auf 92 m² Fassadenfläche ein Kapillar-System (werkseitig integriert im geschlossenen Bereich der Südfassade). Die im Sommer „geerntete“ Wärme wird im Eisspeicher für die kalte Jahreszeit gespeichert. Der auf der Nordseite des Gebäudes ins Erdreich eingebaute Eisspeicher umfasst ein Volumen von 85 000 l (d. h. 85 m³). Er wurde in Ortbeton unterhalb des Parkplatzes erstellt.

Der Eisspeicher wird nicht nur durch den Fassadenabsorber gespeist, sondern auch durch die sommerliche Kühlung mittels der Heiz-Kühl-Deckenelemente der Wohnungen bzw. der Kühlung aus dem gewerblich genutzten Erdgeschoss. Der für die Wasserzirkulation in Absorber, Deckenelementen und Eisspeicher erforderliche Pumpenstrom wird nach Möglichkeit aus der Photovoltaikanlage (66 m³, 13 kWp) sowie der Kleinwindkraftanlage mit 5 kW Leistung gezogen, vgl. Bild 5.31.

HINWEIS

Eisspeicher:

Wenn Wasser zu Eis gefriert, wird Kristallisationsenergie freigesetzt. Diese entspricht derjenigen Energie, die man bräuchte, um die gleiche Menge Wasser von 0 auf 80 Grad Celsius zu erhitzen. So kann gefrierendes Wasser als Wärmequelle genutzt werden.

Mittels elektrisch betriebener Wärmepumpen wird die Kristallisationswärme dem Eisspeicher so lange entzogen, bis alles Wasser gefroren ist. Für eine erneute Nutzung muss der Speicher wieder auftauen, d. h. Wärme zugeführt bekommen. Das geschieht einerseits durch das umgebende Erdreich, welches stets eine Temperatur um 10 Grad Celsius aufweist. Andererseits wird der Eisspeicher meist durch überschüssige Wärme, z. B. aus Solarkollektoren, oder aus der Gebäudekühlung im Sommer „regeneriert“.

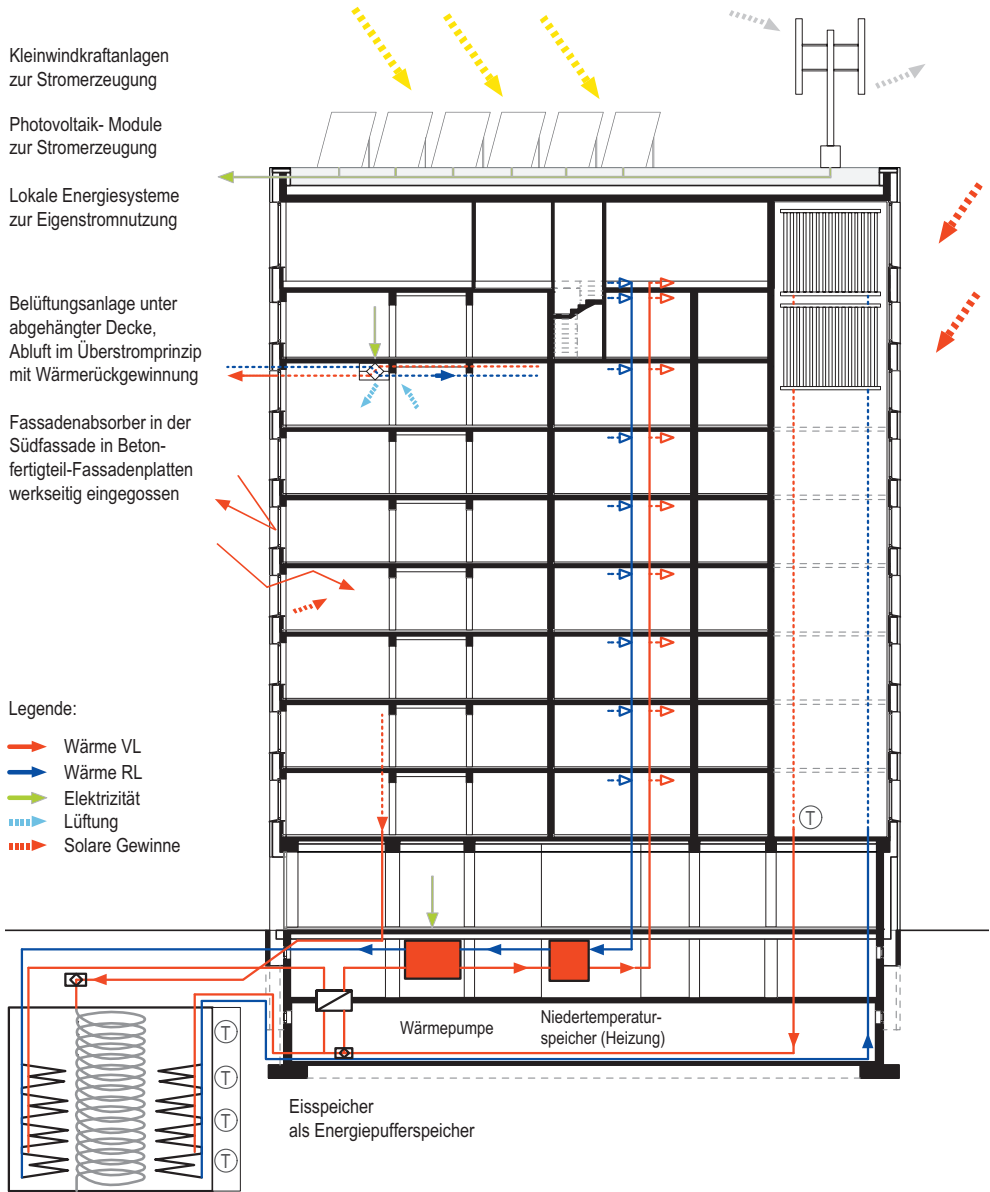
Der Eisspeicher macht es möglich, die im Sommer reichlich vorhandene Wärme aus der Umwelt zu „ernten“ und für den Winter einzuspeichern. Dafür dient einfaches Wasser, eine Wärmedämmung des Tanks ist nicht erforderlich.

Als Annäherung für eine Dimensionierung gelten folgende Zahlen:

100 m³ Volumen speichert ca. **8 300 kWh** Energie und ersetzt damit ca. 830 l Heizöl.

Das Monitoring während der Nutzungszeit (in 2015) zeigte nach Aussagen von Transsolar, dass die prognostizierten Werte zur Energieerzeugung übertroffen wurden und die tatsächlichen Verbräuche den Berechnungen entsprachen.

Der Aufzug wurde erneuert und um ein Geschoss erweitert.



Freivogel Mayer Architekten

Bild 5.31: Energiekonzept für das gesamte Gebäude – Generalsanierung Wohnhochhaus Pforzheim

5.3.2 Allgemeine Kennzahlen

Flächenkennzahlen

Tabelle 5.12: Flächen nach DIN 277 – Generalsanierung Wohnhochhaus Pforzheim

Flächenart	m ²
Bruttogrundfläche	3 432 inkl. der 2 Untergeschosse, Wohngeschosse: 2 754
Konstruktionsgrundfläche	717
Nettoraumfläche	2 715
Nutzungsfläche	2 438
Verkehrsfläche	229
Technikfläche	48
Nutzungsflächen 1–6	2 132
Nutzungsfläche 7	306
Höhe (brutto, gemittelt)	36 m
Höhe über der Erde	29,60 m
Bruttorauminhalt	9 616 m ³

Bauelemente – Massen

Tabelle 5.13: Bauelemente – Generalsanierung Wohnhochhaus Pforzheim

Flächenart	m ²
Bodenfläche gegen Erdreich/Fundament (neue Gründungen, Eisspeicher)	121,7
Fassadenfläche	1 616,7
Fensterfläche	505,5
Dachfläche	263,0
Dachfensterfläche	0

Verhältniszahlen

NF/BGF:	0,71
A/V-Verhältnis	0,32
Fensterflächenanteil	23,8 % (1.–9. OG)

Angaben zur Energiegewinnung und -speicherung des Gebäudes finden sich in Tabelle 5.14. Die thermische Qualität der Gebäudehülle beschreibt Tabelle 5.15.

Tabelle 5.14: Anlagen zur Energiegewinnung – Generalsanierung Wohnhochhaus Pforzheim

	Dimension	Leistung (Endenergie)
Photovoltaik-Paneele	66 m ² , 13,2 kWp	8 855 kWh/a
Windkraft (vertikal)	5 kWp	2 092 kWh/a
Solarthermie-Paneele	92 m ² , 6,5 kWp im Winter, 16,4 kWp im Sommer	Deckungsgrad von bis zu 33 % der Warmwasserbereitung
Eisspeicher	85 m ³	

Tabelle 5.15: U-Werte – Generalsanierung Wohnhochhaus Pforzheim

Fenster (gesamt)	0,98
Außenwand (Mittelwert)	0,12
Dachfläche	0,11
Bodenplatte	0,25

5.3.3 Interview zur Generalsanierung Wohnhochhaus Pforzheim – Jochen Freivogel

Das Architekturbüro „Freivogel Mayer Architekten“ hat die Eigentümer des Bestandsgebäudes, die Baugesellschaft „Pforzheimer Bau und Grund GmbH“, vom Beginn der Planungsüberlegungen an begleitet. Herr Jochen Freivogel stellte sich Fragen zu den Besonderheiten dieser Generalsanierung im laufenden Betrieb, d. h. bei kontinuierlicher Wohnnutzung.

Mit Blick auf den künftig umzusetzenden Niedrigstenergiestandard für jegliche Gebäudeart wird häufig vermutet, dass Abriss und Neubau die vorteilhaftere Lösung seien.

Warum hat man sich im Falle des Wohnhochhauses am Pforzheimer Bahnhof anders entschieden?

Freivogel:

Im Rahmen der Grundlagenermittlung haben wir in der Tat die Variante Abriss/Neubau mit der Variante Generalsanierung verglichen. Dabei kamen wir auf Brutto-Kosten, inkl. Nebenkosten von ca. 4,5 Mio. € für den Neubau und ca. 3 Mio. € für den „Weiterbau“, der dann aber nur hinsichtlich der Fassade, der Aufstockung und der Heiztechnik neuwertig ist. Das finanzielle Delta von 1,5 Mio. € – immerhin 1/3 der Neubaukosten – war jedoch nicht der alleinige Entscheidungsgrund.

Zwei weitere Argumente sprachen für die Generalsanierung: der Bestandsschutz für das Hochhaus wäre bei einem Abriss vermutlich entfallen. Ein Neubau hätte sich an der baulichen Umgebung orientieren müssen, die deutlich weniger Geschosse aufweist. Das andere Argument waren die Bestandsmieter, die häufig schon seit dem Erstbezug in 1969 in dem Gebäude wohnen und zudem ja Genossenschafter der Pforzheimer Bau und Grund GmbH sind. Bei einer Sanierung könnten sie im Gebäude wohnen bleiben. Die geringeren Kosten der Sanierung erlauben zudem, die Brutto-Mietkosten, d. h. inkl. der Nebenkosten für Heizung, nahezu konstant zu halten. Es wurde also die sozialverträglichere der beiden Varianten gewählt.

Die Generalsanierung konzentrierte sich auf die Fassade inkl. Balkone, die Gebäude-temperierung und die Bäder. Nach einer Nutzungsdauer von über 40 Jahren seit 1969 hätte man erwartet, dass auch Bodenbeläge und Elektroinstallationen am Ende ihrer technischen Lebensdauer wären. Warum wurden diese nicht angetastet?

Freivogel:

Im Vorfeld der Planung wurden die Mieter zu ihrer Wohnsituation befragt. Als Hauptproblem wurde da der Außenlärm benannt. Schließlich steht das Gebäude direkt am Hauptbahnhof und der Bahnverkehr ist in jedem Geschoss deutlich zu hören. Hier konnten wir mit der neuen Fassade und insbesondere mit der 3-fach-Verglasung der Fenster eine deutliche Verbesserung bewirken.

Zu den Bodenbelägen und der Elektroinstallation gab es keine Veränderungswünsche seitens der Mieter. Einerseits wurde im Jahr 1969 offenbar eine gute Qualität verbaut: die Elektroinstallationen funktionieren nach wie vor. Der Schallschutz unter dem schwimmenden Estrich ist mit 2 Lagen 12,5/10 mm „Gerrix“-Platten (Glasfaser-Platte) zwar nicht besonders hoch, aber andererseits auch sehr dauerhaft. Zumindest schien es kein wichtiger Mieterwunsch zu sein, den Schallschutz zu verbessern. Viel wichtiger war es den Mietern, dass ihre individuellen Beläge und ihre verschiedenen Einbauten unverändert bleiben könnten. Das sprach entschieden gegen Veränderungen an der Elektroinstallation oder an den Bodenbelägen.

Nur im Zusammenhang mit den Lüftungsgeräten und der neuen Warmwasserbereitung wurden neue Elektroleitungen verlegt.

Der Umbau im laufenden Betrieb war also mit dem Mieterwohl begründet worden. Welcher Mehraufwand ist dadurch für den Bauprozess entstanden?

Freivogel:

Unsere Planung hat von Anfang an diesen Umstand berücksichtigt, daher sind keine substanziellen Mehrkosten entstanden. Die Vorfertigung der Fassadenplatten ermöglichte eine Montage von außen, ohne dass ein Mieter seine Wohnung hätte verlassen müssen. Im Anschluss wurde Raum für Raum von innen zurückgebaut: Ausbau der alten Heizkörper, der alten Fenster, etc. Weil in einigen Wohnungen auch Holzdecken oder Einbauschränke an den Decken befestigt waren, haben wir die Platzierung der Decken-Heiz/Kühlelemente im Detail jeweils vor Ort entschieden.

Ein nicht in den Baukosten erfasster Aufwand wurde von der Baugesellschaft getragen. Als der Aufzug erneuert wurde, stellte sie beispielsweise eine Person bereit, die die Einkaufstüten in die oberen Geschosse trug. Ebenso organisierte sie das Umstellen der Möbel innerhalb der Wohnungen, je nach Bauprozess. In Zeiten, in denen die Küchen nicht nutzbar waren, gab es Essensgutscheine für eine nahegelegene Kantine, usw.

Wegen der zu erwartenden Lärmbelastung durch die Sanierung hatte die Genossenschaft den Mietern Ersatzwohnungen angeboten. Davon hat aber nur eine Mieterin während der Aufstockungsphase Gebrauch gemacht, ihr Ehemann blieb in der Wohnung. So wichtig war es den Mietern offenbar, dass sie zur annähernd gleichen End-Miete – aus Kaltmiete und den durch die energetische Sanierung drastisch reduzierten Nebenkosten – in den gewohnten Räumen wohnen bleiben können. Dieser soziale Aspekt des Nachhaltigen Bauens wurde auch von der Jury des Europäischen Architekturpreises 2015 besonders hervorgehoben.



Fotograph: Bernhard Friese

Bild 5.32: Architekt Jochen Freivogel

5.3.4 Maßnahmen des LzM – Nutzbarkeit

- **Bedarfskonzept** (bezogen auf die Wohngeschosse)
 - Flächenbedarf
Dem Bedarf nach großzügigeren Außenflächen wurde mit der fassadenbreiten Loggia auf der Südseite des Gebäudes entsprochen.
 - Komfortniveau: Heizung, Kühlung
durch den Einbau eines Eisspeichers kann in Kombination mit den Heiz-Kühl-Deckenelementen im Sommer eine Kühlung vorgenommen werden.
 - Barrierefreiheit
durch den Aufzug ist ein barrierefreier Zugang gewährleistet. Eine der Dachwohnungen könnte barrierefrei ausgestaltet werden, was den Zuschnitt des Bades angeht.

- Technische Ausstattung
Modernisierung von Warmwasserbereitung, Heizung/Kühlung und Sonnenschutz.
- Gastronomie
im Nachbargebäude (Landratsamt) vorhanden.
- Flächen für Unterstützungsprozesse
für Wohnungen weniger relevant, es gibt jedoch auch nach dem Umbau Kellerräume für die Aufbewahrung von Geräten und Möbeln außerhalb der Wohnung.
- **Nutzungsflexibilität**
 - Erreichbarkeit
durch die Lage gegenüber dem Pforzheimer Hauptbahnhof sehr gut an den Öffentlichen Nah- und Fernverkehr angebunden.
 - Universalität, Veränderbarkeit bzw. Nachrüstbarkeit
(die Mietertreue über 40 Jahre hinaus zeugt von einer dauerhaften Nutzbarkeit, und das bei weniger als 2,50 m lichter Raumhöhe)
- **Gesundheitsschutz**
 - Schallschutz
durch 3-fach-Verglasung in den neuen Fenstern stark verbessert
 - Ausdünstungen aus Baustoffen vermeiden
die Weiternutzung der Bodenbeläge vermeidet im weitesten Sinne eine Einbringung von neuen Baustoffen, die Belastungen aufweisen könnten.
 - Schimmel vermeiden
mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung eingebaut.

5.3.5 Maßnahmen des LzM – Ressourceneinsatz und Umweltschonung

Durch den Erhalt des bestehenden Gebäudes – mit Ausnahme wesentlicher Teile seiner Fassade – wurde ein erneuter Aufwand von Ressourcen zu dessen Herstellung vermieden. Die auf die energetische Erneuerung abzielende Generalsanierung sorgt in Ergänzung dazu für eine Reduktion der Folgekosten bzw. der Energie-Aufwendungen für die Gebäudetemperierung.

- **Ressourcen – Material, Kosten:**

Zur Veranschaulichung wurden die Volumina der massiven Bauelemente für Bestand und Neubau für eine Wohntage ermittelt. Darin wurden die 10 cm starken Fassadenelemente aus Betonwerkstein mit einbezogen. Tabelle 5.16 zeigt, dass – bezogen auf den heutigen Gesamtzustand des Gebäudes – 83 % der massiven Bauelemente unverändert geblieben sind. Den Volumina der massiven Bauelemente kann man linear die Ressourcen Kosten und Energie zuordnen: Der eingesparte Rohbau macht sich in den Kosten entsprechend bemerkbar, vgl. Lebenszykluskosten in 5.3.6.

Tabelle 5.16: Massive Bauelemente (beispielhaft ermittelt für eine Wohntage) – Generalsanierung Wohnhochhaus Pforzheim

(in m ³)	vertikale Bauelemente	horizontale Bauelemente	Summe	Anteil am heutigen Gesamtzustand
Bestand	77,9	38,5	116,4	83 %
neu (während der Sanierung eingebaut)	18,4	5,9	24,3	17 %
heutiger Gesamtzustand	96,3	44,4	140,7	(100 %)

Bei der Konzeption der Generalsanierung bzw. der Aufstockung wurde auf die Recyclingfähigkeit der eingebauten Materialien geachtet. So sind die Fassadenbaustoffe – Betonwerkstein und Wärmedämmung – nicht miteinander verklebt, sondern sortenrein rückbaubar. Auf Verbundstoffe – wie z. B. in Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) oder in Kunststofffenstern mit Stahlkern üblich – wurde verzichtet.

- **Ressource – Energie:**

Für die Herstellung von Zement (als Energiebedarfstreiber bei Beton und Betonwerkstein) ist ein hoher Energieeinsatz erforderlich. Entsprechend kann man auch die Ersparnis von Energie zur Baustoffherstellung proportional zu den aufgeführten Volumen ansetzen, Kennzahlen dazu in 5.3.7.

Die energetischen Aufwendungen für die Phase der Gebäudenutzung wurden durch die verbesserte Wärmedämmung, eine mechanische Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung und die Anlagen zur Nutzung von Energie aus der Umwelt reduziert. Zudem erfolgt eine saisonale Wärmespeicherung im Eisspeicher, sodass die Zeiten mit geringer Verfügbarkeit von Solarenergie teilweise ausgeglichen werden können.

- **Umweltschonung**

Die oben benannten Maßnahmen zur Energieeinsparung und zur Vermeidung von Ausdünstungen durch die Weiternutzung von Bodenbelägen und anderen Oberflächenbehandlungen tragen zur Umweltschonung bei. Des Weiteren hat Betonwerkstein eine sehr dauerhafte Oberfläche, die keiner zusätzlichen Versiegelung bedarf. So sind auch keine umweltschädigenden Auswaschungen zu erwarten.

5.3.6 Lebenszykluskosten

Die Lebenszykluskosten-Berechnung gemäß den obigen Kennzahlen sowie der Vorgaben aus BNB_NB, Kriterium 2.1.1 (Version 2015) verwendet folgende Parameter:

- Zinssatz 1,5 %
- Allg. Preissteigerung (z. B. Baukosten) 2,0 %
- Preissteigerung Energiekosten 5,0 %

- Preissteigerung Wasser-/Abwasserkosten 2,0 %
- Preissteigerung Dienstleistung Reinigung 2,0 %

Die Berechnung wurde auf die **neun Wohngeschosse** (BGF: 2 754 m²) beschränkt. Der Ausbau des Erdgeschosses für das Landratsamt mit viel Gebäudetechnik für Datenleitungen, Serverräume, Kühlung, etc. war ein eigenes Bauprojekt mit anderen Kostenstrukturen.

Kosten für die Herstellung des Altbaus wurden nicht angesetzt. Bei der **Instandhaltung** ist jedoch auch die bestehende Haustechnik für das Gewerk Elektrotechnik angesetzt worden.

Weitere Annahmen waren hinsichtlich des **Nutzerstroms** zu treffen, damit ein Vergleich mit dem auf energetische Autarkie ausgelegten Haus 2019 möglich wird. Für Wohnnutzungen wird der Energiebedarf meist pro Haushalt angegeben. Bei einem Zwei-Personenhaushalt in einem Mehrfamiliengebäude sind 2 100 kWh/a ein „unterer“ Wert (CO₂online gemeinnützige GmbH 2016), als mittlerer Wert gilt 2 400 kWh/a (1-Stromvergleich.com 2016). Der untere Wert wurde gewählt, um den Unterschied zur Büronutzung nicht allzu groß werden zu lassen. Es wurden 18 Zwei-Personenhaushalte angenommen für die Berechnung.

Für 50 Jahre ergeben sich daraus die in Tabelle 5.17 aufgeführten Barwerte der Zahlungen im Lebenszyklus.

Tabelle 5.17: LzK je m²_{BGF} (netto, 1,5 % Kalkulationszinssatz, 5 % Energiepreissteigerung, 50 a, nur für Wohngeschosse) – Generalsanierung Wohnhochhaus Pforzheim

Kostenart im Lebenszyklus	Kosten netto (€)
Herstellkosten KG 300	562,53 €
Herstellkosten KG 400	183,37 €
Barwert Instandsetzungen KG 300	335,86 €
Barwert Instandsetzungen KG 400	156,54 €
Barwert Wartung, Inspektion KG 300	31,55 €
Barwert Wartung, Inspektion KG 400	339,07 €
Barwert Nutzungskosten Reinigung	34,36 €
Barwert Nutzungskosten Energie, inkl. Haushaltsstrom	606,51 €
Barwert Nutzungskosten Wasser/Abwasser	149,83 €
LzK	2 399,62 €

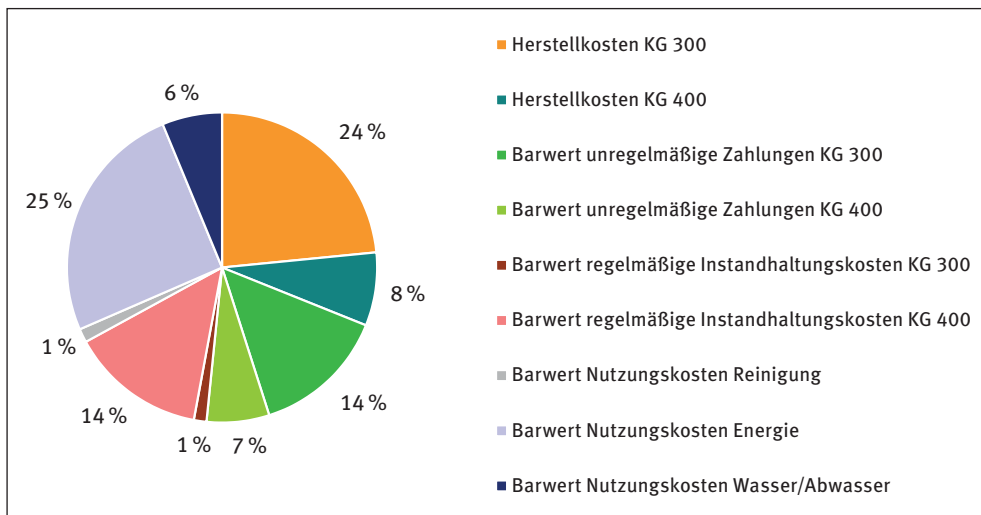


Bild 5.33: LzK-Anteile (netto, 1,5 % Kalkulationszinssatz, 5 % Energiepreissteigerung, 50 a, nur für Wohngeschosse) – Generalsanierung Wohnhochhaus Pforzheim

In diesem Gebäude, das viel bestehende Bausubstanz weiternutzt, ist ein deutlich reduzierter Anteil für die Herstellkosten sichtbar: 32 % der LzK werden dafür aufgewendet (gegenüber 38 % in Haus 2226 und 47 % in Haus 2019) – bei niedrigem Kalkulationszinssatz und hoher Preissteigerungsrate für Energie. Der größte Anteil der LzK in Höhe von 25 % wird für die Energienutzung ausgegeben – hier speziell durch den Haushaltsstrom bedingt.

Wie in den vorangegangenen Beispielen wird auch hier nochmals mit anderen Berechnungsparametern gerechnet:

- Zinssatz 3,0 %
- Allg. Preissteigerung (z. B. Baukosten) 2,0 %
- Preissteigerung Energiekosten 2,0 %
- Preissteigerung Wasser-/Abwasserkosten 2,0 %
- Preissteigerung Dienstleistung Reinigung 2,0 %

Tabelle 5.18: LzK je m²_{BGF} (netto, 3,0 % Kalkulationszinssatz, 2,0 % Energiepreissteigerung, 50 a, nur Wohnetagen) – Generalsanierung Wohnhochhaus Pforzheim

Kostenart im Lebenszyklus	Kosten netto (Preisstand 2014)
Herstellkosten KG 300	562,53 €
Herstellkosten KG 400	183,37 €
Barwert Instandsetzungen KG 300	222,49 €
Barwert Instandsetzungen KG 400	108,48 €

Kostenart im Lebenszyklus	Kosten netto (Preisstand 2014)
Barwert Wartung, Inspektion KG 300	21,86 €
Barwert Wartung, Inspektion KG 400	234,98 €
Barwert Nutzungskosten Reinigung	23,81 €
Barwert Nutzungskosten Energie	179,00 €
Barwert Nutzungskosten Wasser/Abwasser	103,83 €
LzK	1 640,36 €

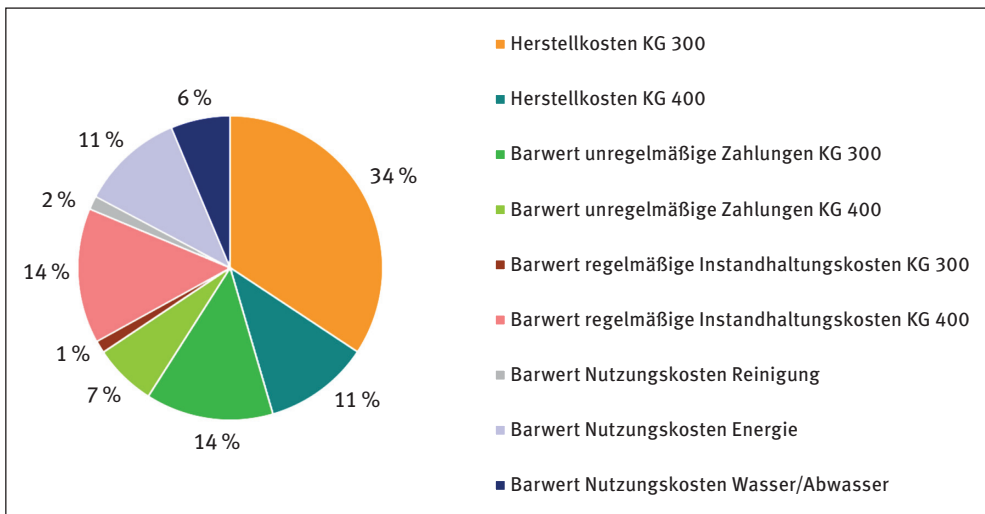


Bild 5.34: LzK-Anteile (3,0 % Kalkulationszinssatz, 2,0 % Energiepreissteigerung, 50 a, nur Wohnetagen) – Generalsanierung Wohnhochhaus Pforzheim

Mit der niedrigeren Preissteigerungsrate für Energieverbrauch und einem höheren Kalkulationszinssatz fallen die Herstellungskosten – anteilig gesehen – mehr ins Gewicht. Die Nutzungskosten für Energie haben dagegen einen geringeren Anteil (11 % statt 25 % in Bild 5.33).

5.3.7 Ökobilanz

Eine Ökobilanz liegt für die Generalsanierung in Pforzheim nicht vor. Daher wird hier mit Bezug auf die obigen Gebäudebeispiele argumentiert.

Weil die Zementproduktion sehr energieintensiv und damit CO₂-emittierend ist, ist es aus Sicht der globalen Umwelt äußerst hilfreich, bestehende und noch nutzbare Rohbaustrukturen weiter zu verwenden. Spiegelt man die erhaltenen Bauteile an den Werten des Hauses 2226 (und rechnet mit nur 25 % der dortigen Wandstärke), dann kommt man auf

eine Größenordnung von $4,4 \text{ kg CO}_2/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$, die ansonsten für die Erstellung der weiter genutzten Bausubstanz hätten aufgewendet werden müssen.

Tabelle 5.19: Durch Erhalt des Rohbaus eingespartes CO_2 – Generalsanierung Wohnhochhaus Pforzheim

	absolut	je Nutzungsjahr (bei 60 a)
CO_2 -Aufwand für erhaltenen Gebäudeanteil	ca. $266 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$	ca. $4,4 \text{ kg CO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
Anteil am CO_2 -Aufwand für Herstellung gesamtes Gebäude	ca. 74 %	

Diesen Ersparnissen stehen kaum Nachteile entgegen. Abgesehen von der Tatsache, dass die Boden- und Wandbeläge sowie die Elektroinstallationen in diesem „Weiterbau“-Konzept nicht neuwertig sind, muss man angesichts des Passivhausstandards keine hohen Energieverbräuche gegenrechnen.

5.4 Synopse der Lebenszyklus-Kennzahlen der Fallbeispiele

5.4.1 Lebenszykluskosten im Vergleich

Vorweg ist zu betonen, dass dieser Kennzahlenvergleich mit deutlichen Unsicherheiten belastet ist. Das **Zahlenmaterial war unterschiedlich differenziert**: Gesamte Bausumme versus Abrechnungsdetails auf der 3. Ebene nach DIN 276. Unschärfen ergeben sich auch aus den vermutlich unterschiedlich vorgenommenen Abgrenzungen. Beispielsweise sind die Baukosten für die Sanierung der Gewerbeeinheit in der Generalsanierung des Wohnhochhauses ausgeklammert worden. Entsprechend wurden die BGF für die LzK-Berechnung reduziert.

Ein Vergleich auf Kostenbasis impliziert eine **Vergleichbarkeit des Nutzens**. Auch hier gibt es Einschränkungen: Haus 2019 wurde unter der Vorgabe von sehr hohen Komfortanforderungen konzipiert hinsichtlich Schallschutz, Verfügbarkeit, Luftwechsel, etc. Zudem wurden Duschen eingebaut, was in den Benchmarks nach BKI und FM-Benchmarking-Bericht vermutlich eher selten anzutreffen und in Haus 2226 bisher nicht der Fall ist (erhöht u. a. die Reinigungskosten).

In Haus 2226 bestand zwar ebenfalls die Erwartung, dass sich die Innenraumtemperatur stets im Komfortbereich von min. 22 und max. 26 Grad Celsius bewegen sollte und die Raumluft mit max. 1200 ppm CO_2 belastet sein darf. Aber die **Gruppenbüro-Konzeption** ergibt einen anderen Komfort hinsichtlich der Ungestörtheit am Arbeitsplatz. Gleichzeitig reduziert sich der Aufwand zur individualisierten Steuerung der Raumkonditionierung und an Einbauten für die Trennwände mit entsprechenden Türen, etc. Auch die radikale Einfachheit des Bodenbelags in Haus 2226 trägt zur Kostenreduktion im Lebenszyklus bei und ist nicht auf die Erwartungen beim Bau einer Bundesbehörde übertragbar.

Schließlich wurde noch eine Wohnbebauung in den Vergleich aufgenommen. Diese hat eine **andere Nutzungsart**: das Wohnen führt beispielsweise zu höheren Wasserverbräuchen. Für die Reinigung wurden lediglich Prozesse auf den Verkehrsflächen angesetzt, weil die Wohnflächenreinigung i. d. R. durch die Mieter selbst erbracht wird.

Dies vorausgeschickt, kann man folgende Tendenzen erkennen:

- **High Tech**

Gebäude, die wie das Haus 2019 den Niedrigstenergiestandard mit einem hohen Technologieinsatz erzielen, sind bei den Folgekosten zwar von Energiekosten „befreit“, kompensieren diese Gewinne aber teilweise wieder durch höhere Kosten für die Wartung und Instandsetzung ebendieser Gebäudetechnik.

- **Low Tech**

Der Einsatz von Mauerwerk als thermischer Speicher und der Verzicht auf gebäudetechnische Anlagen zur Heizung, Kühlung, Lüftung, Wärmerückgewinnung, etc. wirken sich sowohl auf die Herstellungs- als auch auf die Folgekosten positiv aus. Die nicht eingebaute Heizung muss weder gewartet noch erneuert werden.

Die Übertragbarkeit des in Haus 2226 erprobten Konzeptes auf Gebäudenutzungen mit Einzelbüros oder Wohnungen muss jedoch noch erprobt werden. Beispielsweise ist die natürliche Lüftung mittels Fensteröffnung durch die Positionierung der Fenster an zwei Gebäudeseiten begünstigt. Dieses war bei den großen Raumeinheiten von 80–100 m² umsetzbar. Eine längere Fensteröffnungsdauer würde bei kleineren Räumen diesen Effekt zwar kompensieren, aber im Winter ggf. zu Kälteempfinden während der Lüftungsphase führen.

Haus 2226 belegt jedoch das Potenzial, das in der radikalen Reduktion von Baustoffen und Bauelementen steckt. Ein Überdenken der aktuellen Standards und Ansprüche scheint sich im Sinne des LzM definitiv zu lohnen.

- **Generalsanierung**

Bestandsgebäude „weiterbauen“, statt sie abzureißen, ist eine lohnende Alternative. Die Generalsanierung des Wohnhochhauses in Pforzheim belegt, dass man mit einer neuen Fassade und einer Kombination aus Energiegewinnung und Wärmespeicherung in einem Eisspeicher den Passivhausstandard erreichen kann.

Eine energetische Autarkie inkl. des Nutzerstroms – wie in Haus 2019 – wird dadurch zwar noch nicht erreicht, aber dafür bleiben die Kosten für Sanierung und künftige Instandhaltung auf einem deutlich niedrigeren Niveau.

Bild 5.35 stellt die LzK des auf Durchschnittswerten beruhenden Bürogebäudes (BKI_Büro) aus Abschnitt 3.2.4 den LzK aus 5.1 bis 5.3 gegenüber. Der oben benannte Unterschied im baulichen Konzept und in den Komfortansprüchen wirkt sich deutlich auf die LzK aus. Besonders fällt die in Haus 2226 stark reduzierte Gebäudetechnik (Herstellkosten KG 400) auf. Analog zu den Herstellkosten für Gebäudetechnik sinken auch die Instandhaltungskosten in Haus 2226.

Interessant ist zudem die Höhe der Energiekosten, die sich bei der Berechnung mit 5 % Preissteigerungsrate im Laufe von 50 Jahren auf ca. 2 800 €/m²_{BGF} beim Durchschnittsgebäude summieren. In Haus 2019 schlagen sie dagegen mit null Euro zu Buche. Aber auch bei Haus 2226 und in der Generalsanierung in Pforzheim sind die Energiekosten als deutlich gegenüber dem Durchschnitt reduziert erkennbar.

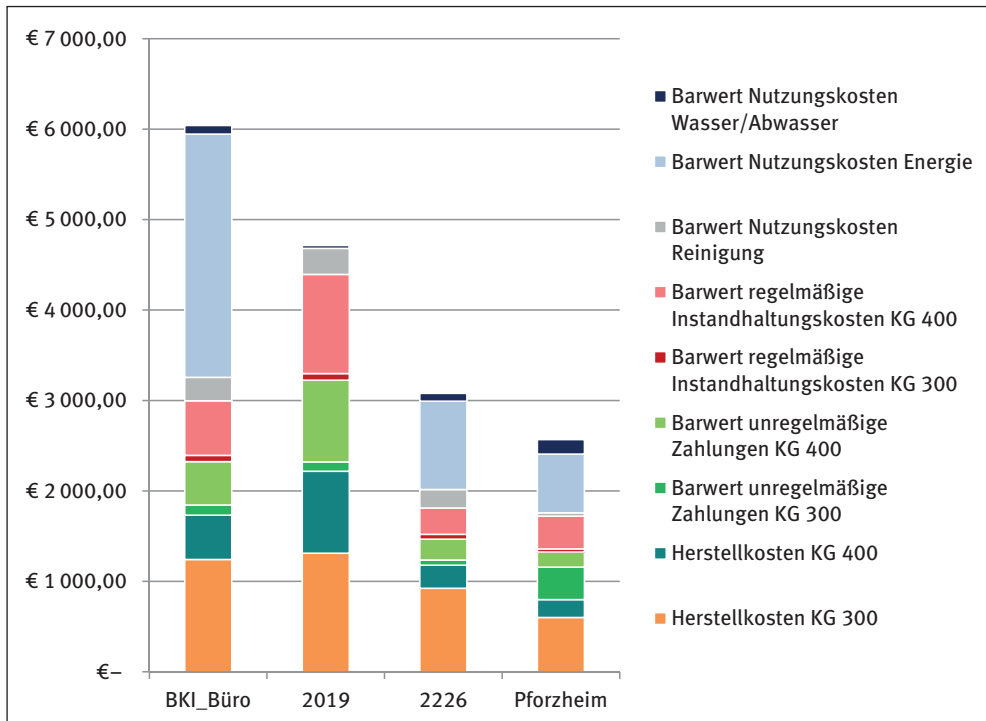


Bild 5.35: LzK je m²_{BGF} im Vergleich (1,5 % Kalkulationszinssatz, 5,0 % Preissteigerungsrate für Energie und 2,0 % Preissteigerungsrate für alle übrigen Kosten)

Im direkten Vergleich zwischen Haus 2019 und Haus 2226 kann man überprüfen, ob der höhere Aufwand an Konstruktionsfläche für Haus 2226 (dickere Wandstärken) durch die geringeren Flächenanteile für Technikräume ausgeglichen wird. Tabelle 5.20 stellt die Flächenkennzahlen der beiden Gebäudebeispiele zusammen und zeigt anhand der Verhältniszahlen einen identischen Anteil der Konstruktionsgrundfläche (KGF) an der Bruttogrundfläche (BGF) auf. Stellt man die Summe aus KGF und TF ins Verhältnis zur BGF, dann erweist sich Haus 2226 mit den dicken Wänden sogar als flächeneffizienter.

Tabelle 5.20: Flächenanteile im Vergleich

	Haus 2019	Haus 2226
BGF	1264 m ²	3 288 m ²
KGF	219 m ²	553 m ²
TF	81 m ²	18 m ²
KGF + TF	299 m ²	571 m ²
<i>KGF/BGF</i>	<i>0,17</i>	<i>0,17</i>
<i>TF/BGF</i>	<i>0,06</i>	<i>0,01</i>
<i>KGF+TF/BGF</i>	<i>0,24</i>	<i>0,17</i>

Der relativ hohe Konstruktionsflächenanteil von Haus 2019 ist jedoch auch auf die unterschiedliche Flächennutzung – im Sinne des Bürotypus – zurückzuführen: Die Einzelbüros in Haus 2019 erfordern mehr Innenwände als die offenen Gruppenbüros mit 80–100 m² in Haus 2226. Daher wird der Flächenvergleich in Tabelle 5.21 nochmals modifiziert, indem nur die Außenwände und der für die Heiz-/Kühltechnik erforderliche Technikraum (50 m²) „gezählt“ werden. Diese stellt man dann einer Low Tech-Variante von Haus 2019 mit der Wandstärke von 80 cm, dafür aber ohne Heiztechnikraum gegenüber.

Tabelle 5.21: High Tech vs. Low Tech in der Kubatur von Haus 2019 (lfm = laufende Meter)

Typ	Wand (lfm)	Wandstärke (m)	Etagen	m ² KGF	m ² TF (Heizung/Kühlung)	m ² KGF+TF
High-Tech	100	0,50	2	100	51	151
Low-Tech	100	0,80	2	160	–	160

Diese überschlägige Darstellung kann man auf die vereinfachte Formel bringen:

Die zusätzlich erforderliche Konstruktionsgrundfläche in der Low-Tech-Variante von ca. 60 m² wird durch den Entfall des Raums für Heiz- und Kühltechnik in der Größenordnung von ca. 51 m² annähernd (aber nicht ganz) ausgeglichen.

5.4.2 Umweltwirkungen im Vergleich

Die obigen Beispiele zeigen die fehlende Vereinheitlichung der Ökobilanzierung sehr gut auf. Es beginnt mit Unterschieden in der Datenbasis: Ökobaudat und Ecoinvent weisen unterschiedliche Kennwerte für die verschiedenen Baustoffe auf. Zwar beziehen sich beide auf ISO 14040, aber in der Standardisierung der Abschätzung, z. B. des Umgangs mit Transporten oder hinsichtlich der Kennwerte für den Strommix, entstehen Abweichungen, die einen direkten Vergleich erschweren.

BEISPIEL**Strommix ist länderspezifisch**

In der Schweiz wird der Strommix mit **0,132 kg CO_{2-eq}** je kWh veranschlagt („Egal-Strommix“, Stand 2012, 0,014 kg CO_{2-eq} für den zertifizierten Strommix aus 98 % Wasserkraft (Frischknecht 2012)).

Für Deutschland weist die Ökobaudat dagegen den Strommix 2015 mit **0,534 kg CO_{2-eq}** je kWh aus, in 2011 waren es noch 0,59 kg CO_{2-eq} je kWh.

Hinzu kommt, dass die Ökobilanzen **unterschiedlich lange Lebenszyklen** abbilden: 50 Jahre bei Haus 2019 und 60 Jahre bei Haus 2226. Die Umformung in Einheit je m²·a ermöglicht zwar einen Vergleich auf Jahresebene, aber die Anzahl der erforderlichen Instandsetzungsaktivitäten kann ab dem Jahr 50 überproportional zunehmen, was ein ggf. höheres Instandhaltungs-Budget pro Jahr des Lebenszyklus bewirken würde.

In der Bilanzierung für Haus 2019 wurden diejenigen Werte gewählt, die „mit Einspeisung“ aus der Photovoltaik-Anlage ermittelt wurden. Die Werte „ohne Einspeisung“ sind deutlich höher: 16,56 kg CO₂/m²·a bzw. 158,63 kWh/m²·a für Primärenergie aus nicht erneuerbaren Quellen.

Tabelle 5.22: Umweltbelastungen im Vergleich je (m²·a)

	2226 (Pfäffli)	2019 (BNB)	Generalsanierung Wohnhochhaus Pf.
CO _{2-eq} in kg/(m ² ·a)	12,26 (14,90 inkl. Cafeteria)	3,54 (16,56 ohne Einspeisung)	ca. 4,4 eingespart durch Erhalt des Gebäudes – ohne Fassade
PE – ne in kWh/(m ² ·a)	90,4	102	ca. 14,1 eingespart

5.4.3 Vergleich am Gebäudemodell

Die drei Fallbeispiele sind nicht direkt miteinander vergleichbar. Um die Unterschiede nur auf die Gebäudehülle und die damit in Beziehung stehende technische Ausstattung zu beziehen, wird im Folgenden ein „Haus Simpel“ definiert, das 10 mal 10 Meter misst, nur eine Etage aufweist und keinerlei Einbauten, wie Sanitärräume, o. Ä., vgl. Bild 5.36. Damit ein Vergleich zu anderen, weniger konsequent auf Nachhaltigkeit ausgerichteten, aber aktuellen Konstruktionen möglich wird, gibt es noch die Variante „WDVS“: tragendes Mauerwerk aus Kalksandstein, mit 30 cm Wärmedämmverbundsystem (WDVS). Dieses erfüllt die künftigen Wärmeschutzanforderungen, ähnlich wie die Generalsanierung Pforzheim.

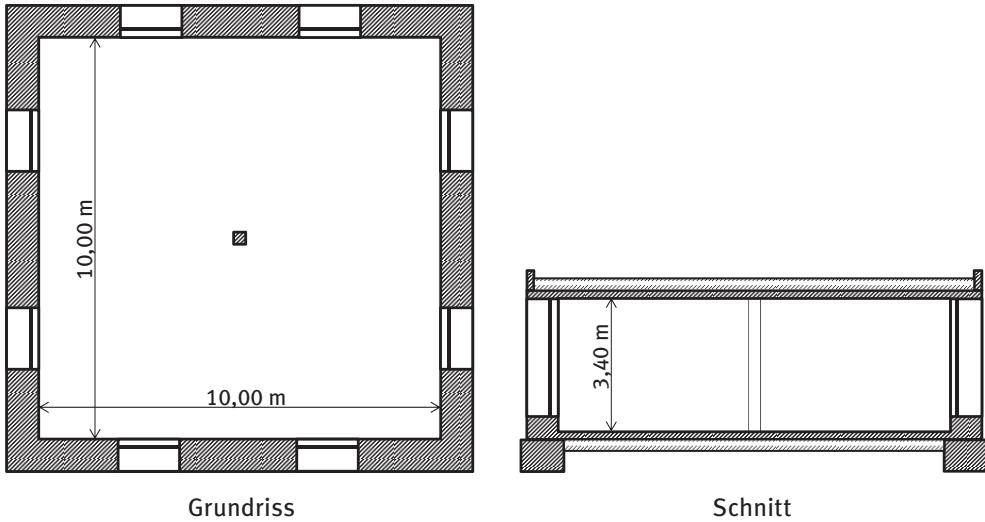


Bild 5.36: Grundriss, Schnitt für „Haus Sempel“ – Variante „Massiv“

Durch den unterschiedlich dicken Fassadenaufbau unterscheiden sich die Gebäudevarianten in der Bruttogrundfläche (BGF) und der Konstruktionsgrundfläche (KGF). Die Netto- raumfläche entspricht der Nutzungs- und der Energiebezugsfläche, vgl. Tabelle 5.23.

Tabelle 5.23: „Haus Sempel“ – Modellierung der Varianten

Typ, analog zu:	Holz, Haus 2019	Massiv, Haus 2226	„Standard“, mit WDVS	Sanierung, Pforzheim
identisch:	100 m ² Nettoraumfläche			
	Boden: Flachgründung durch Betonplatte, $d = 30$ cm, Bodenbelag: 40 mm Zementestrich, 20 mm Holzparkett, gewachst.			
	Fenster: Holzrahmen, geölt, feststehende 3-fach-Verglasung, öffentlicher Seitenflügel aus Holz (vgl. Haus 2226)			
	Innenstütze: 25 × 25 cm Stahlbeton (mittig)			
	Dachbelag: Polymerdichtung, extensive Dachbegrünung			
ohne:	Sanitär-, Elektroinstallationen, Stromverbrauch für Gebäudenutzung, Dachaufkantung.			
Fassadentyp	Leichtbau, nachwachsende Rohstoffe	Massivbau, monolithisch	Mauerwerk mit Wärmedämm- Verbundsystem	Sanierung, Wärmedämmung aufgesetzt

Typ, analog zu:	Holz, Haus 2019	Massiv, Haus 2226	„Standard“, mit WDVS	Sanierung, Pforzheim
Material	Gipskarton (innen), Zellulose, Holz als tragende Konstruktion, Holzwerkstoffe bzw. Holzschalung	20 mm Kalkputz, 760 mm Mauerwerk, 20 mm Kalkputz	15 mm Gipsputz, 240 mm Kalksandstein-Mauerwerk 300 mm Wärmed. 10 mm organischer Putz	Bestandsmauer, 300 mm Wärmedämmung, Luftschicht, 100 mm Betonsteinelement
<i>d</i> gesamt (cm)	49	80	56,5	64
Sonnenschutz	Lamellen, außen	Blendschutz, innen	Lamellen, außen	Lamellen, außen
Dach				
Material	Zellulose, Holz als tragende Konstruktion, Holzwerkstoffe	Betonplatte, <i>d</i> = 25 cm, Wärmedämmung, <i>d</i> = 20 cm		
<i>d</i> gesamt (cm)	50			
Energetechnik				
Anlagen zur Energiegewinnung	2 Photovoltaik-Elemente à 1,5 kW	(keine)	1 Photovoltaik-Element à 1,5 kW, 1 Solarthermie-Element à 5 m ² (inkl. 300 l Speicher) 1 Wärmepumpe (W/W), 15–30 kW	
Energieverbrauch	0,0 kWh (d. h. vollständig durch Eigenproduktion gedeckt)	5,0 kWh/m ² _{BGF} für Beleuchtung = Wärme	wie Sanierung Pforzheim	14,24 kWh/m ² für Temperierung „Energiebezugsfläche“
KGF	20,6	34,6	23,9	27,2
BGF	120,6	134,6	123,9	127,2
Fassadenfläche (inkl. Fenster)	142,7	146,9	143,7	144,7

Mithilfe des Programmes Legep wurden diese vier Gebäudevarianten hinsichtlich der drei Lebenszyklus-Kennzahlen: LzK, CO_{2-eq} und Primärenergie (PE) für einen Lebenszyklus von 50 Jahren miteinander verglichen, vgl. Bild 5.37.

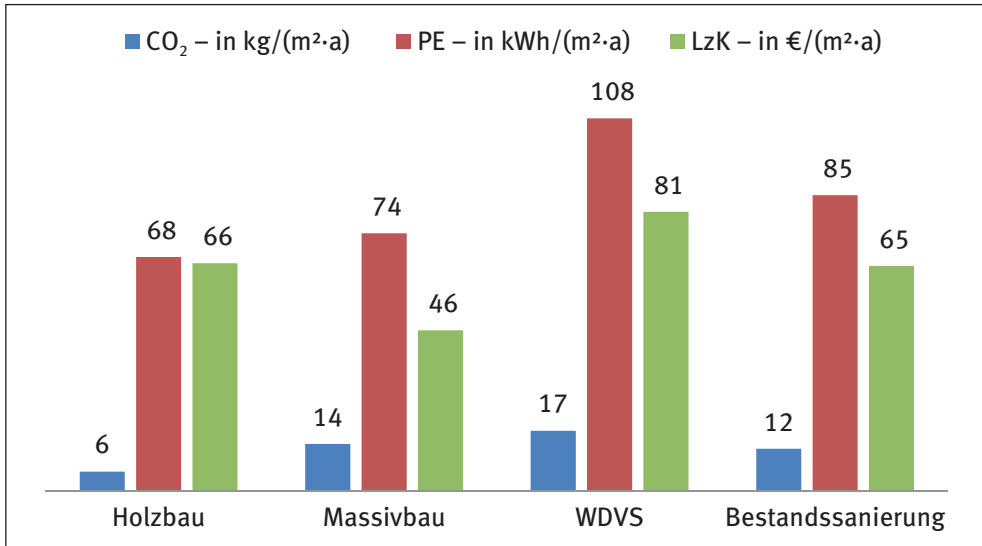


Bild 5.37: Kennzahlen des LzM für „Haus Simpel“ (ermittelt mit Legep, Version April 2016, Ökobaudat 2015)

- **CO₂-Äquivalente**

In der Summe sind die CO₂-Emissionen in der Bestandssanierung und dem Massivbau ähnlich, im Holzbau jedoch deutlich reduziert, was durch den CO₂-bindenden Rohstoff Holz bewirkt wird. Die ca. 29 % geringeren CO₂-Emissionen im Lebenszyklus der Bestandssanierung gegenüber dem Neubau mit WDVS bzw. 14 % gegenüber dem massiven Neubau ergeben sich aus den erhaltenen Betondecken (Boden und Dach), für die kein neuer Zement produziert werden musste.

Bild 5.38 zeigt die den einzelnen Bauelementen zuzurechnenden CO₂-Anteile im Lebenszyklus. Gründung, Boden und Dach sind in den dargestellten Varianten identisch. Die Unterschiede resultieren aus dem höheren Heizenergiebedarf der Wand mit WDVS bzw. dem höheren Energiebedarf für die Herstellung der 76 cm starken Ziegelwand. Da der Bodenbelag aus Holz besteht, ergibt er in beiden Varianten einen negativen CO₂-Betrag. Der aus dem Energiebedarf resultierende CO₂-Ausstoß wurde den technischen Anlagen zugerechnet.

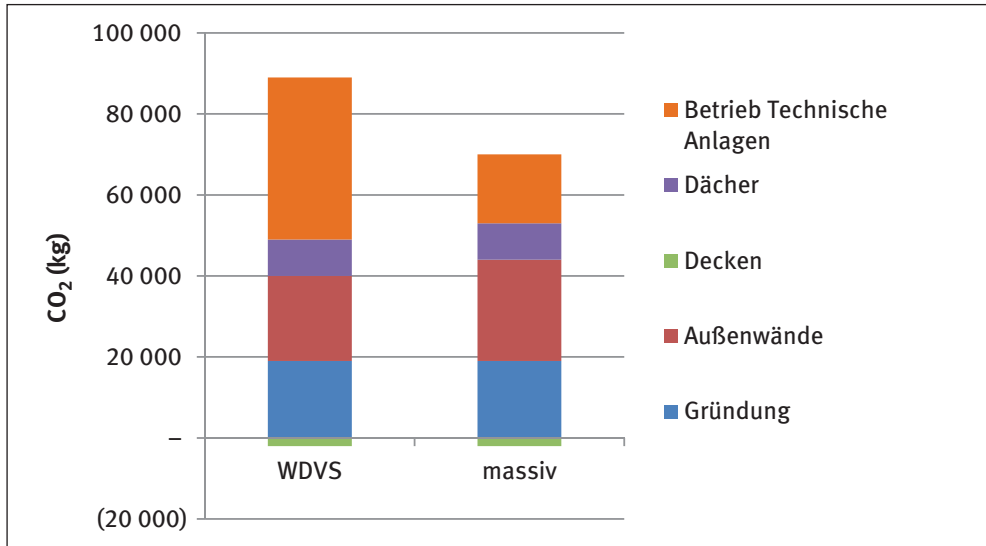


Bild 5.38: CO₂-Anteile je Bauelement und Fassadenalternative – „Haus Simpel“

- **Primärenergiebedarf gesamt (PE)**

Energetisch hat der Holzbau die niedrigsten Primärenergieaufwendungen im Lebenszyklus, der Unterschied ist aber nicht so groß wie bei der CO₂-Kennzahl. Die höchsten Aufwendungen hat die Variante mit dem WDV, gefolgt von dem sanierten Bestandsgebäude, das am meisten Strom aus dem Stromnetz für seine Temperierung beziehen würde (Betrieb der Wärmepumpen, weniger PV, weniger Speichermassen).

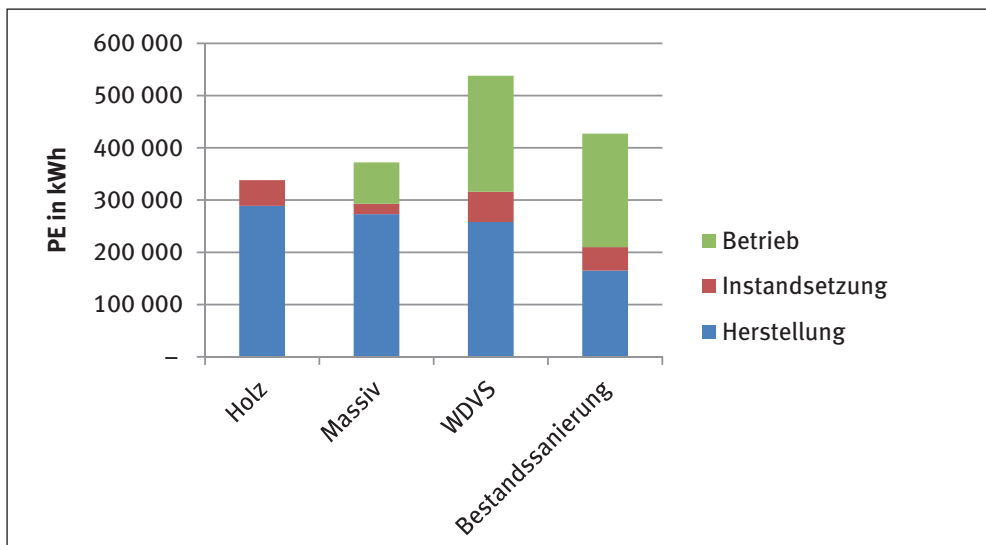


Bild 5.39: Haus Simpel – Primärenergiebedarf im Vergleich der Konstruktionsalternativen

- **LzK**

Bei den Gesamtkosten im Lebenszyklus haben dagegen das Holz-Gebäude und die Bestandssanierung ähnliche LzK – bei einer Modellierung mit 1,5 % Kalkulationszinssatz, 5,0 % Preissteigerungsrate für Energie und 2,0 % Preissteigerungsrate für alle übrigen Kosten. Der Massivbau ist in dieser Kennzahl am günstigsten, weil weniger Wartungs- und Instandsetzungskosten anfallen (keine/kaum Technik zur Temperierung, kein außenliegender Sonnenschutz). Tabelle 5.24 zeigt die Verteilung der Aufwendungen/Emissionen für die Bereiche Herstellung, Instandsetzung und Betrieb (ohne Reinigung) auf. Die Wartung spielt für CO₂-Emissionen und Primärenergieaufwände keine direkte Rolle, nur bei den LzK kommt sie auf Anteile zwischen 5 % und 19 % an der Gesamtsumme.

Tabelle 5.24: Detail-Kennzahlen des LzM für Haus Simple (gerundet, gesamtes Gebäude, 50 a)

	Holz	Massiv	WDVS	Bestands- sanierung
CO₂ (in kg)				
Herstellung	19 000	52 000	40 000	14 000
Instandsetzung	9 000	3 000	9 000	9 000
Betrieb	–	13 000	38 000	38 000
<i>ges. CO₂</i>	<i>28 000</i>	<i>68 000</i>	<i>87 000</i>	<i>61 000</i>
PE erneuerbar (in kWh)				
Herstellung	117 000	88 000	80 000	55 000
Instandsetzung	6 000	5 000	6 000	5 000
Betrieb	–	27 000	78 000	77 000
<i>ges. PE en</i>	<i>123 000</i>	<i>120 000</i>	<i>164 000</i>	<i>137 000</i>
PE nicht erneuerbar (in kWh)				
Herstellung	172 000	185 000	178 000	110 000
Instandsetzung	43 000	15 000	52 000	40 000
Betrieb	–	52 000	144 000	140 000
<i>ges. PE ne</i>	<i>215 000</i>	<i>252 000</i>	<i>374 000</i>	<i>290 000</i>

	Holz	Massiv	WDVS	Bestands- sanierung
LzK (dynamisch, 1,5 % Kalkulationszinssatz, 5 % Energie-Preissteigerungsrate, in €)				
Herstellung	126 000	129 000	138 000	92 000
Wartung	60 000	14 000	65 000	60 000
Instandsetzung	143 000	66 000	156 000	129 000
Betrieb	–	20 000	44 000	44 000
<i>ges. LzK</i>	<i>329 000</i>	<i>229 000</i>	<i>403 000</i>	<i>325 000</i>

Vergleicht man nun die LzK der „Simpel“-Varianten mit den LzK aus Bild 5.35, erscheint die **Bestandssanierung** weniger vorteilhaft als zuvor. Das hat seine Gründe: im Haus Simple wurden keine Bäder, Innenwände und sonstige Einbauten in den Vergleich einbezogen. Diese machen den großen Kostenunterschied in Bild 5.35 aus. Im Umkehrschluss kann man vermuten, dass eine leere Halle/Hülle dann doch besser neu gebaut als „weitergebaut“ würde, wenn es lediglich um die Kosten geht. Hier zeigen sich die Grenzen des vereinfachten Vergleichs auf.

An dieser Stelle sei nochmals hervorgehoben, dass die Ergebnisse dieser Gegenüberstellung durch zahlreiche Detail-Entscheidungen in der Modellierung beeinflusst werden, z. B. durch den gewählten Kalkulationszinssatz. In einer **statischen LzK-Berechnung** wäre die Bestandssanierung wieder in der Mitte zwischen der niedrigeren Massivbau-Variante und der höheren Holzbau-Variante gelegen. Ohne die hohe Preissteigerungsrate für Energie und die immer noch 0,5 % oberhalb des in BNB vorgegebenen Kalkulationszinssatzes von 1,5 % liegende, allgemeine Inflationsrate reduzieren sich die Anteile von Wartungs-, Instandsetzungs- und Betriebskosten entsprechend. So fallen dann die um ca. 28 % niedrigeren Herstellungskosten der Bestandssanierung beim LzK-Vergleich stärker ins Gewicht, vgl. Tabelle 5.25 und Bild 5.40.

Tabelle 5.25: Statische LzK für Haus Simple (gesamtes Gebäude, 50 a)

LzK (statisch)	Holz	Massiv	WDVS	Bestandssanie- rung
Herstellung	126 000	129 000	138 000	92 000
Wartung	35 000	9 000	38 000	35 000
Instandsetzung	77 000	36 000	84 000	70 000
Betrieb	0	5 000	10 000	10 000
<i>gesamt LzK (statisch)</i>	<i>238 000</i>	<i>179 000</i>	<i>270 000</i>	<i>207 000</i>

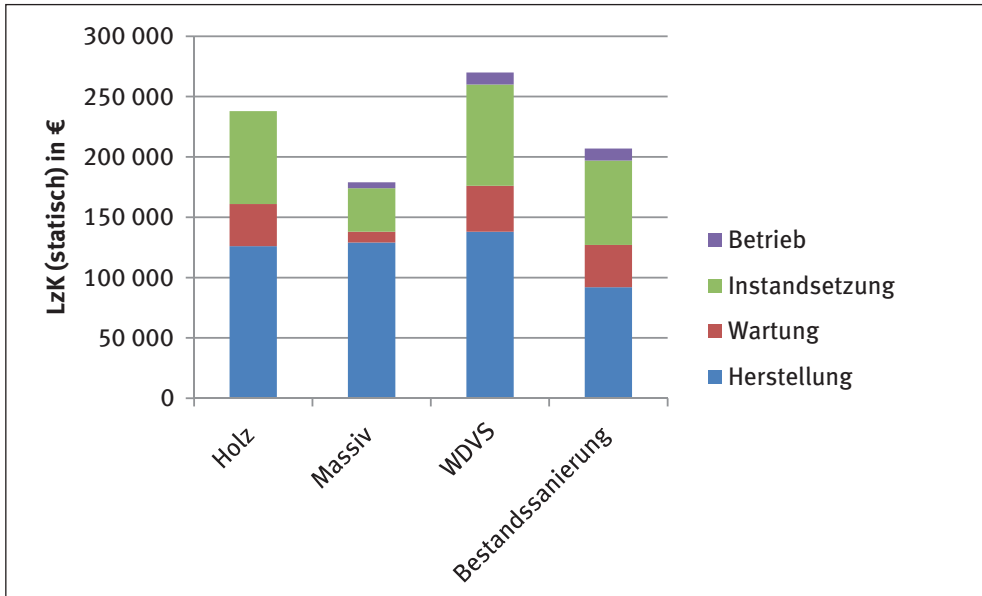


Bild 5.40: Statische LzK (gesamt) im Vergleich der Konstruktionsalternativen – Haus Simpel

5.5 Schlussfolgerungen für das LzM

Alle drei der vorgestellten Ansätze zum ressourcen- und umweltschonenden Bauen bzw. „Weiterbauen“ haben ihre Stärken und ihre Berechtigung, je nach Einsatzgebiet. In der Holzbauvariante mit hohem Technikeinsatz erspart man sich zwar Aufwendungen für die Betriebsenergie, wendet dann aber wieder mehr Kosten für die Wartung und Instandsetzung der installierten Gebäudetechnik auf. Dafür jedoch ist das Holz in der Eigenschaft als CO₂-bindendes Material gegenüber anderen Baumaterialien vorteilhaft. Das Abwägen dieser Vor- und Nachteile kann jeweils nur spezifisch für die jeweilige Aufgabenstellung, den Ort und den Eigentümer bzw. Nutzer geschehen.

Die nachfolgende Auflistung von Vor- und Nachteilen gibt eine Argumentationshilfe für die eigene Entscheidung.

Holz als bevorzugter Baustoff

Vorteile:

- nachwachsender Rohstoff
- CO₂-Senke
- gut wärmedämmend, keine Wärmebrücken
- leicht zu verarbeiten
- Reparatur, Um- und Anbau ist möglich
- hohes Recycling-Potenzial

Nachteile:

- geringe Wärmespeicherung, daher umfangreiche Gebäudetechnik zur Temperierung erforderlich
- geringer Schallschutz (Luftschall)
- brennbar (geringer Feuerwiderstand)
- begrenzte Lebensdauer im bewitterten Bereich/bei eindringender Feuchtigkeit

Besonders geeignet für:

Einfamilienhäuser, freistehende Gebäude mit ein bis zwei Geschossen, nachhaltiges Bauen mit CO₂-Fokus.

Massive Bauweise mit Ziegelstein (aus tragenden und dämmenden Steintypen, Decken aus Stahlbeton)

Vorteile:

- sehr lange Lebensdauer
- hohe thermische Kapazität (Wärmespeicherfähigkeit), daher ist eine Reduktion der Gebäudetechnik für Heizung bzw. Kühlung möglich
- guter Schallschutz (Luftschall)
- nicht brennbar (hoher Feuerwiderstand)
- Austausch von Steinen, Um- und Anbau ist bei den Wänden gut möglich, bei Stahlbetondecken jedoch nur mit sehr hohem Aufwand.

Nachteile:

- kein nachwachsender Rohstoff
- hoher Energieaufwand für die Herstellung von Stahl und Zement (Stahlbetondecken)
- dicke Wandstärke (bei der Kombination aus tragenden und dämmenden Steintypen)
- Recycling des Ziegels durch Verbindung mit Mörtel eingeschränkt (Downcycling), Ortbetondecken sind nur mit hohem Aufwand zurückzubauen und in die Bestandteile Stahl bzw. unbewehrter Beton zu zerlegen (Downcycling).

Besonders geeignet für:

größere Gebäude mit gutem A/V-Verhältnis, innerstädtische, mehrgeschossige Bebauung, nachhaltiges Bauen mit Fokus auf geringen Instandhaltungsaufwand und LzK.

Bestandsgebäude energetisch sanieren (hochwertiges/dauerhaftes Fassadenmaterial)

Vorteile:

- Erstellung des Rohbaus wird nicht erforderlich (Kosten-, Material-, Herstellungsenergie-Ersparnis)
- keine Ausdünstungen, keine Feuchtigkeit durch neue Bauelemente
- meist wird im Zuge der Sanierung auch aufgestockt, dadurch intensivere Nutzung der vorhandenen, städtischen Infrastruktur

- ggf.: „Charme“ des Altbaus z.B. in baulichen Details, geschichtlichem Bezug, Bestandsschutz ggü. neuem öffentlichen Baurecht, o.Ä.

Nachteile:

- alle Risiken des Bauens im Bestand: unerwartete Materialien, Tragfähigkeit, Leitungsführung, etc., die Planungsänderungen erfordern können.
- kein neuwertiges Gebäude

Besonders geeignet für:

Innerstädtische Bestandsgebäude in guter Lage, mit gut erhaltener Bausubstanz (abgesehen von der zu erneuernden Fassade), geeigneten Grundrissen bzw. Raumhöhen, sozialer Bedeutung, etc.

6 Kritische Reflexion eines kennzahlenbasierten Lebenszyklus-Managements

Nachdem die Methoden des Lebenszyklus-Managements (LzM) vorgestellt sowie die Kennzahlen des LzM an Fallbeispielen exemplarisch erhoben und ausgewertet wurden, folgt nun ein kritischer Rückblick anhand von drei Fragen. Fünf Thesen blicken abschließend nach vorne, als Geleit für die Herausforderungen der nächsten Jahre.

6.1 Drei Fragen

Zur kritischen Reflexion der oben beschriebenen Aktivitäten und Kennzahlen eines Lebenszyklus-Managements für Immobilien werden die nachfolgenden drei Fragen aufgeworfen.

- Stimmt die Kennzahl eigentlich?
- Genügt diese Kennzahl überhaupt?
- Welche Ergänzungen der Kennzahlen erfordert ein ganzheitliches LzM?

Die Beantwortung dieser Fragen sollte jeder Leser nach seiner individuellen Sicht auf Immobilien und ihren Lebenszyklus vornehmen. Hier folgt die Sicht der Autorin, die die Perspektive einer Forscherin einnimmt, die gut mit der Praxis von Planen, Bauen und Betreiben der Immobilien vertraut ist³⁰.

1) Stimmt die Kennzahl eigentlich?

Die in den Kennzahlen der Fallbeispiele enthaltene „Unschärfe“ klingt teilweise schon an. Sie resultiert aus:

- Annahmen, die nicht hinreichend begründet sind
- Daten verschiedener Herkunft oder aus verschiedenen Jahren
- Einmaligen Effekten, die skaliert werden, d. h. als repräsentativer Durchschnittswert für die Lebenszyklus-Modellierung Verwendung finden.
- unterschiedliche Flächen-Bezugsgrößen, z. B. Energiebezugsfläche vs. Nettoraumfläche, o. Ä.
- unterschiedliche energetische Kenngrößen: kWh vs. MJ (Megajoule), Primär- vs. Endenergie
- Umrechnungsfaktoren zwischen End- und Primärenergie
- Brutto- vs. Nettokosten, etc.

30 Erfahrungen im Planen und Bauen sammelte die Autorin als Architektin von 1991 bis 2001. Seit 2002 beschäftigt sie sich mit der Immobilienwirtschaft und erforscht Lebenszykluskosten sowie Nachhaltigkeit im Bauen und Betreiben von Immobilien. Seit 2007 ist sie die Leiterin eines Dualen Studiengangs mit praktischem Bezug zum Facility Management.

BEISPIEL

Beispiele für einmalige Effekte, die Kennzahlen beeinflussen:

- Wetter-Anomalien: z. B. der warme Winter von 2015/2016 (Witterungsberreinigung)
- Einschwingen der Gebäudetechnik: Phasen der Einregulierung weisen zunächst sehr hohe Verbrauchswerte auf
- Bedienfehler: z. B. Abschaltung einer PV-Anlage für einen Bauzustand wird nicht mehr aufgehoben, oder in Passivhäusern wird unwissentlich die Lüftungsstufe 0 = Dauerlüftung eingestellt, vgl. (Wiederhold 2016c)

Die abgeleiteten Kennwerte dürfen nicht ohne weitere Überprüfung als Durchschnitt für den Lebenszyklus genutzt werden.

Bezogen auf Frage 1 kann die Empfehlung nur lauten: *maximale Transparenz und explizite Dokumentation*. Das kann so weit gehen, dass eine vereinfachende Tabellenkalkulation dem komplexen Berechnungstool vorgezogen wird, weil darin alle Zusammenhänge überprüfbar bleiben.

2) Genügt diese Kennzahl überhaupt?

Hier wurde auf die Ressourcen Kosten und Energie sowie auf die Umweltwirkung der CO₂-Emission besonders abgehoben. Schon die Einbettung in die qualitative Auflistung aller Maßnahmen zeigt, dass die Kennzahlen alleine nicht alles erfassen. Nicht umsonst bestehen Nachhaltigkeitsbewertungen aus einer Vielzahl von Kriterien und Indikatoren.

Eine Entscheidung auf der Basis von zwei bis drei Kennzahlen kann allenfalls auf Detail-Ebene sinnvoll sein, z. B. wenn Konstruktionsalternativen geprüft werden, wie im „Haus Simpel“ für die Fassade geschehen. Aber selbst in diesem vereinfachten Beispiel wurde klar, dass die Kennzahlen jeweils für sich genommen unterschiedliche Entscheidungen unterstützt hätten: die Kosten-Kennzahl spräche für den Massiv-Bau mit viel thermischer Speichermasse, die CO₂-Kennzahl dagegen für den Holz-Bau.

Als Schlussfolgerung lässt sich daraus ableiten:

MERKE

Vorsicht bei eindimensionaler Argumentation. Mehrere Kennzahlen in den Vergleich einzubeziehen, erscheint aus Sicht des LzM unerlässlich. Aber auch alle Kennzahlen zusammen können keine Entscheidung begründen, wenn es nicht eine klare *Zieldefinition* gibt.

Die Zieldefinition lautete im Beispiel von Haus 2019: erneuerbare Rohstoffe bevorzugt nutzen und einen Niedrigstenergiestandard umsetzen.

3) Welche Ergänzungen der Kennzahlen erfordert ein ganzheitliches LzM?

Diese Frage lässt sich grundsätzlich nicht erschöpfend beantworten. Stattdessen folgen hier Anregungen, welche weiteren Überlegungen angestellt werden könnten.

– Soziale Aspekte des LzM – aus der Perspektive des Stadtquartiers

Diese lassen sich schlecht mit Kennzahlen erfassen und steuern.

Mögliche Kriterien sind:

- soziale Durchmischung
- Partizipation (von Anwohnern, Nutzern, etc.)
- dauerhafte Stabilität von Quartieren

Die Evaluation von Wohnungsbauprojekten mit sozialen Zielstellungen zeigten als Erfolgsfaktor die „bedachte, zielgruppengerechte Planung und Begleitung des Projektes“ auf (Hegger 2015). Als *Empfehlung für die soziale Durchmischung mit Förderung von Kommunikation und Integration* wurden dort folgende Punkte genannt:

- sowohl privates Nebeneinander als auch kommunikative Nachbarschaft ermöglichen.
- Klare Abgrenzung privater und gemeinschaftlicher Nutzungen, z.B. ruhige Balkone/private Freibereiche.
- Zuwegung in Berührung, aber nicht Überschneidung mit kommunikationsfördernden Bereichen.
- Zonierung zur Lärmvermeidung

– Soziale Aspekte des LzM – aus der Perspektive des Individuums

- Gesundheitsschutz wird durch den Arbeitsschutz bereits in vieler Hinsicht unterstützt. Aber der *Bewegungsmangel* am Arbeitsplatz, während der Überwindung von Distanzen sowie im Wohngebäude wird zunehmend als Problem erkannt, das auch mit dem Gebäude und seiner Einrichtung zusammenhängt.
- Ein zur Bewegung anregendes Gebäude erfüllt nicht alle Bedürfnisse in „Armweite“. So ist es vorteilhaft, Gruppendrucker anstelle von Einzelplatzdruckern zu installieren, Müll nur in bestimmten Räumen zu sammeln, etc. Zur Entlastung des Rückens werden Geh- und Steh-Gelegenheiten geschaffen, z.B. Treppennutzung vor Aufzugsnutzung, Stehtische im Pausen-/Kommunikationsraum, sogar im Besprechungsraum ist der Stehtisch zu begründen, sofern er kein Problem mit der Barrierefreiheit aufwirft. Die Büromöbelindustrie bietet weitere, spielerische Gelegenheiten für Bewegung an.

– Priorisierung der Oberflächennutzung von Gebäude und Grundstück

Für die Nutzbarmachung der Umweltenergie im Gebäudebetrieb werden Solar- und Geothermie, Photovoltaik (PV) und Windkraftanlagen eingesetzt, die alle einen spezifischen Flächenbedarf haben und sich teilweise gegenseitig beeinflussen. So kann die Windkraftanlage die PV-Flächen – etwas – verschatten. PV-Elemente und Solarthermie stehen in direkter „Flächenkonkurrenz“ wie auch in Konkurrenz zum Anspruch, auf dem Grundstück Lebensmittel für die lokale Selbstversorgung zu kultivieren

(Urban Gardening). Weitere, bisherige Flächennutzungen sind z.B. Abstellflächen für Autos und Fahrräder, repräsentative – bzw. pflegeleichte – Grünflächen, Sitzplätze im Freiraum, etc. Eine Priorisierung ist wiederum aus Sicht der Gebäudenutzung vorzunehmen. Die folgenden Vorschläge erweitern die verfügbaren Flächen:

- zusätzliche Nutzung vertikaler Oberflächen für PV und Solarthermie
- Bereich unter dem Gebäude für Geothermie nutzen, z.B. Sonden für Geothermie bei Pfahlgründung mit einlegen (so umgesetzt im Paul-Wunderlich-Haus, Eberswalde)
- saisonale, thermische Speicherung im Erdreich, z.B. mit einem Eisspeicher (vgl. Projekt Pforzheim)

Für die Entwicklung weiterer Kriterien und Kennzahlen sollen die nachfolgenden Thesen als Anregung dienen.

6.2 Fünf Thesen

Künftige Entwicklungen stellen voraussichtlich neue Anforderungen an das LzM, aber auch einige Erleichterungen dürfen zu erwarten sein.

- Die dezentrale Energieversorgung wird rasch an Bedeutung gewinnen.
- Das Hinterfragen von Ansprüchen ermöglicht effektive Lösungen.
- Ein hochintegriertes Ressourcen-Management stellt neue Anforderungen.
- Die Digitalisierung wird das LzM positiv beeinflussen.
- Die Komplexität im LzM wird mittelfristig durch Standardisierung sinken.

1) Die dezentrale Energieversorgung wird rasch an Bedeutung gewinnen.

Derzeit wird auf politischer und wirtschaftlicher Ebene an der besonders effektiven, in großem Maßstab betriebenen Gewinnung von Energie aus erneuerbaren Quellen, an ihrem Transport und ihrer Speicherung gearbeitet. Das sichert die Versorgung von Großverbrauchern, u.a. in der Industrie. Auf die dezentrale Energiegewinnung und -speicherung wird man jedoch langfristig nicht verzichten können. Denn der seitens der EU ab 2021 vorgegebene „Niedrigstenergiestandard“ für Neubauten ist ohne die Nutzbarmachung erneuerbarer Energiequellen auf dem Grundstück kaum umsetzbar.

Auf der Parzelle bzw. im Stadtquartier kann man zudem *lokale Synergien* nutzen, z.B. Abwärme aus der Lebensmittelkühlung im Handel für Wohnhäuser als Wärmequelle für die Warmwasserbereitung oder Heizung verwenden. Die Wirtschaftlichkeit der dezentralen Energieversorgung nimmt zu, wenn die technische Entwicklung voranschreitet und die produzierten Stückzahlen steigen (Skaleneffekte, Wettbewerb).

2) Das Hinterfragen von Ansprüchen ermöglicht effektive Lösungen.

Die oben beschriebenen Maßnahmen und Kennzahlen dienen der Verbesserung von Effizienz und Effektivität. Ein weiterer Pfad zur Verbesserung der Ressourcen- und Umweltschonung besteht in der Suffizienz. Mit der Frage: „brauchen wir das überhaupt?“ können Potenziale erschlossen werden, die einen mächtigen Hebel aufweisen.

- Brauchen wir tatsächlich nahezu 50 m² Wohnfläche pro Person?
- Können wir eine Überschreitung der Maximal-Temperatur von 26 Grad Celsius an mehr als fünf Tagen im Jahr zulassen?
- Können wir selten genutzte Geräte über Leih-Dienste nutzbar machen?

Nicht gebaute Flächen sparen Ressourcen am effektivsten. Eine weniger enge Definition der Komfortansprüche kann eine Gebäudekühlung verzichtbar machen und mit ihr den Material- und Flächenaufwand für die jeweilige Gebäudetechnik reduzieren. Die Akzeptanz einer etwas eingeschränkten Verfügbarkeit von Geräten (Anlieferzeit, feste Nutzungstage, o. Ä.) spart Material und Kosten, ggf. ebenfalls Fläche zur Lagerung der Geräte zu Zeiten ohne Nutzung.

Es sollten aber auch bisher möglicherweise fehlende Ansprüche bedacht werden, z. B.:

- Ist ein Schutz vor Stromausfall erforderlich?
- Welche Auswirkungen können Starkregenereignisse auf die Immobilie haben?

Dezentrale Erzeugung und Speicherung von Strom kann den Einbau eines Notstromaggregates ersetzen. Der integrierte Schutz vor den Folgen von Starkregenereignissen kann dem Gebäudeeigentümer die Aufwendungen für Sanierungsarbeiten nach einer Überflutung ersparen.

3) Ein hochintegriertes Ressourcen-Management stellt neue Anforderungen.

Wenn die Immobilie nicht nur die Ressourcenbereitstellung für ihren eigenen Betrieb und die Nutzung der darin befindlichen Geräte in möglichst lokalem Kreislauf sicherstellen, sondern auch die Ernährung ihrer Nutzer – ansatzweise – ermöglichen soll, dann steigt die Komplexität der Anforderungen, aber auch die Chance zur Nutzung weiterer Synergien.

Beispielsweise kann *Aquaponik* Restwärme aus dem Gebäude nutzen für die Barschzucht, welche wiederum CO₂ und Dünger für die Aufzucht von Tomaten o.Ä. produziert (Jünger 2015), die beide in der Kantine zur lokalen Speiseversorgung dienen. Auch ohne die Einbindung einer Fischzucht ist die Nutzung von biologischen Reststoffen für Kompost und Pflanzungen ein Beitrag zum Schließen von Ressourcenkreisläufen und zur Vermeidung von langen Transportwegen.

Eine andere Art der Intensivierung der Integration wird von der Zielstellung der lokalen Energie-Autarkie angetrieben: Die Vernetzung von Gebäuden mit ihrer lokalen Umgebung zu einem *Smart Grid*, das im Idealfall auch die Mobilitäts-„Geräte“ (Elektrofahrrad, -auto) der Bewohner mit Energie versorgt.

4) Die Digitalisierung wird das LzM positiv beeinflussen.

Zunächst einmal wird die Digitalisierung, z. B. unter dem Oberbegriff BIM, die Verfügbarkeit von Informationen zu Bauelementen, deren Komponenten und deren Verhalten im Lebenszyklus verbessern.

Dann aber ist auch zu erwarten, dass die Digitalisierung kostensenkend wirkt, z. B. durch die zunehmende Automatisierung der Steuerung der Gebäudetechnik mit dem Ziel der Energieeffizienz. Der 3-D-Druck von Bau- und Ersatzteilen soll zu Zeitersparnis, geringe-

rem Materialverbrauch – ohne Verschnitt o.Ä. und dadurch mittelfristig zu Kosteneinsparungen führen. Auch auf der Finanzierungsseite wird erwartet, dass die Standardisierung von Kreditvergaben zu einer Reduktion der Kapitalkosten führt, was durch niedrigere Fremdkapitalzinsen auch längere Amortisationszeiten ermöglichen könnte (vgl. Heintze 2016).

Schließlich wird sich mittelfristig der Flächenbedarf reduzieren, wenn immer mehr berufliche Tätigkeiten digital unterstützt werden, sodass Homeoffice und mobiles Arbeiten häufiger genutzt werden. In der Folge ändert sich die Büronutzung: mehr Kommunikationsflächen und weniger Einzelbüros werden benötigt.

Und schließlich – auch ein bisschen zum Trost, angesichts der vielen, im LzM zu beachtenden Details:

5) Die Komplexität im LzM wird mittelfristig durch Standardisierung sinken.

Dabei gibt es zweierlei Aspekte von Komplexität: einerseits die Komplexität des Zusammenwirkens der verschiedenen technischen Anlagen. Hier ist zu erwarten, dass sich künftig Standards zum modularen Einsatz, aber auch zur digitalen Steuerung entwickeln, nach dem Motto „*Plug and Play*“. Das für die oben geforderte, dezentrale Energiegewinnung erforderliche Portfolio aus Photovoltaik (PV), Windturbine, Solar- bzw. Geothermie und Speicherelementen wird dann vielleicht wieder von einer einzigen „App“ aus steuerbar.

BEISPIEL

Nebenkostenflat

Wenn es nur noch wenige Nebenkosten gibt, wie in den obigen Fallbeispielen, und wenn ein Gebäudetyp mit entsprechender Gebäudetechnik standardisiert gebaut und genutzt wird, dann kann man dem Mieter einen lange gehegten Wunsch erfüllen: die Nebenkostenflat (Wiederhold 2016b).

Diese ermöglicht es dann, auch das investitionshemmende Mieter-Vermieter-Dilemma aufzulösen, in dem der Vermieter in Energieeffizienz investiert und der Mieter alleine davon profitiert.

Der zweite Aspekt der Komplexität im LzM resultiert aus der – oft fehlenden – Datenverfügbarkeit bzw. der Transparenz der Daten-Aggregation. Die *EPD (Environmental Product Declaration)* wird im Bauwesen an Verbreitung gewinnen. Ebenso wird vermutlich die Bereitstellung von Werkzeugen zur Verarbeitung der Informationen über den Lebenszyklus zunehmen, die vereinfacht eine hinreichende Genauigkeit erzielen, um Entscheidungsprozesse zu unterstützen.

MERKE

Alle Akteure können die künftige Verfügbarkeit von Informationen zum Ressourcenverbrauch und zur Umweltbelastung fördern, indem sie die Produkthersteller stets nach ihrer EPD fragen.

Ein Treiber dieser Entwicklung ist auch die Verpflichtung größerer Unternehmen zur Erstellung eines Nachhaltigkeitsberichtes. Für diesen Bericht benötigen die Unternehmen viele der oben beschriebenen Kennzahlen. Das erhöht die Nachfrage nach der Information und wirkt langfristig auf mehr Standardisierung bei den Kennzahlen hin.

Bis es aber so weit ist, lautet die Empfehlung: Vergleiche auf das Nötigste reduzieren, z. B. auf Bauteilebene, oder wie im „Haus Simple“ auf Bauteile inkl. Gebäudetechnik. Und: Win-Win-Lösungen identifizieren, in denen keine Mehr- oder Minderaufwendungen miteinander zu vergleichen sind, z. B. Vermeiden von Verschwendung.

7 Fazit

Ziele

Lebenszyklus-Management (LzM) zielt auf eine ressourcen- und umweltschonende Optimierung von Immobilien während ihres gesamten Lebenszyklus. Als Optimierungsfelder kann man dabei unterscheiden:

- Nutzbarkeit
- Ressourcen
- Informationen
- Umwelt

Die Ressourcen werden weiter differenziert in: Finanzen, Energie, Material.

Zwischen den Optimierungsfeldern bestehen zahlreiche Verbindungen und Abhängigkeiten: so spart ein energieeffizientes Gebäudekonzept nicht nur energetische, sondern auch finanzielle Ressourcen. Zudem schont es die Umwelt.

Die **Nutzbarkeit** wurde hier an die erste Stelle gesetzt, weil eine nicht nutzbare Immobilie die größte, denkbare Ressourcenverschwendung und Umweltbelastung darstellt. Die Nutzbarkeit ist in verschiedensten Bereichen sicherzustellen: Das Bedarfskonzept muss durchdacht sein, die Nutzungsflexibilität sichert künftige Nutzbarkeit, der Gesundheitsschutz vermeidet Schädigungen der Gebäudenutzer durch das Gebäude und schließlich muss die Verfügbarkeit, z. B. der sicherheitstechnischen Anlagen, gegeben sein.

Bei der Umsetzung einer guten Nutzbarkeit der Immobilie stehen dann die **Ressourcen** im Fokus: Wie kann mit möglichst sparsamem Einsatz von Kosten, Energie und Material die geforderte Nutzbarkeit im Lebenszyklus der Immobilie gewährleistet werden? Welche Auswirkungen hat der Einbau von lokalen Anlagen zur Nutzung von Energie aus der Umwelt auf den Kosten- und den Materialeinsatz?

Die zunehmende Nachfrage nach Gebäudetechnik zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen wird deren Kosten auf Dauer senken und die Entwicklung von Standardlösungen mit verbesserter Effizienz beschleunigen. Das würde alle drei Ressourcen gleichermaßen optimieren.

Informationen können ebenfalls teuer werden, insbesondere wenn sie unvollständig sind oder ganz verloren gegangen sind im Lebenszyklus. Welches Material wurde im Fußboden zur Dichtung eingesetzt? Welche Tragfähigkeit hat diese Wand? Wie groß ist die zu erneuernde Fassadenfläche? Alle diese Informationen lagen zu einem spezifischen Zeitpunkt im Lebenszyklus einer Immobilie vor und wurden von einem bestimmten Akteur bearbeitet. Die Herausforderung besteht darin, die große Menge an Informationen für den gesamten Lebenszyklus verfügbar zu machen und zu halten. Möglicherweise ist das Building Information Modeling (BIM) die Lösung dafür, im Verbund mit der digitalen Kennzeichnung von Bauelementen, z. B. mit RFID-Chips.

Die gesellschaftlichen Erwartungen sind groß, was die Reduktion der **Umweltbelastung** durch die Gebäudenutzung angeht. Daher muss das Wissen aller beteiligter Akteure um die ökologischen Folgen von Entscheidungen rund um die Immobilie dringend zunehmen.

Umweltbilanzen bzw. Environmental Product Declarations (EPD) für Bauprodukte bilden die Basis für die Abwägung möglicher Alternativen.

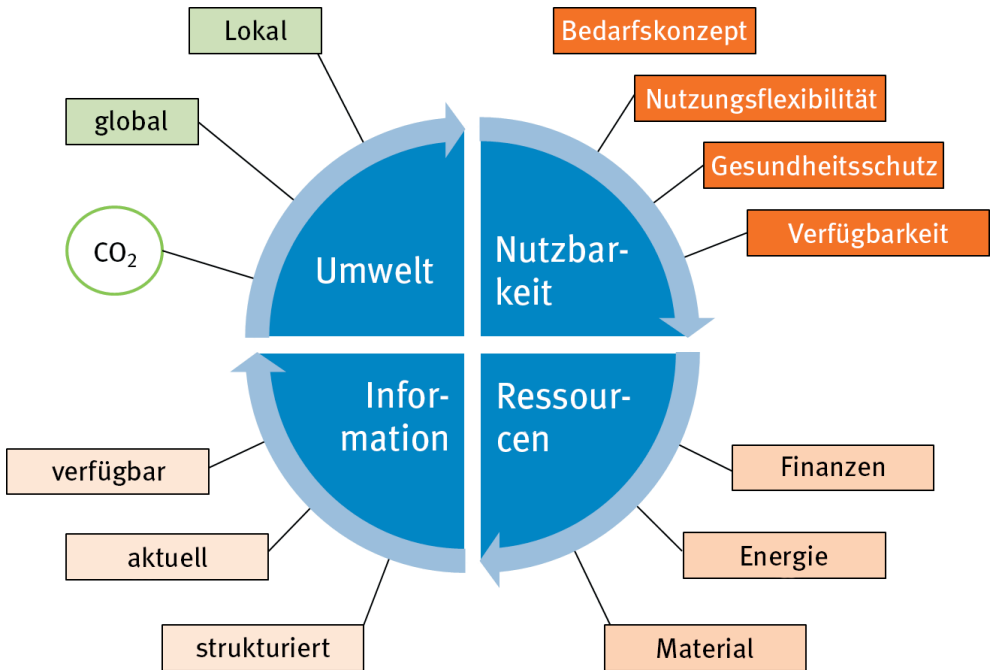


Bild 7.1: Zieldimensionen im Lebenszyklus-Management

LzM – im Lebenszyklus der Immobilie

Lebenszyklus-Management erfordert also eine komplexe Integration von Optimierungsansätzen entlang des Lebenszyklus von Immobilien. Grundsätzlich ist das Optimierungspotenzial zu Beginn des Lebenszyklus, d.h. in der **Konzeptions- und Planungsphase** besonders hoch. Hier wird beispielsweise eine gute Erreichbarkeit durch die Entscheidung für eine bestimmte Lage der Immobilie unveränderlich festgelegt. Die Tragkonstruktion definiert künftige Umbau- bzw. Umnutzungsmöglichkeiten. Die Planung aktiver Technologien zur Heizung und Kühlung eines Gebäudes hat entsprechende Aufwendungen zum Betreiben (Energie), Warten und Instandsetzen zur Folge.

Während der **Bauphase** liegen die Potenziale des LzM in der Etablierung regionaler Stoffkreisläufe (Beschaffung, Entsorgung), der dauerhaften Nutzbarkeit durch hohe Bauqualität, der Informationsaufbereitung der tatsächlich verbauten Materialien, etc.

Die **Nutzungsphase** hat zwar weniger Einflussmöglichkeit auf die Gebäudesubstanz als die vorangehenden Phasen, ihre Relevanz im LzM entsteht jedoch durch die – möglichst – lange Dauer der Nutzungsphase. Ein auf die optimale Einstellung aller technischen Anlagen ausgerichteter Gebäudebetrieb kann viel Energie – und Geld – einsparen, die rechtzeitige Wartung zur Verlängerung der Lebensdauer einzelner Anlagenteile beitragen.

Bei jeder einzelnen Instandsetzung kann ein Baustein aus einem Gesamtkonzept zur energetischen Verbesserung umgesetzt werden. Die Beschaffung von Verbrauchsmaterialien, z. B. Hygienepapier, kann ressourcen- und umweltschonend ausgerichtet werden.

In einer **Sanierungsphase** gilt das zum Planen und Bauen Aufgeführte analog. Die **Verwertungsphase** bietet schließlich Potenziale zur Wiedernutzung von Gebäudeelementen bzw. zur Rückführung in den technologischen oder biologischen Kreislauf. Spätestens bei der Verwertung wird die über die verbauten Materialien aufbewahrte Information nützlich sein, um gefährliche und entsprechend aufwändig zu entsorgende Reststoffe zu identifizieren.

Im Idealfall würde ein Gebäude jedoch gar keinen Müll erzeugen, d. h. auch keine toxischen Materialien enthalten, es würde nur durch Umwelt-Energie betrieben und aus wiederverwendeten bzw. mithilfe von Umwelt-Energie hergestellten Baumaterialien erbaut werden (Cradle-to-Cradle-Prinzip).

Kennzahlen im Lebenszyklus

Für das Managen der vielfältigen Entscheidungen im Lebenszyklus einer Immobilie werden geeignete Kennzahlen benötigt, die mehr als eine einzelne Lebenszyklusphase darstellen. Dafür eignen sich die **Lebenszykluskosten (LzK)** und die **Ökobilanz (Life Cycle Assessment, LCA)**, welche u. a. den CO₂-Ausstoß im Lebenszyklus von Bauelementen bzw. von gesamten Gebäuden ausweist (Carbon Footprint). Für die kompilierende Darstellung der Optimierungserfolge in der Nutzungsphase wurde in diesem Buch die Bewertung nach **GEFMA 160 – Nachhaltigkeit im Facility Management** vorgestellt.

Diese Kennzahlen unterstützen bei der Abwägung von Alternativen und bei der Kontrolle des Erfolgs von umgesetzten Maßnahmen. Da sie jedoch im Falle von LzK und LCA unterschiedliche Wirkungen bilanzieren und diese Bilanzierung zudem von den gesetzten Systemgrenzen und den gewählten Berechnungsparametern (z. B. Preissteigerungsraten) abhängt, wird an dieser Stelle zu „erhöhter Wachsamkeit“ gemahnt: Jede Kennzahl sollte bzgl. ihrer Hintergründe und der Vergleichbarkeit mit evtl. Alternativen hinterfragt werden, bevor darauf Entscheidungen gestützt werden. In vielen Fällen ist es ratsam, lieber überschlägig, aber transparent mehrere Kennzahlen zu erheben, als einer einzelnen, sehr genauen Kennzahl alleine zu vertrauen, deren Berechnungs-Methodik nicht im Detail nachvollziehbar ist.

Erfahrungen

Drei Fallbeispiele führten in Kapitel 5 vor Augen, welche unterschiedlichen Herangehensweisen zu einer Optimierung für den Lebenszyklus führen können.

Der möglichst umfangreiche Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen – Holz – erforderte gleichzeitig viel Gebäudetechnik für die Sicherstellung eines angenehmen Raumklimas im Sommer wie im Winter (**High-Tech-Lösung, Haus 2019**). Durch die Nutzung von Photovoltaik, Solar- und Geothermie ist eine vollständige, energetische Autarkie erreichbar, sofern künftig auch noch Speichermöglichkeiten geschaffen werden würden.

Ein konsequenter Verzicht auf Gebäudetechnik wurde in **Haus 2226 (Low-Tech-Lösung)** umgesetzt. Die hohe thermische Kapazität des Massivbaus mit 80 cm dickem Mauerwerk

dämpft die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht wie auch zwischen Sommer und Winter stark ab. Digital gesteuerte Fensteröffnung sorgt für den hygienisch erforderlichen Luftaustausch und setzt eine nächtliche Kühlung im Sommer um. Die Beleuchtung spendet die evtl. im Winter fehlende Abwärme. Auf Heizung oder Kühlung konnte so verzichtet werden, mit den entsprechenden Ersparnissen bei Herstellung, Betrieb und Instandhaltung.

Neben dem optimierten Neubau ist jedoch der Umgang mit dem **Gebäudebestand** von besonderer Bedeutung. Die Generalsanierung eines **Wohnhochhauses in Pforzheim** belegt, dass es ressourceneffizient und umweltschonend sein kann, bestehende Gebäude nicht abzureißen, sondern „weiter zu bauen“. Eine Nachrüstung von Photovoltaik, Solarthermie (Fassade) und Eisspeicher führte in Kombination mit einer Fassadenerneuerung zum Erreichen des Passivhausstandards. Der soziale Aspekt, dass Bestandsmieter im Gebäude bleiben konnten, bei unwesentlich veränderter Miethöhe, ist in diesem Beispiel besonders hervorzuheben.

Empfehlungen

Lebenszyklus-Management erfordert einen „weiten Blick“, d.h. die Bereitschaft, alle Phasen des Lebenszyklus wahrzunehmen, verschiedene Ziel-Dimensionen parallel anzugehen und entsprechend vielfältige Kennwerte zu nutzen. Dies erfordert Expertenwissen, weit über den Horizont eines einzelnen Berufslebens hinaus. Daher lautet die erste Empfehlung: **vernetzen** Sie sich mit möglichst vielen Akteuren aus dem Lebenszyklus von Immobilien, tauschen Sie sich über Ihre Erfahrungen aus und erörtern Sie die Erwartungen, die Sie an neue Technologien, Lösungskonzepte etc. stellen.

Bleiben Sie **kritisch** gegenüber Zahlen, rechnen Sie ggf. überschlägig selber nach. Fast immer fehlen genaue Werte. Dennoch ist eine näherungsweise Quantifizierung einer lediglich „gefühlten Wahrheit“ stets überlegen. Beginnen Sie dabei mit einfachen Modellen, die Sie allmählich ausdifferenzieren.

Jeder **Zeitpunkt** im Lebenszyklus einer Immobilie eignet sich, um die Potenziale eines LzM zu untersuchen. Die Länge der Nutzungsphase gibt möglicherweise auch kleinen Veränderungen ein großes Gewicht. Besonders wichtig ist eine Analyse mithilfe von Lebenszykluskosten und Ökobilanz jedoch immer dann, wenn investiert werden soll – in Neubau, Sanierung oder Instandsetzung.

Und schließlich steht zu erwarten, dass die **Digitalisierung** die Möglichkeiten von Datenauswertung und Alternativen-Modellierung exponentiell erhöhen wird, was die Grundlagen des LzM verbessert. Außerdem steigt die Dringlichkeit von LzM: Die politische Umsetzung des Beschlusses der Weltklimakonferenz in Paris (2015) zur **Dekarbonisierung** unseres Wirtschaftens bis 2050 wird ein systematisches Lebenszyklus-Management von allen in der Immobilienwirtschaft Tätigen einfordern.

Wer heute damit beginnt, kann sich morgen an die Spitze der Bewegung setzen. Viel Erfolg dabei!

Literaturverzeichnis

1-Stromvergleich.com (2016): Stromverbrauch für den 1, 2, 3 und 4 Personen-Haushalt pro Jahr. Online verfügbar unter <https://1-stromvergleich.de/stromverbrauch-1-2-3-4-personen-haushalt/>, zuletzt geprüft am 22.10.2016.

Aicher, Florian (2016): Baustoff, Bauart, Baustelle. In: Dietmar Eberle und Florian Aicher (Hg.): *be 2226 – die Temperatur der Architektur. Portrait eines energieautonomen Hauses = be 2226 – the temperature of architecture: portrait of an energy self-sufficient house.* Basel: Birkhäuser, S. 131–142.

Alexander, Christopher; Ishikawa, Sara; Silverstein, Murray; Jacobson, Max (2013): *A pattern language. Towns, buildings, construction.* 36. print. New York, NY: Oxford Univ. Press (Center for Environmental Structure series, 2).

ASR A 1.2 (15.08.2013): Arbeitsstättenrichtlinie.

Asendorf, Dirk (2016): Einschalten, bitte! (25.05.2016), S. 34.

Bahr, Carolin (2008): Realdatenanalyse zum Instandhaltungsaufwand öffentlicher Hochbauten. Ein Beitrag zur Budgetierung. Univ., Diss. – Karlsruhe, 2008. Print on demand. Karlsruhe, Hannover: Univ.-Verl. Karlsruhe; Technische Informationsbibliothek u. Universitätsbibliothek (Karlsruher Reihe Bauwirtschaft, Immobilien und Facility Management, 2). Online verfügbar unter <http://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/1000009631>.

Bahr, Carolin; Lennerts, Kunibert (2010): Lebens- und Nutzungsdauer von Bauteilen. Hg. v. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). Online verfügbar unter http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ZB/Auftragsforschung/2NachhaltigesBauenBauqualitaet/2009/LebensNutzungsdauer/Endbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=2, zuletzt geprüft am 16.09.2016.

Benaneck, Marian (2015): BIM, BAM, BOOM! BIM-Trends 2015. In: *Facility Management* (04), S. 24–27.

Bernhold, Torben; u. a. (Hg.) (2011): *Handbuch Facility Management.* ecomed. 30. Erg.-Lfg. 09/11.

Beyer, Esther, u. a. (2015): *Wissenschaftliche Begleitung der Inbetriebnahme und des Betriebs eines Nullenergiehauses im Rahmen eines Modellvorhabens im Bundesbau (Haus 2019) Endbericht.*

BKI Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (2012): *BKI Baukosten 2012. Teil 1: Statistische Kostenkennwerte für Gebäude.* Stuttgart.

BMUB Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2012): *Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB). Kriterien – BNB Nutzen und Betreiben (BNB_BB) (Entwurf – Version 2012).* Online verfügbar unter <https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/bewertungssystem/bnb-buerogebaeude/bnb-bb-2012-3-entwuerfe/kriterien-bnb-nutzen-und-betreiben-bnb-bb.html>, zuletzt geprüft am 09.04.2016.

BMUB Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2014): Risiken für die lokale Umwelt. BNB – Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen, Büro- und Verwaltungsgebäude. Online verfügbar unter https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/fileadmin/steckbriefe/verwaltungsgebaeude/neubau/v_2011_1/BNB_BN2011-1_116.pdf, zuletzt geprüft am 25.11.2015.

BMUB Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016): Datenbank Ökobaudat. Online verfügbar unter <http://www.oekobaudat.de/datenbank/browser-oekobaudat.html>, zuletzt aktualisiert am 28.04.2016, zuletzt geprüft am 04.05.2016.

BMUB Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2015): Bilanzierungsregeln für die Erstellung von Ökobilanzen. Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude. Online verfügbar unter https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/fileadmin/steckbriefe/verwaltungsgebaeude/neubau/v_2015/LCA-Bilanzierungsregeln_BNB_BN_2015.pdf, zuletzt geprüft am 06.06.2016.

Bojanowski, Axel (2015): Kampf gegen Erderwärmung. Die Welt einigt sich auf historischen Klimavertrag. Hg. v. Der Spiegel, zuletzt geprüft am 22.12.2015.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2011): Nutzungsdauern von Bauteilen zur Lebenszyklusanalyse nach BNB. Online verfügbar unter <http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten/nutzungsdauern-von-bauteilen.html>, zuletzt geprüft am 16.09.2016.

Cedervall, Tommy u. a. (2012): Food Chain Transport of Nanoparticles Affects Behaviour and Fat Metabolism in Fish (22.02.2012). Online verfügbar unter <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0032254>, zuletzt geprüft am 25.11.2015.

CO₂online gemeinnützige GmbH (Hg.) (2015): Informationsbroschüre Klimaschutz und Energieeffizienz. Berlin.

CO₂online gemeinnützige GmbH (2016): Stromverbrauch im 2-Personen-Haushalt. Online verfügbar unter <http://www.die-stromsparinitiative.de/stromkosten/stromverbrauch-pro-haushalt/2-personen-haushalt/>, zuletzt geprüft am 22.10.2016.

Cradle to Cradle Products Innovation Institute (2016): Cradle to Cradle Certified Product Standard Version 3.1. Online verfügbar unter http://s3.amazonaws.com/c2c-website/resources/certification/standard/C2CCertified_ProductStandard_V3.1_160107_final.pdf, zuletzt geprüft am 13.06.2016.

Dahlmann, Frank (2016): Die Popkorn-Maschine. Wärme speichern mithilfe von Pulver. In: *Brand Eins* (01/16), S. 157.

DEGA (2009): Empfehlung 103 – Schallschutz im Wohnungsbau. Hg. v. Deutsche Gesellschaft für Akustik, zuletzt geprüft am 25.11.2015.

Deutscher Wetterdienst (2016): Klimafaktoren für den Energieausweis. Online verfügbar unter <http://www.dwd.de/DE/leistungen/klimafaktoren/klimafaktoren.html>, zuletzt aktualisiert am 26.08.2016, zuletzt geprüft am 15.09.2016.

EnEV 2014: Energieausweis. Anlage 7 (zu § 16). Online verfügbar unter http://www.enev-online.com/enev_2014_volltext/enev_2014_anlage_07_energieausweis_nichtwohn_gebaueude.pdf, zuletzt geprüft am 28.12.2015.

EPEA (2016): Casestudy-Steelcase. Online verfügbar unter <http://epea-hamburg.org/en/case-studies/steelcase>, zuletzt geprüft am 13.06.2016.

Essig, Bernd (2015): BIM und TGA. Engineering und Dokumentation der Technischen Gebäudeausrüstung. 1. Aufl. s.l.: Beuth Verlag GmbH. Online verfügbar unter http://ebooks.ciando.com/book/index.cfm/bok_id/1982004.

Focke, Christian; Pelzeter, Andrea (2016): Art und Maß der baulichen Nutzung. In: Schulte, K. W., u. a. (Hg.): Immobilienökonomie: Band I: Betriebswirtschaftliche Grundlagen: De Gruyter, S. 109–128.

Frischknecht, Rolf; Jungbluth, Niels (2009): UBP-Bewertung für den Wasserbedarf von Treibstoffen. Studie für Bundesamt für Umwelt, BAFU. ESU-Services. Online verfügbar unter <http://www.esu-services.ch/fileadmin/download/frischknecht-2009-UBP-Wasserbedarf-von-Treibstoffen.pdf>, zuletzt geprüft am 23.06.2016.

Frischknecht, Rolf u. a. (2012): Treibhausgas-Emissionen der Schweizer Strommixe. Studie für Schweizer Bundesamt für Umwelt. ESU-Services. Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/klima>, zuletzt geprüft am 19.08.2016.

Hegger, Manfred (Hg.) (2015): Best practice: soziale Faktoren nachhaltiger Architektur. 17 Wohnungsbauprojekte im Betrieb; ein Projekt der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. Stand Juni 2015. Bonn (Schriftenreihe Zukunft Bauen, 2).

Heintze, Alexander (2016): Die Branche hat noch ein oder zwei Jahre (11), S. 9.

Hock, Martin (2015): Bauzinsen im Juni deutlich gestiegen. Frankfurter Allgemeine Zeitung. Online verfügbar unter <http://www.faz.net/aktuell/finanzen/anleihen-zinsen/bauzinsen-im-juni-deutlich-gestiegen-13650420.html>, zuletzt geprüft am 21.03.2016.

Hugentobler, Walter (2016). Gesundheitliche Aspekte. In: Dietmar Eberle und Florian Aicher (Hg.): be 2226 – die Temperatur der Architektur. Portrait eines energieautonomen Hauses = be 2226 – the temperature of architecture: portrait of an energy self-sufficient house. Basel: Birkhäuser, S. 143–153.

Jünger, Wiebke (2015): Stadtgrün statt grau. 61 DIY Projekte fürs Urban Gardening. Stuttgart: Eugen Ulmer.

Junghans, Lars (2016): Die energetische Konzeption. In: Dietmar Eberle und Florian Aicher (Hg.): be 2226 – die Temperatur der Architektur. Portrait eines energieautonomen Hauses = be 2226 – the temperature of architecture: portrait of an energy self-sufficient house. Basel: Birkhäuser, S. 45–54.

Keller, Anika (2015): Kein Keim, nirgends. In: *Brand Eins* (07/15), S. 16.

Klöpffer, Walter; Grahl, Birgit (2009): Ökobilanz (LCA). Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf. Weinheim: WILEY-VCH. Online verfügbar unter <http://lib.mylibrary.com?id=213988>.

Krcmar, Helmut (2012): Information. Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Electronic Government, Universität Potsdam. Online verfügbar unter <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/lexikon/daten-wissen/Informationsmanagement/Information->, zuletzt aktualisiert am 26.09.2012, zuletzt geprüft am 20.04.2016.

Krödel, Michael (2015): Die EnEV 2014 und deren Bedeutung für die Gebäudeautomation. [s.l.]: Books on Demand.

Kummert, Kai; u. a. (2016): Analyse von Energieeffizienzlücken im Nichtwohngebäuden. Ziele, Determinanten und Wirkungsweisen. In: Bernhold, Torben, u. a. (Hg.): Handbuch Facility Management. Loseblattsammlung, S. 1-26, 50. Ergänzungslieferung.

Leuphana Universität Lüneburg (2015): Thermische Batterie. Hochleistungswärmespeicher für Privathaushalte. Online verfügbar unter <http://www.leuphana.de/kooperationen/regional/nachhaltige-energie/thermische-batterie.html>, zuletzt aktualisiert am 2015, zuletzt geprüft am 03.09.2016.

Leydecker, Sylvia; Kölbl, Marius; Peters, Sascha; Kroto, Harold; Veith, Michael (2008): Nanomaterialien. In Architektur, Innenarchitektur und Design. Basel: De Gruyter. Online verfügbar unter <http://www.degruyter.com/doi/book/10.1515/9783764382292>.

Leykam, Monika (2012): Irgendwas fehlt immer. In: *Immobilien Zeitung* (29.03.2012).

Lossau, Norbert (2013): Den Strom der Zukunft gewinnen wir im Vorbeigehen. WeltN24. Online verfügbar unter <https://www.welt.de/wissenschaft/article119738185/Den-Strom-der-Zukunft-gewinnen-wir-im-Vorbeigehen.html>, zuletzt aktualisiert am 05.09.2013, zuletzt geprüft am 20.10.2016.

Marquardt, Volker (2016): Schon voll? In: *Brand Eins* (02/16).

Müller-Christ, Georg (2014): Nachhaltiges Management. Einführung in Ressourcenorientierung und widersprüchliche Managementrationalitäten. 2. überarb. u. erw. Aufl. Baden-Baden, Stuttgart: Nomos-Verl.-Ges; UTB (utb-studi-e-book, 4221). Online verfügbar unter <http://www.utb-studi-e-book.de/9783838542218>.

Müller-Judex, Donald (2016): Funktion Solarstraße. Online verfügbar unter <http://www.solmove.com/funktioniert-solarstrasse/>, zuletzt geprüft am 13.06.2016.

Nünemann, Christian (2016): Die Kunst beim Bau. In: *JUVE Rechtsmarkt* (01), S. 68–73.

o. V. (2014a): Airport Köln-Bonn knackt die Millionenmarke – und reduziert Betriebskosten sowie CO₂-Emissionen. In: *Facility Management* (6), S. 18.

o. V. (2014b): Mikrolamellen zur Verschattung. In: *Deutsches Architektenblatt* (10/14), S. 58.

Pape, Jens (2013): Footprinting – vom Product Carbon Footprint zur nachhaltigkeitsorientierten Balanced Scorecard von Produkten. In: Annett Baumast (Hg.): Betriebliches Nachhaltigkeitsmanagement. 19 Tabellen. Stuttgart: Ulmer (UTB: Betriebswirtschaft, Management, Unternehmensführung, 3676), S. 302–320.

Pelzeter, Andrea (2006): Lebenszykluskosten von Immobilien. Einfluss von Lage, Gestaltung und Umwelt. EBS Univ. für Wirtschaft und Recht – Business School, Diss. – Oestrich-Winkel, 2006. Köln: Müller (Schriften zur Immobilienökonomie, 36). Online verfügbar unter http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?id=2797944&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm.

Pelzeter, Andrea; Sigg, René (2011): Ermittlung von Lebenszykluskosten. In: Torben Bernhold und u. a. (Hg.): Handbuch Facility Management. 30. Erg.-Lfg. 09/11, S. 1–64.

Pohl, Sebastian (2014): Analyse der Rechenverfahren für die Ökobilanzierung im Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB). Gegenüberstellung von detailliertem und vereinfachtem Rechenverfahren. Forschungsinitiative „Zukunft Bau“, ein Forschungsprogramm des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS). Technische Universität Darmstadt, Institut für Massivbau.

Reckter, Bettina (2014): Keimfreie Oberfläche mit Langzeitwirkung. VDI. Online verfügbar unter <http://www.vdi-nachrichten.com/Technik-Wirtschaft/Keimfreie-Oberflaeche-Langzeitwirkung>, zuletzt geprüft am 25.11.2015.

Rotermund, Uwe (Hg.) (2015): fm.benchmarking Bericht 2015. Vergleichen Sie Ihre Immobilien-Kennzahlen. Höxter: rotermund.ingenieure.

Rotermund Ingenieure (2014): FM Benchmarking Bericht 2014. Vergleichen Sie Ihre Immobilien-Kennzahlen. [...] der FM-Kennzahlenvergleich. Nutzungs- und Lebenszykluskosten zu verschiedenen Gebäudetypen. Darstellung der Kennzahlen auch nach DIN 18960 und Ö-Norm 1801-2]. Höxter.

Rüdiger, Ludwig (2016): Gute Luft und Behaglichkeit. In: Dietmar Eberle und Florian Aicher (Hg.): be 2226 – die Temperatur der Architektur. Portrait eines energieautonomen Hauses = be 2226 – the temperature of architecture: portrait of an energy self-sufficient house. Basel: Birkhäuser, S. 155–162.

Schäfers, Wolfgang, u. a. (2016): Immobilien-Controlling. In: Schulte, K. W., u. a. (Hg.): Immobilienökonomie: Band I: Betriebswirtschaftliche Grundlagen: De Gruyter, S. 948–975.

Schlomann, Barbara; u. a. (2005): Technische und rechtliche Anwendungsmöglichkeiten einer verpflichtenden Kennzeichnung des Leerlaufverbrauchs strombetriebener Haushalts- und Bürogeräte. Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit.

Schmoll, Fritz (Hg.) (2015): Basiswissen Immobilienwirtschaft. Vermietung und Verwaltung, Marketing und Maklerrecht, Grundstück und Grundstückskauf, Wertermittlung, Immobilieninvestition, Immobilienfinanzierung, Immobilienbesteuerung, Planungs- und Baurecht, Grundlagen der Bautechnik, Projektentwicklung, Unternehmensführung, Staat und Markt. 3., vollst. aktualisierte und erw. Aufl. Berlin-Schöneberg, München: Grundegigentum-Verl.; Vahlen.

Sieker, Friedhelm; Kaiser, Mathias; Sieker, Heiko (2006): Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung im privaten, gewerblichen und kommunalen Bereich. Grundlagen und Ausführungsbeispiele. Stuttgart: IRB-Verl.

Sonnenhaus-Institut (2016): Was ist ein Sonnenhaus? Online verfügbar unter <http://www.sonnenhaus-institut.de/das-sonnenhaus/solarenergie-vorteile-gebaeudekonzept.html>, zuletzt geprüft am 21.09.2016.

Statistisches Bundesamt Deutschland (2015): Energieverbrauch der privaten Haushalte für Wohnen (temperaturbereinigt), zuletzt geprüft am 22.12.2015.

Technische Universität München (2016): The Collection of Cradle to Cradle inspired Projects and Products. Online verfügbar unter <http://www.c2c-buildings.org/>, zuletzt geprüft am 20.10.2016.

Thüringer Ministerium für Landwirtschaft (2012): Energieverbrauch und Energieerzeugung in Thüringer Kläranlagen. Online verfügbar unter <http://apps.thueringen.de/de/publikationen/pic/pubdownload1395.pdf>, zuletzt geprüft am 21.09.2016.

Tschümperlin, Laura, u. a. (2016): Zielwert Gesamtumweltbelastung Gebäude von Büro- und Wohnbauten. Ergänzungsarbeiten mit Fokus auf den Einfluss der der Technisierung auf die Umweltbelastung von Büro- und Wohnbauten. Hg. v. Bundesamt für Energie BFE, Bundesamt für Umwelt BAFU. Online verfügbar unter http://treeze.ch/fileadmin/user_upload/downloads/Publications/Case_Studies/Building_and_Construction/560-Zielwert_Gesamtumweltbelastung_Gebaeude_v1.1.pdf, zuletzt geprüft am 16.09.2016.

Wagner, Hermann-Josef, u. a. (2007): CO₂-Emissionen der Stromerzeugung. Ein ganzheitlicher Vergleich verschiedener Techniken. In: *BWK-Das Energie Fachmagazin* (10), S. 44–52.

Widerin, Peter (2016): Die Steuerung. In: Dietmar Eberle und Florian Aicher (Hg.): *be 2226 – die Temperatur der Architektur. Portrait eines energieautonomen Hauses = be 2226 – the temperature of architecture: portrait of an energy self-sufficient house*. Basel: Birkhäuser, S. 55–70.

Wiederhold, Lars (2016a): Die Mauer pinkelt jetzt zurück. In: *Immobilien Zeitung* (14.04.2016), S. 11.

Wiederhold, Lars (2016b): Nebenkostenflat soll Rendite bringen. In: *Immobilien Zeitung* (11), S. 11.

Wiederhold, Lars (2016c): Zweifel an Wirtschaftlichkeit von Passivhäusern. In: *Immobilien Zeitung* (8), S. 13.

ZDF (2015): Zu viel Sitzen macht krank Ergebnisse einer neuen Gesundheits-Studie vorgestellt. Online verfügbar unter <http://www.zdf.de/volle-kanne/gesundheitsstudie-deutsche-sitzen-zu-viel-36911832.html>, zuletzt geprüft am 25.11.2015.

Lebenszyklus-Management von Immobilien stellt erstmals systematisch Möglichkeiten zum Messen und Optimieren der vielfältigen Ressourceneffekte im Lebenszyklus von Immobilien dar.

Die Anforderungen an Gebäude unterliegen derzeit einem Wandel: Genügte es bisher, dass sie möglichst flächen- und energieeffizient konzipiert wurden, so sollen sie künftig Energie auch „ernten“, speichern und ggf. in externe Netze einspeisen können. Nicht nur ihre Kostenbilanz über den Lebenszyklus hinweg wird Gegenstand von Vergleichen, auch die Umweltbilanz wird zunehmend zum Thema.

Dafür werden Methoden

- zur Ermittlung der Lebenszykluskosten (LzK),
- zur Ökobilanzierung (mit Fokus auf CO₂) und
- zur Bewertung der Qualität von Bewirtschaftungsprozessen vorgestellt.

Optimierungsstrategien werden durch Fallbeispiele veranschaulicht und kritisch hinterfragt. Überlegungen zu künftigen Herausforderungen, z. B. im Rahmen eines integrierten Ressourcen-Managements, ergänzen den „Werkzeugkasten“ des Lebenszyklus-Managements für Immobilienverantwortliche.

Der Leser erhält strategische Anregungen und methodisches Werkzeug, um Konzepte zum Lebenszyklus-Management für eigene Immobilien zu entwickeln.

Frau Prof. Dr. Pelzeter unterstützt GEFMA bereits seit vielen Jahren: erst federführend bei der Standardisierung der Lebenszykluskosten-Ermittlung, nun als treibende Kraft bei der Entwicklung eines Bewertungssystems für Nachhaltigkeit im Facility Management. Die Zusammenführung ihrer Erkenntnisse aus Beruf, Lehre und Richtlinienarbeit ist für Planer, Gebäudeeigentümer und Facility Manager gleichermaßen interessant.

