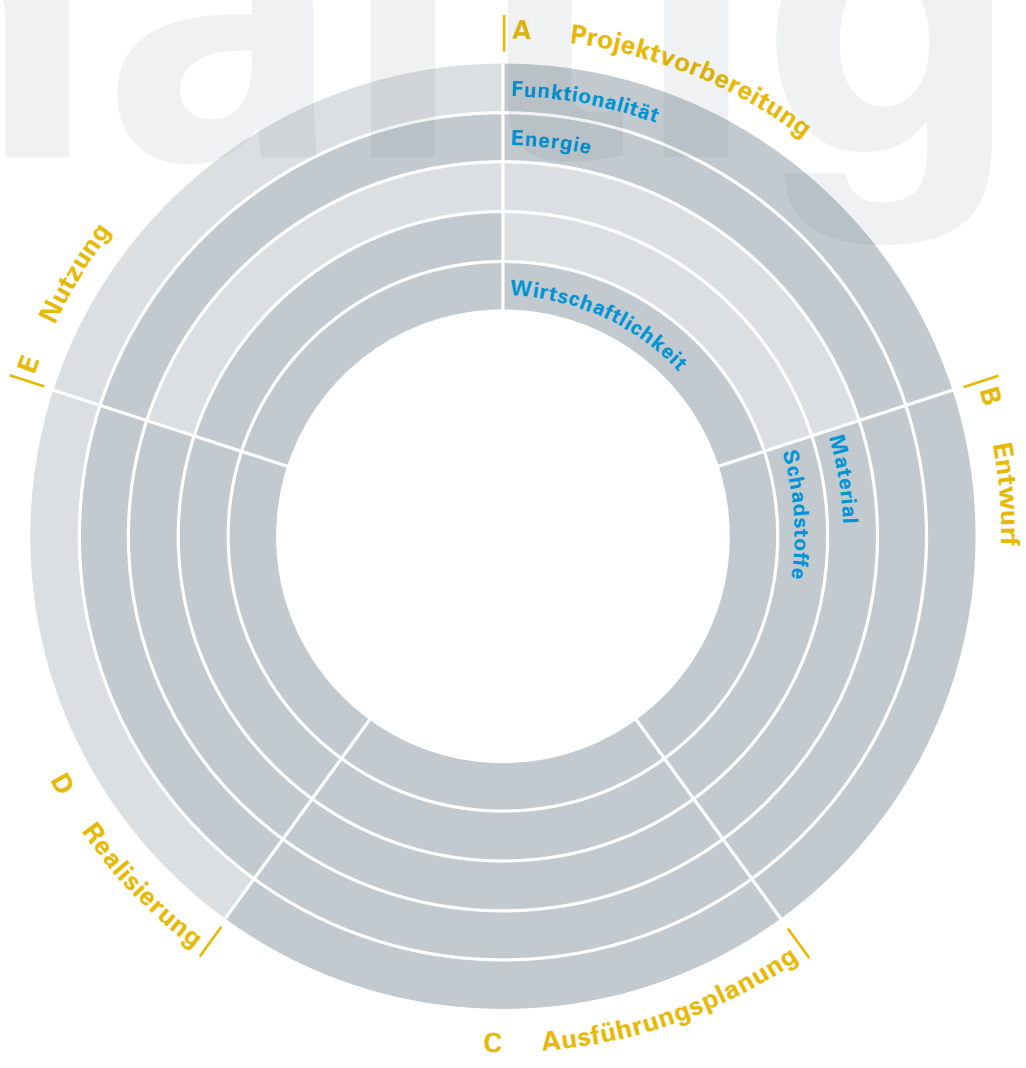


Nachhaltigkeit gestalten

Bayerische Architektenkammer





Nachhaltigkeit gestalten



Leitfaden für Architekten, Innenarchitekten,
Landschaftsarchitekten, Stadtplaner, Fachingenieure,
Bauherren und Interessierte


Badr
Fuchs
Stark
Zeumer



- 2 Vorwort der Präsidentin
der Bayerischen Architektenkammer
- 4 Vorwort der Bayerischen Staatsministerin
für Wohnen, Bau und Verkehr
- 6 Verwendung des Leitfadens

1

Einführung

- 12 Architektur und Städtebau im Wandel
- 18  [Beratungsstelle Energieeffizienz und Nachhaltigkeit \(BEN\)](#)
- 19 HOAI-Leistungen für nachhaltiges Bauen

2

Nachhaltigkeit gestalten – nach Planungsphasen

- 22 **A** Projektvorbereitung
- 50 **B** Entwurf
- 114 **C** Ausführungsplanung
- 152 **D** Realisierung
- 172 **E** Nutzung

3

Anhang

- 190 Bewertungs- und Zertifizierungssysteme
- 192 Arbeitshilfen und Tools
- 194 Verzeichnisse
- 209 Impressum

Vorwort der Präsidentin der Bayerischen Architektenkammer

Mehr denn je sind Architektur, Innenarchitektur, Landschaftsarchitektur und Stadtplanung aufgefordert, die Chance zu ergreifen, unsere Zukunft nachhaltig und auch für kommende Generationen lebenswert zu gestalten. Die geeigneten Werkzeuge und Mechanismen sind prinzipiell bekannt, aber die Fragen nach dem Wie und dem Wieviel fordern nicht nur die globalisierte Gesellschaft heraus, sondern vor allem die Fachwelt.

Baukultur gilt als Spiegel der Gesellschaft, d. h. unsere gebaute Umwelt ist Ausdruck der jeweils aktuellen politischen und gesellschaftlichen Debatte. Derzeit bestimmen Klimaschutz, Globalisierung, Digitalisierung, weltweites Bevölkerungswachstum, Zuwanderung und soziales Miteinander diesen Diskurs.

Bauliche Strukturen lösen Wechselwirkungen aus. Teilweise demonstrativ, teilweise subtil prägen sie unser Werteverständnis, den Umgang miteinander, unsere Beziehung zur Umwelt, unsere Identität. Zugleich fixieren bauliche Strukturen mittel- bis langfristig die Rahmenbedingungen für eine gesellschaftliche Entwicklung – bestenfalls stehen sie dann im Einklang mit der Natur und den natürlichen Ressourcen und bieten Potenziale für zukünftige Generationen.

Zwar haben Maßnahmen zur dezentralen Energiegewinnung und zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden sowie zahlreiche technische Innovationen der letzten Jahrzehnte wesentlich zur Energieeinsparung und CO₂-Reduzierung beigetragen, doch reichen diese Anstrengungen nicht aus, um globalen Veränderungsprozessen entgegenzuwirken und damit verbundene Nachteile zu vermeiden. In der Folge ist der Handlungsdruck auf Politik und Gesellschaft, aber auch auf jeden Einzelnen deutlich spürbar. Daher gilt es, die relevanten Ansatzpunkte für unser Handeln zu identifizieren und zielgerichtete erforderliche Maßnahmen umzusetzen.

Architekten, Innenarchitekten, Landschaftsarchitekten und Stadtplaner können hierbei gemeinsam mit ihren Bauherren und Auftraggebern einen signifikanten Beitrag leisten – bezogen sowohl auf den großen, übergeordneten Maßstab, als auch auf das einzelne Objekt.

Wohlkonzipierte räumliche und bauliche Strukturen sparen Strom und Wärme, setzen erneuerbare Energien wirksam ein, gehen schonend mit verfügbaren natürlichen Ressourcen um und fördern das soziale Miteinander. Sie schaffen neue Mobilitäts- und Lebensszenarien, stiften Identität und helfen, nachteilige Verhaltensmuster im Sinne der Suffizienz zu überdenken. Durch frühzeitige konzeptionelle und gestalterische Weichenstellungen kann es Architekten gemeinsam mit weiteren Fachplanern und Bauherren gelingen, die Nachhaltigkeit von Gebäuden wesentlich zu beeinflussen und zugleich einen Beitrag zur Baukultur zu leisten. Projekte werden dadurch zur echten Zukunftsinvestition, die unter Betrachtung des Lebenszyklus auch einen erheblichen wirtschaftlichen Mehrwert für alle Beteiligten bieten kann.

Ganzheitliche Betrachtung baulicher Strukturen im gesellschaftlichen Kontext ist eine Kompetenz, die Architekten zu Recht für sich beanspruchen. Sie verbinden ökologische, soziale, ökonomische, funktionale und gestalterische Aspekte und unterstützen die Abstimmung und Harmonisierung partikularer und öffentlicher Interessen. Selbstverständlich gehören auch Partizipationsprozesse, die von den Mitgliedern der Bayerischen Architektenkammer aktiv begleitet werden können, zu diesem Angebot. Doch die erforderlichen Prozesse des nachhaltigen Bauens sind komplex – fachliche Kompetenz ist mehr denn je gefordert.

Die Bayerische Architektenkammer gibt daher allen am Bauprozess Beteiligten den vorliegenden Leitfaden „Nachhaltigkeit gestalten“ als Hilfestellung an die Hand. Die Publikation zeigt auf, wie Energieeffizienz und Nachhaltigkeit von Gebäuden erfolgreich entworfen, geplant und umgesetzt werden können. Sie bietet konkrete Handlungsvorschläge und dient damit in unser aller Interesse als Inspiration für gemeinsames Handeln.



Christine Degenhart
Präsidentin der Bayerischen Architektenkammer

Vorwort der Bayerischen Staatsministerin für Wohnen, Bau und Verkehr

Nachhaltigkeit steht auf der politischen Agenda ganz oben. Der Begriff der Nachhaltigkeit hat sich seit einigen Jahren als Leitbild für eine vorausschauende Entwicklung mit Verantwortungsbewusstsein gegenüber nachfolgenden Generationen etabliert. Das macht Nachhaltigkeit zu einer Querschnittsdisziplin und ihre Umsetzung ist eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Auf dem Gebiet des Bauens beschäftigt sich die Diskussion über Nachhaltigkeit oft nur mit quantitativen Gesichtspunkten wie beispielsweise dem Energieverbrauch, Dämmstärken oder Lüftungswärmeverlusten. Diese scheinen unvereinbar mit qualitativen Aspekten wie Wohlbefinden, Formensprache oder Baumaterialien zu sein. Sie sind es aber nicht.

Mit der Publikation „Nachhaltigkeit gestalten“ hat die Bayerische Architektenkammer einen Leitfaden entwickelt, der Bauherrn und Planer unterstützt. Er hilft, das Bewusstsein für Nachhaltigkeit beim Bauen und Sanieren zu schärfen. Der Leser erhält einen wertvollen Überblick über die Chancen nachhaltigen Handelns und bekommt einen Fahrplan für den Weg vom ersten Konzept bis zur Nutzungsphase an die Hand. Er wird ermutigt, den Mehrwert im Zusammenwirken von Nachhaltigkeit und Baukultur zu sehen. Ich begrüße das sehr.

Gestalterische, technische, funktionale, soziokulturelle, ökologische und wirtschaftliche Qualitätsmerkmale lassen sich unter dem Überbegriff Baukultur zu einer ausgewogenen Gesamtqualität verbinden. Gestalten als kreativer Schaffensprozess ist durch das Zusammenspiel von Architektur, Freiraumplanung, Orts- und Stadtplanung, Bodenmanagement und Bürgerbeteiligung ein Bestandteil nachhaltigen Handelns.

Die Vereinbarkeit von Nachhaltigkeit und gestalterischen Qualitäten ist Aufgabe der Planer und der am Bau Beteiligten. Ein gekonnter Entwurf und ein beständiges Produkt sind grundlegende Voraussetzungen für ein nachhaltiges Vorhaben. Entscheidend ist außerdem, dass die Ausführungsqualität den planerischen Zielvorgaben gerecht wird.

Das Bayerische Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr geht die Herausforderungen einer komplexer werdenden Welt an und steht zu seiner Verantwortung gegenüber unserer Heimat. Nachhaltigkeit ist unsere Richtschnur für Konzeption, Planung und Umsetzung von Bau- und Verkehrs- oder Förderprojekten. Der Austausch der Fachdisziplinen und der Dialog mit den Menschen vor Ort sind dabei entscheidend für den Erfolg.

Bezahlbaren Wohnraum zu schaffen ist eine der drängendsten Aufgaben im Bereich des Planens und Bauens. Die staatliche Wohnraumförderung auf Rekordniveau leistet hier bei privaten und kommunalen Modernisierungs- und Neubaumaßnahmen einen großen Beitrag.

Für Bayern gilt: Bauen, bauen, bauen! Ökologische, ökonomische und soziale Aspekte sind dabei in einen harmonischen Dreiklang zu bringen. Mit der Städtebauförderung unterstützt der Freistaat Bayern Gemeinden und

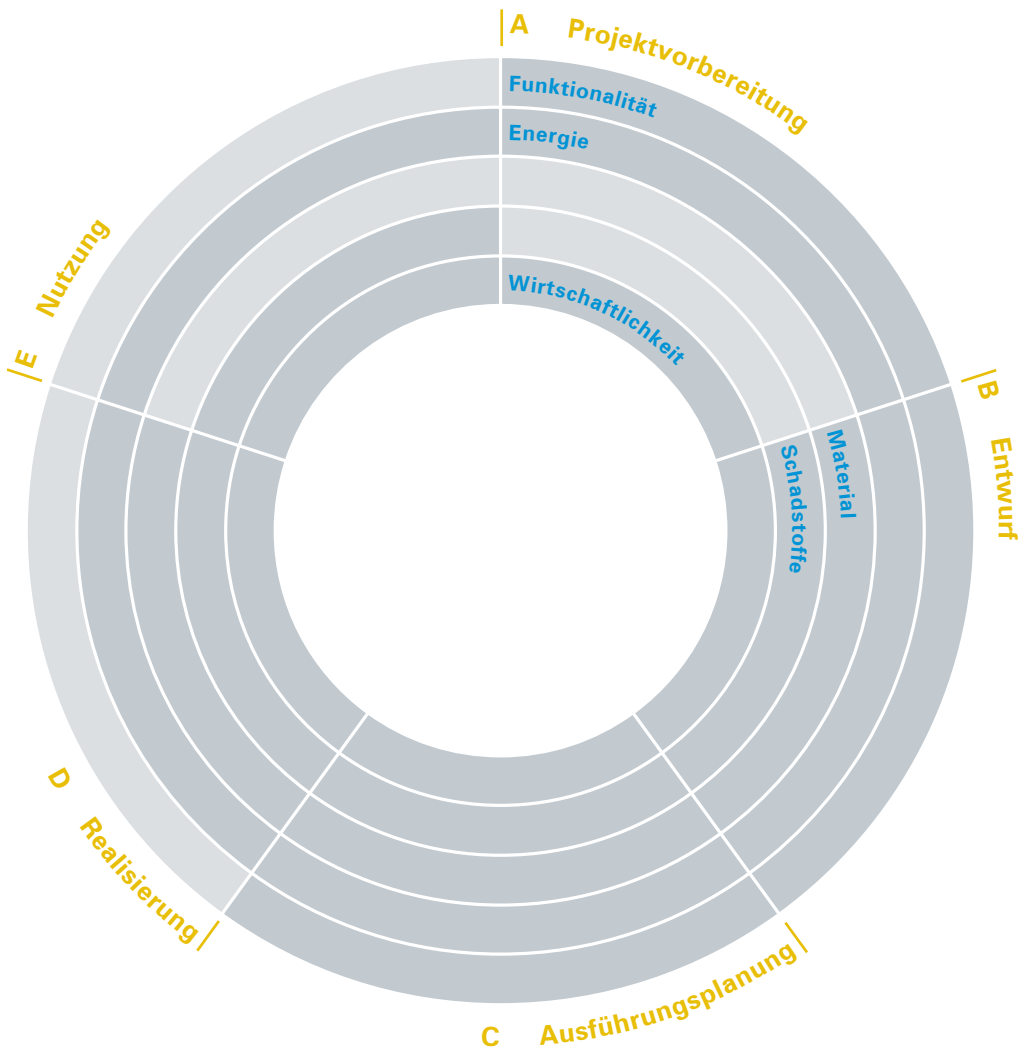
Städte bei ihren städtebaulichen Planungen und Investitionen. Zukunftsorientierte Siedlungsentwicklungen und städtebauliche Erneuerungsmaßnahmen reduzieren den Verkehr und sind flächensparend. Auf diese Weise können wir einen großen Beitrag zur Verminderung des CO₂-Ausstoßes und zum Klimaschutz leisten. Bei allen Maßnahmen werden Gesichtspunkte der Barrierefreiheit und des demographischen Wandels miteinbezogen.

Wir setzen uns zum Ziel, eine nachhaltige Mobilität zu schaffen, die zu geringeren Umweltbelastungen und einer höheren Lebensqualität führt. Als öffentlicher Bauherr wird der Freistaat Bayern seiner Vorbildfunktion gerecht und baut energieeffizient und ressourcenschonend. Wir werden die begonnene Arbeit fortsetzen und die Bayerische Nachhaltigkeitspolitik stetig weiterentwickeln. Dafür sind große Überzeugungskraft und Entschlossenheit gefragt.

„Nachhaltigkeit“ ergänzt durch „gestalten“ darf als Aufruf an uns alle verstanden werden.



Ilse Aigner, MdL
Bayerische Staatsministerin für Wohnen, Bau und Verkehr
Stellvertretende Ministerpräsidentin



Wirkung und wesentliche Einflussmöglichkeiten der Nachhaltigkeitsthemen innerhalb der Leistungsphasen eines Projekts

Der Leitfaden „Nachhaltigkeit gestalten“ dient über alle Leistungsphasen hinweg als Arbeitshilfe und Nachschlagewerk. Er bietet einen umfassenden Überblick zu den Grundlagen, Zielen und Anforderungen nachhaltigkeitsrelevanter Planungsaspekte im Bauwesen und gibt Impulse, Hinweise und Lösungsvorschläge für deren Integration in den Planungsprozess bzw. für die praktische Umsetzung. Im Planungsgespräch zwischen Bauherren und Planern schafft der Leitfaden die Grundlage für eine strukturierte Diskussion zur Festlegung der projektspezifisch angestrebten Nachhaltigkeitsqualitäten. Dazu kombiniert die Publikation alle wesentlichen Nachhaltigkeitsthemen mit den im Bauwesen üblichen Planungsphasen.

Gliederung nach Planungsphasen

Der chronologische Aufbau untergliedert sich nach den Planungsphasen – von der Zielfindung (Projektvorbereitung), über Entwicklung und Ausarbeitung (Entwurf, Ausführungsplanung) bis zur Qualitätssicherung (Realisierung) und Nutzung. Auf dieser Basis lassen sich in den jeweiligen Phasen die Abhängigkeiten und Wechselwirkungen der einzelnen Nachhaltigkeitsaspekte zielsicher erkennen und bearbeiten.

- A Projektvorbereitung
- B Entwurf
- C Ausführungsplanung
- D Realisierung
- E Nutzung

Gliederung nach Nachhaltigkeitsthemen

Den Planungsphasen sind jeweils die fünf zentralen Handlungsfelder des nachhaltigen Bauens zugeordnet. Dabei verdeutlicht der Leitfaden, welche Optionen und Optimierungspotenziale in Bezug auf die einzelnen Nachhaltigkeitsthemen bestehen und wie sich diese möglichst frühzeitig verankern lassen. Zumeist fächern dabei prägnante Aufzählungen die Möglichkeiten von einfach umsetzbaren Maßnahmen bis hin zu komplexen Lösungen auf. Der Betrachtungsschwerpunkt liegt auf üblichen Bauaufgaben mittlerer Größe wie Büro- und Wohnungsbauten.

- 1. Funktionalität und Komfort
- 2. Energie
- 3. Material
- 4. Schadstoffe
- 5. Wirtschaftlichkeit

Infoboxen

Infoboxen dienen der kompakten Erläuterung von Grundlagen (z. B. Energiestandard, Materialkonzept), die in der Regel im Bauherrngespräch nicht als Diskussionsgrundlage vorausgesetzt werden können. Darüber hinaus schärfen sie den Blick für relevante Nachhaltigkeitsaspekte (z. B. Barrierefreiheit, Schadstoffarmut), oder Berechnungsmethoden bzw. Nachweise (z. B. Ökobilanzierung, Raumluftmessung).



Leistungsphasen
nach HOAI

A	Projektvorbereitung	0	Bedarfsplanung vorsehen 1 Bedarfsplanung durchführen 2 Zielvereinbarung fixieren 3 Integrale Planung initiieren	Energieoptimierung planen 1 Anforderungen klären 2 Standortspezifische Energiepotenziale analysieren 3 Energetische Ziele definieren
		1		
		2		
B	Entwurf	3	Funktionalität und Komfort optimieren 1 Funktionstüchtige Erschließung gewährleisten 2 Umweltgerechte Mobilitätsinfrastruktur vorsehen 3 Aufenthaltsqualitäten innen und außen schaffen 4 Barrierefreiheit planen 5 Behaglichkeit und Sicherheit optimieren	Energiekonzept entwickeln 1 Randbedingungen und Ziele konkretisieren 2 Kubatur und Grundriss optimieren 3 Gebäudehülle optimieren 4 Effiziente Gebäudetechnik planen 5 Umfeld und Außenraum energetisch nutzen
		4		
		5		
C	Ausführungsplanung	6	Funktionalität und Komfort vervollständigen 1 Aufenthaltsqualitäten innen und außen konkretisieren 2 Barrierefreiheit gewährleisten 3 Behaglichkeit und Sicherheit weiterentwickeln	Energiekonzept detaillieren 1 Energiekennwerte überprüfen 2 Bauteile optimieren 3 Gebäudetechnik optimieren
		7		
D	Realisierung	8		
		9		
		10		
E	Nutzung	10	Nachhaltige Nutzung initiieren und befördern 1 Nutzer informieren und motivieren 2 Gebäudemanagement optimieren 3 Soziokulturelle Angebote und umweltfreundliche Mobilität fördern	Energieeffizienten Gebäudebetrieb sicherstellen 1 Energiecontrolling organisieren 2 Einregulierungsphase betreuen 3 Messdaten dauerhaft auswerten und optimieren

Ressourcenreduktion anlegen

- 1 Baubedarf und Flächennutzung optimieren
- 2 Anforderungen an die Ressourceneinsparung festlegen
- 3 Lokale Ressourcen schützen

Schadstoffarmut vorbereiten

- 1 Immission am Standort überprüfen
- 2 Belastungen im Bestand untersuchen
- 3 Anforderungen an die Schadstoffarmut definieren

Lebenszyklusorientierte Kostenbetrachtung verankern

- 1 Bedarfsplanung auf Lebenszykluskosten ausrichten
- 2 Wertstabilität sichern
- 3 Ergänzende Finanzmittel identifizieren

Ressourcenschonendes Materialkonzept entwickeln

- 1 Ökobilanzierung initiieren
- 2 Materialaufwand minimieren
- 3 Kreislaufoptimierte Materialien anstreben
- 4 Umweltinventar schonen

Schadstoffemissionen vermeiden

- 1 Ziele für Schadstofffreiheit konkretisieren
- 2 Schadstoffrisiken vermeiden

Gesamtwirtschaftlichkeit optimieren

- 1 Lebenszykluskosten berechnen
- 2 Maßnahmen zur Kostensenkung identifizieren

Materialkonzept konkretisieren

- 1 Materialaufwand in der Konstruktion minimieren
- 2 Instandhaltung und Reinigung optimieren
- 3 Recycling vorbereiten
- 4 Bauteile integral optimieren
- 5 Trinkwasserbedarf und Abwasser reduzieren

Schadstoffarm planen

- 1 Schadstoffarmut nach Bauteilen optimieren
- 2 Anforderungen an schadstoffarme Produkte festschreiben

Lebenszykluskosten minimieren

- 1 Lebenszykluskostenberechnung fortschreiben
- 2 Maßnahmen zur Kostensenkung identifizieren

Materialkonzept abschließen

- 1 Ressourcenschonende Umsetzung fördern
- 2 Recyclinggerechte Umsetzung fördern
- 3 Ökobilanz vervollständigen

Schadstoffarmut sicherstellen

- 1 Schadstoffarme Umsetzung fördern
- 2 Schadstoffarme Umsetzung dokumentieren

Kosteneffizienten Gebäudebetrieb vorbereiten

- 1 Kostenrelevante Aspekte bei der Produktwahl berücksichtigen
- 2 Qualität der Bauausführung sichern
- 3 Ordnungsgemäße Instandhaltung vorbereiten
- 4 Gebäudedokumentation erstellen

Emissions- und schadstoffarme Nutzung gewährleisten

- 1 Nutzerausbau berücksichtigen
- 2 Nachhaltige Beschaffung fördern

Wirtschaftlichen Gebäudebetrieb sicherstellen

- 1 Betriebskostencontrolling implementieren
- 2 Wertstabilität sichern

1

Einführung

Wir leben in einer Epoche des Übergangs, in einer Zeit zwischen „nicht mehr“ und „noch nicht“. Aus heutiger Perspektive haben sich Städtebau und Architektur durch die Nutzung fossiler Energieträger nur für wenige Generationen aus dem Kontext spezifischer Klimabedingungen und lokaler Ressourcen „befreit“. Diese Zeit geht nun offenkundig einem Ende entgegen. Städtebau und Architektur stehen in den kommenden Jahren vor grundlegenden Veränderungen. Aber welche Aufgaben kommen demnach auf Architekten, Innenarchitekten, Landschaftsarchitekten und Stadtplaner zu? Und welche Potenziale gilt es dabei zu entdecken?

Effizienz, Konsistenz und Suffizienz

Einerseits sind die architektonischen, technischen und konstruktiven Entwicklungen vor dem Hintergrund der Energiewende spätestens seit Beginn der 2000er-Jahre bemerkenswert. Wir können inzwischen Gebäude errichten, die mehr Energie produzieren als sie verbrauchen. Uns stehen Hochleistungsdämmstoffe und zunehmend auch Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen zur Verfügung. Die Dreifachverglasung bildet mittlerweile den Standard, darüber hinaus sind Vakuumverglasungen erhältlich, die nur noch äußerst geringe Wärmeverluste aufweisen. Erdsonden in Kombination mit Wärmepumpen, Eisspeicher, kybernetisch wirkende Luftkollektoren und insbesondere Solartechnik – alle erdenklichen Technologien stehen bereit, um erneuerbare Energie direkt am Standort zu gewinnen. Die Gebäudetechnik wird stetig effizienter und gleichzeitig ist der Trend zu verzeichnen, den Technisierungsgrad zu reduzieren und robuste wie dauerhafte Versorgungskonzepte anzustreben.

Die gegenwärtige Dynamik im Bauwesen lässt sich nicht losgelöst von den internationalen und nationalen politischen Zielsetzungen erklären. Mit großer Euphorie verpflichtete sich die Weltgemeinschaft auf der UN-Klimakonferenz in Paris (COP 21, 2015), die globale Erwärmung deutlich unter zwei Grad zu halten und das 1,5-Grad-Ziel anzustreben. Darüber hinaus sieht das Abkommen vor, die Treibhausgasemissionen in den Jahren 2045 bis 2060 auf null zu senken. In die internationalen Beschlüsse fügt sich das Energiekonzept der Bundesregierung ein – es sieht vor, den Gebäudebestand in Deutschland bis 2050 nahezu klimaneutral zu gestalten. Um die langfristigen europäischen und nationalen Klimaschutzziele zu erreichen, wurden seitens Politik und Gesetzgebung in den vergangenen Jahren bereits entscheidende Weichen gestellt, deren fundamentale Bedeutung für das Planen und Bauen schon jetzt erkennbar ist:

Fast-Nullenergiegebäude

- Die EU-Gebäuderichtlinie „Energy Performance in Buildings Directive (EPBD)“ ist ab 2019 in Deutschland als gesetzlicher Mindeststandard für alle neuen öffentlichen Gebäude sowie ab 2021 auch für alle privaten Neubauten einzuführen. Eine Anpassung der Energieeinsparverordnung (EnEV) und des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG) – die den EU-Anforderungen nach sogenannten Fast-Nullenergiegebäuden („nearly zero energy buildings“) entsprechen – sind mit dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) aktuell in der Entwicklung (S. 34, INFOBOX Energiestandard).

solar aktivierte Gebäudehülle

- Vor diesem Hintergrund ist zu erwarten, dass aktive Solarflächen für die gebäudeeigene Wärme- und Stromerzeugung in Dach und/oder Fassade im Regelfall für alle Neubauten obligatorisch werden. Die solare Aktivie-

rung muss zukünftig in den ersten Planungsphasen Berücksichtigung finden und erfordert neue architektonisch überzeugende Ausdrucksformen (S. 72, Gebäudehülle optimieren).

- Nach Einführung des GEG wird die Betrachtung des Konstruktionsaufwandes – die sogenannte graue Energie bzw. der Primärenergieinhalt (PEI) – verstärkt in den allgemeinen Fokus rücken (S. 85, Ressourcenschonendes Materialkonzept entwickeln). Im Bundesbauministerium liegen bereits Überlegungen vor, in den 2020er-Jahren – als nächsten Entwicklungsschritt – die Ökobilanzierung in das GEG einzubeziehen. Dann sind Konstruktionsaufwand und Betriebsenergien im Lebenszyklus (z. B. über 50 Jahre) ganzheitlich aufeinander abzustimmen.

In den „Positionen zur Energiewende“ beschreibt die Bayerische Architektenkammer die Innovationsfähigkeit des Berufsstands der Architekten, Innenarchitekten, Landschaftsarchitekten und Stadtplaner. Denn energieoptimierte Gebäude erfordern angepasste bauphysikalische, konstruktive, technische und gestalterische Lösungen. Der Umbau unserer Energieinfrastruktur und die vornehmliche Nutzung dezentral erzeugter, erneuerbarer Energien werden sich gravierend auf das Erscheinungsbild unserer Städte und Dörfer sowie auf das Landschaftsbild auswirken. Die Größe der Herausforderung wird beim gegenwärtigen Photovoltaik-Ausbau erkennbar: Aktuell beträgt der Anteil erneuerbarer Energien ca. 36 % des gesamtdeutschen Strombedarfs. Es besteht die politische Vorgabe, den Anteil erneuerbarer Energien insgesamt bis zum Jahr 2030 auf 65 % zu erhöhen. Dabei soll die Photovoltaik von derzeit ca. 40 TWh auf 120 TWh (= 20 % des Strombedarfs) ausgebaut werden. In Fläche umgerechnet bedeuten diese Ertragszahlen, dass in den nächsten Jahren eine Milliarde Quadratmeter Solartechnik installiert werden. Und da der selbstproduzierte und selbstgenutzte Strom mittlerweile auch kostengünstiger ist als Netzstrom, werden diese 1.000.000.000 m² zweifelsohne ihren Weg in unsere Städte und Dörfer finden. Es ist daher unumgänglich, dass sich unser Berufsstand der Aufgabe annimmt und das Erscheinungsbild unserer gebauten Umwelt nicht dem Zufall überlässt.

Es ist inzwischen Konsens, dass die Sicherung des heute erreichten Lebensstandards und die weitere wirtschaftliche, technische sowie gesellschaftliche Entfaltung in hohem Maße von einer verbesserten Energieeffizienz aller Gebäude und technischen Systeme sowie einer klimaschonenden Energieversorgung abhängig sind. Man könnte also davon ausgehen, dass die Energiewende inzwischen so weit ins öffentliche Bewusstsein gedrungen ist, dass wir uns zielsicher auf dem Weg befinden und der Umbau unserer Energieinfrastruktur gelingt.

Andererseits müssen uns die bisher in Deutschland erzielten Ergebnisse bei der Energieeinsparung im Gebäudesektor nachdenklich stimmen (Abb. 1): In den vergangenen 25 Jahren (1990–2015) hat sich pro Kopf der Raumwärmebedarf quasi nicht verringert, da den Einsparungen mittels Dämmmaßnahmen und rationeller Energieumwandlung im gleichen Zeitraum Mehrverbräuche infolge gestiegenen Wohnflächenbedarfs und erhöhten Komfortansprüchen gegenüberstehen. Wir sind ersichtlich weit davon entfernt, die Klimaschutzziele im Bausektor zu erreichen.

Daher setzt sich die Erkenntnis durch, dass es nicht gelingen wird, die Energiewende mit ausschließlich technischen Lösungen zu gestalten. Dämmmaßnahmen (= Effizienz) oder die Nutzung erneuerbarer Energien bzw. die Verwendung nachwachsender Baustoffe (= Konsistenz) sind durch Strategien zu ergänzen, die der Frage nach dem rechten Maß nachgehen (= Suffizienz). Beim Planen und Betreiben von Gebäuden müssen wir uns mit der zunächst unbequem erscheinenden Aufgabe beschäftigen, neue Optionen für ein reales Weniger an Ressourcenverbrauch zu erschließen. Dabei wird

Konstruktionsaufwand



Suffizienz

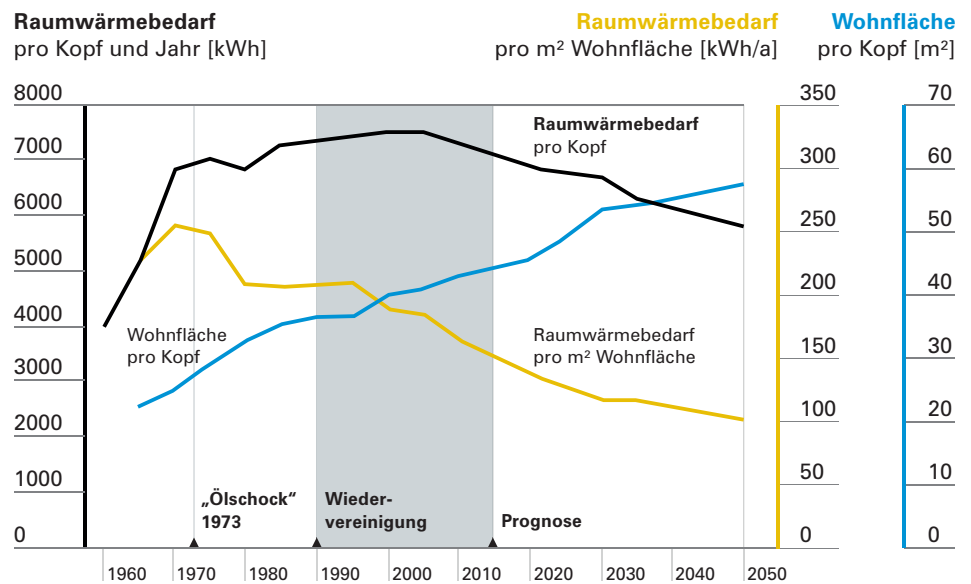


Abb. 1: Entwicklung von Wohnfläche und Wärmebedarf in Deutschland

es unumgänglich sein, die bisherigen Ansprüche, das Komfortniveau und die etablierten Standards zu hinterfragen, um zukunftstaugliche Konzepte zu entwickeln (S. 30, INFOBOX Suffizienz).

Wahrscheinlich wird uns der Umfang der Neuformulierungen in Bezug auf Effizienz-, Konsistenz-, und Suffizienzmaßnahmen überraschen, ganz sicher sind hierbei auch gesellschaftliche und soziale Innovationen erforderlich. Der Schweizer Architekt und Hochschullehrer Peter Steiger bemerkte hierzu, dass bezeichnenderweise ein Begriff für das Gegenteil von Wirtschaftswachstum fehlt, der Hoffnung auf höheren Wohlstand, jedoch ohne unerwünschte Umweltbelastungen verspricht. Da Worte wie „Verzicht“, „Vermeidung“ oder „Rückbildung“ im allgemeinen Sprachgebrauch negativ besetzt sind, lösen sie dementsprechend keine positiv motivierten Handlungen aus. [1] Auch nach Auffassung des Soziologen Wolfgang Sachs reicht es nicht aus, unter Zukunftsfähigkeit nur eine Reihe von Reduktionszielen zu verstehen. „Vielmehr muss man die Produktionsformen, Lebensstile und Denkweisen erkunden, in die ein maßvoller Naturverbrauch eingelassen sein könnte, [...] denn Reduktionsziele allein informieren höchstens, beflügeln aber keinen.“ [2]

Landes-, Regional- und Stadtplanung

Überlegenswert erscheint zudem, dass das kulturelle Erbe bestehender Gebäude und Stadtquartiere, die teilweise bereits Generationen überdauerten – gleichermaßen wie Rohstoffe und fossile Energieträger – eine begrenzte Ressource darstellen. Über das Einzelgebäude hinaus erzeugt die strategische Landes-, Regional- und Stadtplanung übergeordnete Rahmenbedingungen und Strukturen. Nur in integrierten Gesamtkonzepten können die Schwerpunktthemen Mitigation (d. h. Minimierung des Energiebedarfs und Maximierung des Anteils erneuerbarer Energien) und Adaption (d. h. Anpassungsstrategien an den Klimawandel) unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen, ökologischen und gesellschaftlichen Aspekte mit baukulturellen Zielen verknüpft werden.

Nachhaltigkeitsverständnis

Vor dem Hintergrund der bestehenden Energie- und Klimaschutzziele erscheint der Schlüsselbegriff „Nachhaltigkeit“ die Bedeutung als historische Chance eines dauerhaft neuen Naturverständnisses zu erlangen – und hat inzwischen in der öffentlichen und architektonischen Debatte mitunter inflationäre Verbreitung gefunden. Bereits auf der Rio-Konferenz von 1992

(dem sogenannten Erdgipfel) wurde seitens der Politik ausdrücklich die Ausbildung von geeigneten Messgrößen für eine nachhaltige Entwicklung gefordert. Damit der Begriff „Nachhaltigkeit“ nicht durch unscharfe Zielformulierungen zu einem Schlagwort verkommt oder entwertet wird, muss er folglich in Bezug auf den jeweiligen Betrachtungsgegenstand präzisiert und auf konkrete Sachverhalte bezogen werden.

Analog zur Energiewende sind auch im nachhaltigen Bauen die Initiativen der vergangenen Jahre eindrucksvoll. Der erste „Leitfaden Nachhaltiges Bauen“ wurde im Jahr 2001 per Erlass in der Bundesbauverwaltung eingeführt, um Nachhaltigkeitsanforderungen beim Planen, Errichten und Betreiben von öffentlichen Gebäuden zu konkretisieren. Infolge seiner strukturellen Ordnung gelingt es dem Leitfaden, die Komplexität der Fragestellungen darzustellen sowie die Vernetzung der ökologischen, ökonomischen und sozio-kulturellen Dimensionen des Drei-Säulen-Modells aufzuzeigen. Vor diesem Hintergrund wurde eine Vielzahl von Hilfsmitteln wie Checklisten, Bewertungshilfen oder Zertifizierungssystemen entwickelt (S.190, Bewertungs- und Zertifizierungssysteme).

Seit 2009 verbreiten sich hierzulande das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) und das vergleichbar aufgebaute Deutsche Gütesiegel Nachhaltiges Bauen (DGNB). Der deutsche Ansatz zur quantifizierbaren Nachhaltigkeitsbeurteilung von Gebäuden wurde auf der World Sustainable Building Conference in Melbourne – noch vor den langjährig eingeführten Gebäude-labels wie LEED (USA) oder BREEAM (GB) – als derzeit innovativstes und weltweit bestes System ausgezeichnet. Für den Bundesbau ist inzwischen die Anwendung des BNB (ab einer Bausumme von zwei Millionen Euro) verpflichtend vorgegeben. Auch im Landesbau verbreitet sich die Nachhaltigkeitszertifizierung zusehends. Einige Bundesländer haben das BNB verbindlich eingeführt (z. B. Schleswig-Holstein) bzw. beabsichtigen die Einführung (z. B. Berlin) oder sammeln entsprechende Erfahrungen bei großangelegten Pilotvorhaben (z. B. Baden-Württemberg).

Da nachhaltige Gebäude nachweislich deutliche Vorteile gegenüber konventionellen Gebäuden aufweisen, gehen viele Studien davon aus, dass langfristig nachhaltige Immobilien infolge der Nachfrage den Marktstandard definieren werden. Dies zeigt sich in der Immobilienwirtschaft bereits am Transaktionsvolumen für gewerbliche Immobilien. Im Jahr 2016 belief sich das Gesamtvolumen auf ca. 35 Milliarden Euro, wobei zertifizierte Gebäude über einen Marktanteil von etwa 21 % verfügen – Tendenz steigend [3]. Während im Neubau zumeist das DGNB-Label verwendet wird (ca. 80 %) liegt bei Bestandszertifizierungen BREEAM vorne (ca. 56 %).

Umfassend werden wir die nachhaltige Gestaltung unserer gebauten Umwelt allein mit Zertifikaten, Labels oder Umweltengeln jedoch nicht in den Griff bekommen. Zudem droht bei Planern die Gefahr, dass eine Reduktion des Nachhaltigkeitsbegriffs auf überwiegend quantifizierbare und ingenieurwissenschaftliche Sachverhalte – wie bei den verbreiteten Gebäudelabels derzeit üblich – zu einer Ablehnung des zugrunde liegenden Nachhaltigkeitsverständnisses führt. Liegt hierin der Grund dafür, dass einige Architekten beim Thema Nachhaltigkeit auf Distanz gehen? Oder sich auf den Standpunkt zurückziehen, dass die tradierten Werte der Baukunst – gute Planung, sorgfältige Details, ordentliche Ausführung – bereits dem Nachhaltigkeitsanspruch genügen?

Aber Baukultur und Nachhaltigkeit sind weder eine Tautologie noch stehen sie in einem Widerspruch zueinander (S. 16, Abb. 2). Und wir können das Nachhaltigkeitsgebot auch nicht aus unserem Zuständigkeitsbereich ausklammern. Architekten, Innenarchitekten, Landschaftsarchitekten und

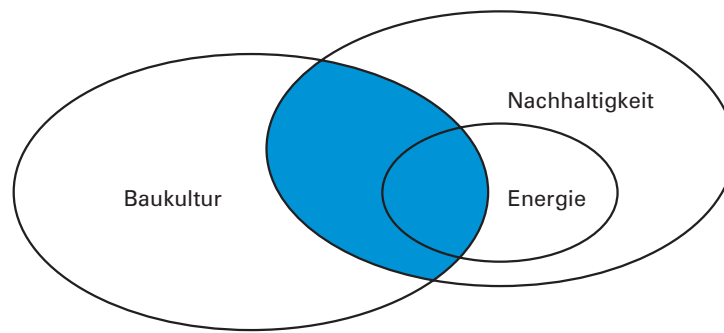


Abb. 2: Schnittstellen von Energie, Nachhaltigkeit und Baukultur

Stadtplanern kommt die Aufgabe zu, Baukultur mit Nachhaltigkeit zu vereinbaren und an den Schnittstellen die derzeit noch weitgehend unbearbeiteten kulturellen, architektonischen und gestalterischen Potenziale zu lokalisieren und zu nutzen. Die Bedeutung und Wirkkraft des architektonischen Entwurfs als Beitrag zum nachhaltigen Bauen ist noch längst nicht ausgeschöpft.

Handlungsfelder und -optionen

Wir überschauen mittlerweile die Ziele, Kriterien, Indikatoren, Methoden und Werkzeuge des nachhaltigen Bauens soweit, dass wir nicht mehr vor einem Wissensdefizit, sondern vor einem Umsetzungs- oder Handlungsdefizit stehen. Es bedarf Strategien, um Wirkungen und Wechselbeziehungen von Nachhaltigkeitsaspekten zu erkennen und phasengerecht zu behandeln. Die Publikation verfügt daher über einen eigenen und neuartigen Ansatz, die gebräuchlichen Nachhaltigkeitsanforderungen (z. B. visueller und thermischer Komfort) mit typischen Planungsthemen (z. B. Fassadenausbildung) zu verknüpfen. So garantieren etwa eine geschickte Dimensionierung und Lage der Fensteröffnungen eine gute Tageslichtversorgung und vermeidet Überhitzung, bei Einsparung von Energie und Lebenszykluskosten. Zudem orientiert sich der Leitfaden an den Fragestellungen von Architekten und ihren Planungsphasen (S. 7, *Verwendung des Leitfadens*). Denn Architekten sind bei der Vielzahl an Beteiligten im Hochbau als die maßgeblichen Akteure bei fast allen nachhaltigkeitsrelevanten Entscheidungen direkt involviert. Die Handlungsoptionen untergliedern sich anhand von fünf Handlungsfeldern:

Funktionalität und Komfort (Kapitel A–E.1)

Eine hohe Funktionalität und kommunikationsfreundliche Strukturen im Gebäude und im Außenraum gewährleisten anhaltende Nutzungsqualitäten. Dazu zählt auch die Ausbildung einer zeitgemäßen und umweltgerechten Mobilitätsinfrastruktur. Barrierefreie Gestaltung sollte für Architektur und Freiraum selbstverständlich sein. Partizipation und Öffentlichkeitsbeteiligung gelten als wichtige Faktoren zur Erhöhung der Akzeptanz und Zufriedenheit, auch hinsichtlich der Definition von Behaglichkeits- und Komfortstandards. Im Sinne der Nachhaltigkeitsziele gilt es hierbei nicht unbedingt die maximale Behaglichkeit, sondern das „optimale Minimum“ anzustreben.

Energie (Kapitel A–E.2)

Energieoptimierte Gebäude, die sich auf Basis des lokalen Energieangebots versorgen, erfordern eine differenzierte Betrachtung der Anforderungen und Ziele sowie eine Analyse der Energiepotenziale. Frühzeitig sind alle energetisch relevanten Entwurfsaspekte in einem Energiekonzept zusammenzufassen, denn es bildet eine wesentliche Grundlage für die Realisierung nachhaltiger Gebäude. Im interdisziplinären Planungsprozess sind die Aspekte und Schnittstellen zur Bauphysik und zur technischen Gebäudeausrüstung zu beachten, teilweise auch zur Tragwerksplanung und zur Planung der Freian-

lagen. Ob es gelingt, eine überzeugende sinnliche und emotionale Präsenz solaraktiver Gebäudehüllen zu entwickeln, wird auf die gesellschaftliche Akzeptanz der Energiewende und die baukulturelle Vielfalt entscheidenden Einfluss ausüben.

Material (Kapitel A–E.3)

Die Baustoffwahl zählt zu den Kernaufgaben von Architekten, Innen- und Landschaftsarchitekten. Zunehmend gewinnen dabei neben funktionalen und gestalterischen Kriterien auch nachhaltigkeitsbezogene Aspekte an Bedeutung. Die Bauökologie thematisiert die Ressourcennutzung und die Umweltwirkungen des Bauens über den Lebenszyklus und verwendet hierfür Ökobilanzen (Life Cycle Assessment – LCA). Ein ressourceneffizientes Gebäude gewährleistet zudem einen geringen Instandhaltungs- und Reinigungsaufwand, den Um- und Rückbau mit Rückführung der Baustoffe in den Materialkreislauf sowie eine reduzierte Belastung lokaler Ressourcen wie Wasser.

Schadstoffe (Kapitel A–E.4)

Die sorgsame Auswahl schadstoff- und emissionsarmer Baustoffe trägt wesentlich dazu bei, die Behaglichkeit in Innenräumen für die Nutzer, den Gesundheitsschutz sowie den Schutz der lokalen Umwelt sicherzustellen. Infolge des verstärkten Bedürfnisses nach gesunden Lebensverhältnissen bedarf es Methoden zur Integration der Anforderungen in den Planungsprozess sowie neuartiger Bearbeitungsschritte.

Wirtschaftlichkeit (Kapitel A–E.5)

Oftmals wird beim Bauen der Begriff Wirtschaftlichkeit auf die Herstellungskosten reduziert. Weitsichtige Bauherren sind sich hingegen bewusst, dass Entscheidungen, die in der Planungsphase getroffen werden, über Auswirkungen auf die Kosten während der gesamten Nutzungsdauer verfügen. Die Lebenszykluskostenberechnung (Life Cycle Costing – LCC) ermöglicht die umfassende Betrachtung und Optimierung der Summe aller Kosten für die Errichtung, Nutzung und Entsorgung des Gebäudes.

Kosten von Umweltschäden – z. B. durch CO₂-Emissionen – gehen aktuell nicht zulasten der Verursacher, sind jedoch von großer gesamtgesellschaftlicher Relevanz. Hier sind Politik und Gesetzgebung gefordert, einen Wandel der Strukturen herbeizuführen und die „Schadenskosten“ in volkswirtschaftliche Betrachtungen einzubeziehen. Förderprogramme für nachhaltiges Bauen würden sich dann erübrigen.

Unser Berufsstand ist mit der progressiven Fähigkeit zur Ermöglichung eines anderen Lebens ausgestattet. Der Architekt und Vordenker Manfred Hegger bemerkte hierzu: „Die Aufgabe ist keine geringere, als die materielle Grundlage unserer Zivilisation umzugestalten. Die große Barriere liegt in unseren Köpfen – wir können uns eine nachhaltige Zukunft, nachhaltiges Bauen für die Zukunft noch nicht vorstellen. Auf einem Planeten mit viel Armut ist der Mangel an Vorstellungskraft die größte Armut. An diese Armut dürfen wir uns nicht gewöhnen. Architekten, Planer und Ingenieure haben beste Voraussetzungen, die Bausteine einer nachhaltigen, besseren Zukunft zu entwickeln, zu visualisieren und in den großen, globalen Zusammenhang zu stellen, nicht als Tagträumerei, sondern wie Städte und Häuser als Ganzes sowie im Detail aussehen könnten.“ [4]

Anmerkungen:

[1] Peter Steiger: Der kritische Weg zur nachhaltigen Bauweise. In: Baustoff Atlas, München 2005

[2] Wolfgang Sachs: <http://magazin.cultura21.de/perspektiven/denkanstoesse/mas-voll-leben.html>

[3] BNP Paribas Real Estate: http://www.realestate.bnpparibas.de/bnppre/de/research/investments-green-buildings-weiterhin-top-2017-p_1681422.html

[4] Manfred Hegger: Die Dinge richtig tun – über Effizienz und Nachhaltigkeit. In: Energie Atlas, München 2007

energieeffizient und nachhaltig

Beratungsstelle
Energieeffizienz und
Nachhaltigkeit
Bayerische
Architektenkammer



Zukunftsfähig
planen und bauen –
wir beraten
Sie kostenfrei!

www.ben-byak.de

Wann ist ein Haus nachhaltig? Das ist leichter gefragt als beantwortet. Denn die Planung und Realisierung eines Gebäudes ist komplex. Dabei stellen die richtigen Fragen und Antworten zu Beginn eines Bauprozesses die Weichen für ein zukunftsfähiges Gebäude: bezahlbar, gesund, langlebig, umweltverträglich und ein Gewinn für alle.

Die Bayerische Architektenkammer fördert mit der Beratungsstelle Energieeffizienz und Nachhaltigkeit (BEN) die Sensibilisierung, Wissensvermittlung und Anregung zur Realisierung zukunftsfähiger Gebäude und Städte. Mit der Unterstützung des „Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr“ wurde die BEN 2016 mit den ersten Standorten in München und Nürnberg eingerichtet.

An wen richtet sich das Beratungsangebot?

Die kostenfreie Erstberatung zur Energieeffizienz und Nachhaltigkeit kann jeder in Anspruch nehmen. Sie richtet sich u. a. an:

- private und öffentliche Bauherren
- Investoren, Wohnungswirtschaft, Eigentümer
- Architekten, Innenarchitekten
- Handwerker und Ingenieure
- Städte, Kommunen, Kirchengemeinden, Verwaltungen

Neutralität und Ganzheitlichkeit

Eine entscheidende Qualität der BEN ist der Blick auf das Ganze. Nicht einzelne Interessen und Details, sondern ein umfassendes Verständnis für alle Belange der Energieeffizienz und Nachhaltigkeit ist Grundlage ihrer Beratungen. Die freiberuflich tätigen Beraterinnen und Berater handeln strikt neutral und unabhängig von wirtschaftlichen Interessen.

Leistungen der BEN

Die BEN bietet persönliche Erstberatungen rund um das Thema nachhaltiges, energieeffizientes Bauen an. Das Beratungsangebot reicht von der Beantwortung allgemeiner Fra-

gen zu den übergeordneten Themen, von der Klärung von Detailfragen durch Architekten und Fachleute bis hin zu Vorträgen und Schulungen mit Multiplikatorenwirkung. Inhalte einer Erstberatung können sein:

- Herangehensweise und fachliche Ersteinschätzung eines zukunftsfähigen Projektes
- Aufzeigen von projektbezogenem Potenzial
- Erläuterungen zu Lebenszyklusbetrachtungen und Ökobilanzierung
- Evaluieren der Wirtschaftlichkeit von energetischen Maßnahmen
- Beratung zu Fördermöglichkeiten
- zukunftsfähige Raum- und Wohnkonzepte
- Klärung von Fragen zur Behaglichkeit und Bauphysik wie z. B. technische Ausrüstung Schallschutz, Lüftung, Wärmeschutz, etc.
- Vernetzung mit weiteren Experten, Ansprechpartnern und Fachplanern

Schwerpunktberatung ökologische Materialwahl

Ökologische Materialkonzepte sind für ein nachhaltiges Bauvorhaben unerlässlich und bedürfen einer fundierten Herangehensweise, Planung und Ausschreibung. Die BEN bietet Beratungen zur ökologischen Materialwahl, zur Auswahl und Beurteilung von Bauprodukten gemäß ihrer Umwelt- und Ressourcenschonung sowie ihrer technischen Eigenschaften, Schadstoffarmut und Lebensdauer.

Weitere Informationen, Standorte und Termine

In München und Nürnberg finden regelmäßig offene Erstberatungen statt. Interessierte können ihre Anfragen über das Kontaktformular auf der Homepage oder telefonisch an die BEN richten. Die Berater werden sich anschließend mit den Ratsuchenden in Verbindung setzen, um einen Termin zu vereinbaren und die zur Beratung nötigen Unterlagen zu eruieren. Alle Informationen rund um die BEN gibt es hier:

www.byak-ben.de

ben@byak.de

Beratungstelefon: 089 139880 88

Nachhaltiges Bauen erfordert sowohl bei zertifizierten wie nicht zertifizierten Projekten erhöhte Aufwendungen in der Planung, Optimierung, Abstimmung und Dokumentation über alle Leistungsphasen und für alle Projektbeteiligten. Die HOAI kennt allerdings kein eigenes Leistungsbild „nachhaltiges Bauen“. Um die Leistungen entsprechend abschätzen und in eine Honorierung einbinden zu können, sollte daher der Angebotserstellung vor Projektbeginn eine gründliche Analyse und realistische Einschätzung des zu erwartenden Planungs- und Bauleitungsaufwands hinsichtlich der Nachhaltigkeit vorangehen. Die Bandbreite der möglichen Maßnahmen, die zu einem nachhaltigen Gebäude führen, wird in dieser Publikation beschrieben. Jedes nachhaltige Projekt beinhaltet eine individuelle Herangehensweise, eine projektbezogene Auswahl der Aufgaben und Ziele sowie den daraus resultierenden Arbeitsaufwand. Es gilt den Aufwand bezüglich der Leistungsbereiche und der anfallenden Kosten zu benennen und in die Struktur der HOAI einzuordnen. An den Bauherrn sollten der Umfang und die Abrechnung der Leistungen gemäß der HOAI kommuniziert werden, ebenso die Angabe weiterer zusätzlicher Aufwendungen, die ggf. zu einem späteren Zeitpunkt erst absehbar sein werden und pauschal oder nach Stundenaufwand abgerechnet werden können.

Die Planungsleistungen mit einem besonderen Schwerpunkt auf Nachhaltigkeit sollten sich grundsätzlich in das bekannte Leistungsbild der Objektplanung Gebäude nach § 34 HOAI einfügen. Die besonderen Anforderungen an die Gebäudeplanung sollten aber Einfluss auf die Zuordnung der Honorarzone nehmen, wobei die festgeschriebenen Sätze der HOAI nicht weiter zu verhandeln sind. So kann z. B. die Planung eines Passivhausstandards aufgrund der besonderen konstruktiven Anforderungen und technischen Ausrüstung eine überdurchschnittliche Planungsaufgabe darstellen (§§ 5, 35 Abs. 2 HOAI). Die ggf. notwendige Einbindung von weiteren Fachplanern und die damit verbundenen Abstimmungsprozesse korrespondieren wiederum mit einem erheblichen Aufwand, der mit einem Honorar nach HOAI Mindest- bis Höchstsatz ggf. nicht abgedeckt ist. Zusätzliche Honoraraufwendungen einer nachhaltigen Planung und Umsetzung können daher in verschiedene Bereiche eingegliedert werden, wie Grund- und Teilleistungen (§§ 7, 34 HOAI), Nebenkosten (§ 14 HOAI), pauschale Leistungen oder in den Umbauszuschlag (§ 36 HOAI) sofern es sich um ein Bestandsgebäude handelt.

Neben den verpreisten Grundleistungen kommen insbesondere beim nachhaltigen Bauen verschiedene „besondere Leistungen“ in Betracht. Diese sind je nach Bedarf gesondert und gemessen am Umfang sowie bezüglich der Honorierung – frei zu vereinbaren und nach Stundensätzen oder pauschal abzurechnen. Dazu zählen z. B. Ökobilanzierung (S. 86, B.3.1 Ökobilanzierung initiieren), Lebenszykluskostenberechnung (S. 104, B.5.1 Lebenszykluskosten berechnen), Nutzerhandbuch (S. 174, E.1.1 Nutzer informieren und motivieren) und Raumluftmessung (S. 168, D.4.2 Schadstoffarme Umsetzung dokumentieren), ggf. im Zusammenhang mit einer Zertifizierung, z. B. DGNB (S. 190, Bewertungs- und Zertifizierungssysteme). Der Ausschuss der Verbände und Kammern der Ingenieure und Architekten für die Honorarordnung e.V. (AHO, www.aho.de) erstellt u. a. Informationsbroschüren zum Leistungsbild und der Honorierung nach HOAI (z. B. Nr. 33 „Leistungen für Nachhaltigkeitszertifizierung“, Nr. 23 „Wärmeschutz und Energiebilanzierung“).

2



Nachhaltigkeit gestalten – nach Planungsphasen

A

Projektvorbereitung

Nachhaltiges Bauen ist eine gemeinsame Aufgabe für Bauherren, Architekten, Innenarchitekten, Landschaftsarchitekten und Stadtplaner sowie ausführende Unternehmen. Es ist aber maßgeblich der Bauherr, der mit der Formulierung des Nachhaltigkeitsanspruchs zu Projektbeginn über entscheidenden Einfluss auf das Ergebnis verfügt. Der Planer kann schon zu diesem Zeitpunkt die Zielfindung unterstützen, um gemeinsam mit den weiteren Beteiligten auf dieser Grundlage eine erfolgreiche Projektbearbeitung zu ermöglichen.

Diese Kultur des Planens, die Abstimmung der Ansprüche mit der Herangehensweise sowie der Kenntnisse und Erfahrungen aller Projektbeteiligten ebnet den Weg, der zu einem zukunftsweisen Ergebnis führt. Dabei wird die Relevanz einer systematischen Projektvorbereitung schon allein daraus ersichtlich, dass nach dem Baukulturbericht 2014/15 in Deutschland 12% des Umsatzes der Baubranche auf Fehlerkosten basieren. Viele dieser Fehlplanungen ließen sich durch eine eindeutige Definition der tatsächlichen Aufgabenstellung vermeiden.

Nachhaltiges Bauen bildet inzwischen den Stand der Technik ab. Die frühzeitige Ausrichtung des Projektes unter Nachhaltigkeitsqualitäten und deren konsequente Umsetzung in den anschließenden Projektphasen erzielen gleichzeitig niedrige Lebenszykluskosten und einen langfristigen Mehrwehrt.



24 A.1 Bedarfsoptimierung vorsehen

- 24 A.1.1 Bedarfsplanung durchführen
- 27 A.1.2 Zielvereinbarung fixieren
- 27 A.1.3 Integrale Planung initiieren
- 30 **Suffizienz**



31 A.2 Energieoptimierung planen

- 31 A.2.1 Anforderungen klären
- 32 A.2.2 Standortspezifische Energiepotenziale analysieren
- 33 A.2.3 Energetische Ziele definieren
- 34 **Energiestandard**



38 A.3 Ressourcenreduktion anlegen

- 38 A.3.1 Baubedarf und Flächennutzung optimieren
- 39 A.3.2 Anforderungen an die Ressourceneinsparung festlegen
- 39 A.3.3 Lokale Ressourcen schützen



41 A.4 Schadstoffarmut vorbereiten

- 41 A.4.1 Immission am Standort überprüfen
- 41 A.4.2 Belastungen im Bestand untersuchen
- 42 A.4.3 Anforderungen an die Schadstoffarmut definieren



44 A.5 Lebenszyklusorientierte Kostenbetrachtung verankern

- 45 A.5.1 Bedarfsplanung auf Lebenszykluskosten ausrichten
- 46 A.5.2 Wertstabilität sichern
- 47 A.5.3 Ergänzende Finanzmittel identifizieren
- 48 **Nachhaltigkeitsorientierte Architektenwettbewerbe**



Eine qualitativ hochwertige Projektvorbereitung bildet die Grundvoraussetzung für nachhaltiges Planen und Bauen. Hierzu zählt die methodische Ermittlung der Bedürfnisse von Bauherren und Nutzern mittels einer Bedarfsplanung (Pkt. A.1.1). Auf dieser Basis fixieren Zielvereinbarungen wesentliche Leitsätze und Anforderungen an die jeweilige Bauaufgabe (Pkt. A.1.2). Darüber hinaus gewährleistet die integrale Planung eine ganzheitliche Betrachtung unter Einbeziehung aller Beteiligten und ihrer Belange (Pkt. A.1.3).

A.1.1 Bedarfsplanung durchführen

Wenn Entwerfen das Lösen von Aufgaben bedeutet, dann befasst sich die Bedarfsplanung mit der Bestimmung der Aufgabenstellung. Die Bedarfsplanung – oftmals auch als „Leistungsphase Null“ (LPH 0) bezeichnet – steht vor der Problematik, dass die richtungsentscheidenden Projektphasen (d. h. LPH 0 und 1) bisher nur mit einem zu geringen Honorarvolumen ausgestattet sind. Zudem ist die anzuwendende DIN 18205 zur „Bedarfsplanung im Bauwesen“ kaum bekannt.

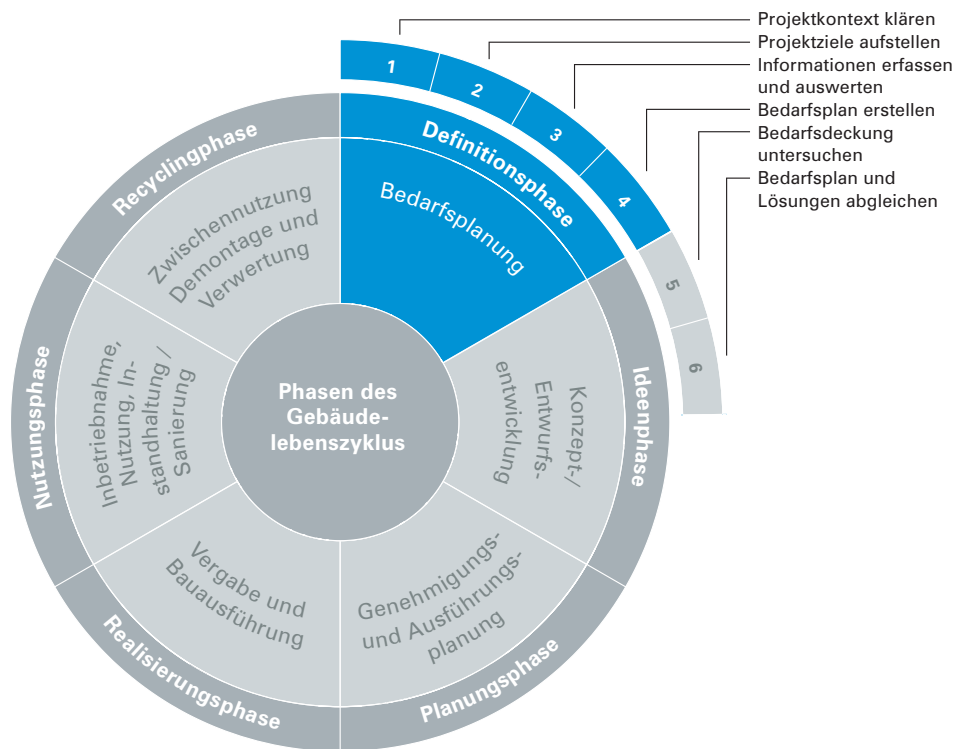


Abb. A.1.1: Bedarfsplanung im Kontext des Gebäudelebenszyklus (nach DIN 18205)

Bedarfsplanung als Zusatzleistung

Die HOAI 2013 stellte erstmals konkrete Bezüge zwischen den Leistungen von Bauherren und Planern, auch als Grundlage für die Planerverträge her. Sie definiert als Leistungsbild für die LPH 1 „Grundlagenermittlung“: „Klären der Aufgabenstellung auf Grundlage der Vorgaben oder der Bedarfsplanung des Auftraggebers“. Demnach ist die Bedarfsplanung nicht durch die Grundleistungen des Architekten abgedeckt, sondern sie stellt eine Zusatzleistung dar.



Bedarfsplanung im Bauwesen nach DIN 18205

Die überarbeitete DIN 18205 wurde 2016 vom Normenausschuss verabschiedet und trägt dazu bei, die Bedürfnisse, Anforderungen und Ziele des Bauherrn, der Nutzer und der Betreiber zum frühestmöglichen Zeitpunkt zusammenzustellen. Die Bedarfsplanung sieht zunächst vier Teilschritte vor (Abb. A.1.1):

- Projekt erfassen, Bauherrn, Auftraggeber oder Nutzer verstehen, Beteiligte der Bedarfsplanung ermitteln und Ablauf festlegen
- funktionale, technische und soziokulturelle Ziele klären, ökonomische und zeitliche Ziele setzen, ökologische Ziele formulieren
- Fakten sammeln und analysieren, qualitative und quantitative Bedarfsangaben aufnehmen und analysieren
- Inhalte und Prozesse dokumentieren, abgestimmten Bedarfsplan vereinbaren und kommunizieren

In der Norm wird darauf hingewiesen, dass die Analyse ergebnisoffen zu führen ist und – z. B. bei mangelnder Wirtschaftlichkeit – nicht zwangsläufig in der Errichtung eines neuen Bauwerks mündet (S. 45, Untersuchung verschiedener Beschaffungsvarianten). Im Idealfall führt die Bedarfsplanung zu verschiedenen Lösungsansätzen. Dabei ist es wichtig, die Unterscheidung zwischen „Ziel“ und „Weg-zum-Ziel“ zu beachten. Auch während der anschließenden Entwurfsphase sollte eine Variantenuntersuchung in Bezug auf die Bedarfsdeckung erfolgen und die Entwurfsansätze sollten kontinuierlich mit den ursprünglichen Zielen abgeglichen werden.

„Große Bedarfsplanung“ nach BNB

Damit sich Bedarfsplanung zukünftig als selbstverständliche Voraussetzung etabliert, sind praktikable und aufgabenspezifische Vorgehensweisen zu entwickeln. DIN 18205 trifft jedoch keine Festlegungen über Methoden oder Verfahren. Eine Alternative zur Norm bietet beispielsweise die „Große Bedarfsplanung“ nach dem Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) für Bundesgebäude (S. 190, Bewertungs- und Zertifizierungssysteme). Die in Abb. A.1.2 dargestellten elf Themenblöcke der BNB-Bedarfsplanung ermöglichen insbesondere eine Vertiefung der Nachhaltigkeitszielsetzungen.

1 DIN 18205 „Bedarfsplanung im Bauwesen“

Projektkontext klären

Projektziele aufstellen

Informationen erfassen und auswerten

Bedarfsplan erstellen

1 BNB Kriterium 5.1.1 „Projektvorbereitung“

Themenblock	Erläuterung
Bedarfsbeschreibung	Hauptziele des Projektes, Aufgaben des Bedarfsplans, Größe, Qualität, Finanzrahmen, Zeitrahmen, gegenwärtiger Planungsstand des Projektes, zukünftige Veränderungen
finanzieller und zeitlicher Rahmen	Terminplan, Budgets, Kosten, finanzielle und zeitliche Risiken
Prioritäten	Wertschöpfung, Zeit, Kosten, Qualität
Grundstück und Umgebung	Zugang, Verkehr, Parken
die Beteiligten	Einbindung von Bauherr, Bewohner bzw. Nutzer, Projektmanager und Verwalter, Berater für die Bedarfsplanung, Planer, Gutachter, andere Berater, Baufirmen
Partizipation	Nutzerbeteiligung, Öffentlichkeitsbeteiligung
Wirkungen auf Nutzer bzw. auf die Öffentlichkeit	Angemessenheit von Räumen und Systemen, Sicherheit, Komfort, Gesundheit, Ästhetik, Erscheinung
Wirkungen auf die Umwelt	Ökologie, Kontrolle unerwünschter Nebenwirkungen
das Gebäude als Ganzes	Eigenschaften des Baukörpers, Abmessungen, Volumen, Zahl der Geschosse, Bauabschnitte, Energie, Flexibilität für zukünftige Nutzungen
Barrierefreiheit	behindertengerechter Zugang, Ausstattung, Arbeitsplätze
Einzelräume	Raumbedarfsplan mit qualitativen Bedarfsanforderungen, Flächenverhältnis NF/BGF als Orientierungswert, Anforderungen an einzelne Räume zu ausgewählten Merkmalen (z. B. räumliche Veränderbarkeit, Raumhöhe, Licht, Beleuchtung, Raumklima, Oberflächen, Belastungen von Decken)

Abb. A.1.2: BNB Kriterium 5.1.1 „Projektvorbereitung“, Anlage 1c, Prüfliste für eine große Bedarfsplanung



Bereich / Thema	Kriterium	Zielvereinbarung
GESELLSCHAFT		
Gemeinschaft	Integration, Durchmischung	optimale Voraussetzungen für soziale, kulturelle und altersmäßige Integration und Durchmischung schaffen
	soziale Kontakte	kommunikationsfördernde Begegnungsorte schaffen
	Solidarität, Gerechtigkeit	Unterstützung benachteiligter Personen
	Partizipation	hohes Maß an Akzeptanz durch Partizipation
Gestaltung	räumliche Identität, Wiedererkennung	Orientierung und räumliche Identität durch Wiedererkennung
	individuelle Gestaltung, Personalisierung	hohes Maß an Identifikation durch persönliche Gestaltungsmöglichkeiten
Nutzung, Erschließung	Grundversorgung, Nutzungsmischung	kurze Distanzen, attraktive Nutzungsmischung im Quartier
	Langsamverkehr und öffentlicher Verkehr	gute und sichere Erreichbarkeit und Vernetzung
	Zugänglichkeit und Nutzbarkeit für alle	Gebäude und Umgebung behindertengerecht gestalten
Wohlbefinden, Gesundheit	Sicherheit	hohes Sicherheitsempfinden, Verminderung der Gefahrenpotenziale
	Licht	optimierte Tageslichtverhältnisse, gute Beleuchtung
	Raumluft	geringe Belastung der Raumluft durch Allergene und Schadstoffe
	Strahlung	geringe Immissionen durch ionisierende und nichtionisierende Strahlung
	sommerlicher Wärmeschutz	hohe Behaglichkeit durch guten sommerlichen Wärmeschutz
	Lärm, Erschütterungen	geringe Immissionen durch Lärm und Erschütterungen
WIRTSCHAFT		
Gebäude-substanz	Standort	eine langfristige, dem Standort adäquate wirtschaftliche Nutzung gewährleisten
	Bausubstanz	Erreichen einer auf die Lebensdauer bezogenen Wert- und Qualitätsbeständigkeit
Anlagenkosten	Gebäudestruktur, Ausbau	hohe Flexibilität für verschiedene Raum- und Nutzungsbedürfnisse
	Lebenszykluskosten	Investitionen unter Berücksichtigung der Lebenszykluskosten tätigen
	Finanzierung	langfristig gesicherte Finanzierung von Anlage-, Instandsetzungs- und Rückbaukosten
	externe Kosten	Minimierung und Internalisierung der externen Kosten
Betriebs- und Unterhaltskosten	Betrieb und Instandhaltung	niedrige Instandhaltungskosten durch frühzeitige Planung und kontinuierliche Maßnahmen
	Instandsetzung	niedrige Instandsetzungskosten durch Zugänglichkeit und Qualität gewährleisten
UMWELT		
Baustoffe	Rohstoffe: Verfügbarkeit	gut verfügbare Primärrohstoffe und hoher Anteil an Sekundärrohstoffen
	Umweltbelastung	geringe Umweltbelastung bei der Herstellung
	Schadstoffe	wenig Schadstoffe in Baustoffen
	Rückbau	einfach trennbare Verbundstoffe und Konstruktionen zur Wiederverwendung bzw. -verwertung
Betriebsenergie	Wärme (Kälte) für Raumklima	geringer Heizwärme- und Heizenergiebedarf durch bauliche und haustechnische Vorkehrungen
	Wärme für Warmwasser	geringer Wärme- und Energiebedarf für Warmwasser durch bauliche und technische Vorkehrungen
	Elektrizität	geringer Elektrizitätsbedarf durch konzeptionelle und betriebliche Maßnahmen
	Deckung Energiebedarf	großer Anteil an erneuerbarer Energie
Boden, Landschaft	Grundstücksfläche	geringer Bedarf an Grundstücksfläche
	Freianlagen	große Artenvielfalt
Infrastruktur	Mobilität	umweltverträgliche Abwicklung der Mobilität
	Abfälle aus Betrieb / Nutzung	gute Infrastruktur für Abfalltrennung
	Wasser	geringer Trinkwasserverbrauch und geringe Abwassermengen

Abb. A.1.3: Zielvereinbarung nach „Empfehlungen SIA 112/1 Nachhaltiges Bauen – Hochbau“



A.1.2 Zielvereinbarung fixieren

Eine gemeinsam zu erarbeitende Zielvereinbarung dient der nachhaltigkeitsorientierten Planung. Sie formuliert Planungsleitsätze, fixiert konkrete (Teil-) Ziele und bildet die Grundlage, um die erforderlichen Planungsleistungen festzulegen. Anstelle vage formulierter Nutzer- oder Bauherrenwünsche bilden Benchmarks die Anforderungen in einer Zielvereinbarungstabelle konkret ab.

Zielvereinbarung nach LNB

Der Leitfaden Nachhaltiges Bauen (LNB) des früheren Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) empfiehlt, für die wesentlichen Planungsziele bzw. Nachhaltigkeitskriterien jeweils folgende Festlegungen zu treffen:

- Zielvereinbarung: Zielwerte bzw. Benchmarks/erforderliche Leistungen, Maßnahmen oder Methoden/erforderliche Dokumente/Termine
- Zuständigkeiten: Bauherr/Planer/Berater etc.

Erst die detaillierte Festschreibung der prägenden Planungsaspekte ermöglicht es, deren Einhaltung in den einzelnen Leistungsphasen zu überprüfen, ggf. nachzusteuern und letztlich umzusetzen.

Zielvereinbarung nach SIA

Als vergleichbarer Ansatz ist in Abb. A.1.3 die „Empfehlung SIA 112/1, Nachhaltiges Bauen – Hochbau“ des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA) dargestellt. Das Instrument wurde speziell zur Verständigung zwischen Bauherren und Planenden bei der Bestellung und Erbringung von Planerleistungen entwickelt.

Den Zieldimensionen des deutschen Drei-Säulen-Modells (d. h. Ökologie, Wirtschaft, Soziales) entsprechen die drei Bereiche Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft, die hier in mehrere Themen untergliedert und denen mehrere Kriterien zugeordnet sind. Die Kriterien sind zunächst im Sinne einer Zielvereinbarung auszuwählen, anschließend werden Maßnahmen für die weitere Umsetzung aufgezeigt.

A.1.3 Integrale Planung initiieren

Integrale Planung (lat. integer: ein Ganzes bildend, vollständig) bedeutet, den Planungsprozess auf eine ganzheitliche Betrachtung auszurichten und dabei alle Beteiligten und ihre Belange einzubeziehen.

Interdisziplinäres Projektteam

Architektur, Tragwerk, Gebäudetechnik etc. sind über vielfältige Abhängigkeiten miteinander verwoben. Um Synergien einzelner Anforderungen und Planungsaspekte frühzeitig zu erkennen und aufeinander abzustimmen, reicht es nicht aus, Raumklima, Energie und Masse als rein physikalische Größen zu betrachten: Sie stellen vielmehr Dimensionen dar, die im Zusammenhang mit den klassischen Mitteln der Architektur (z. B. Form, Material, Transparenz) zu gestalten sind. Integrale Planung erfordert eine frühzeitige Vertragsbindung der Akteure. Insbesondere die ganzheitliche Lösung von Nachhaltigkeitsanforderungen gelingt wirksam nur in den ersten Planungsphasen. Sie ist ein arbeitsteiliger, sozialer Prozess und berücksichtigt folgende Voraussetzungen:

- Ein interdisziplinäres Team, bestehend aus allen Experten der für das Projekt erforderlichen Disziplinen, arbeitet in enger Abstimmung zusammen.
- Die Koordination des Planerteams erfolgt durch einen interdisziplinär erfahrenen Fachmann, im Regelfall durch den Architekten, Innen-, Landschaftsarchitekten oder Stadtplaner.

i Leitfaden Nachhaltiges Bauen Anlage B.1.1 „Zielvereinbarungstabelle“

i www.sia.ch

frühzeitige Vertragsbindung der erforderlichen Planer

- Die beteiligten Experten sind in der Regel eingetragene Mitglieder einer Architekten- oder Ingenieurkammer.
- Das Projektteam verfügt im Bereich Nachhaltiges Bauen über ausgewiesene Expertise (z. B. Weiterbildungen oder Referenzprojekte).

Öffentlichkeitsbeteiligung

Bürgerinnen und Bürger wollen und sollen sich nicht nur über die Zukunft ihrer gebauten Lebensräume informieren, sondern sich bei Beteiligungsverfahren aktiv in den Planungsprozess größerer Bauvorhaben einbringen. Mittlerweile gelten Partizipation und Öffentlichkeitsbeteiligung als wichtige Faktoren zur Erhöhung der Akzeptanz und Zufriedenheit. Teilhabe kann auch zur Verringerung von Konflikten, Restriktionen und letztlich von Zeitverzögerungen oder Mehrkosten beitragen. Dabei lassen sich bei der Einbeziehung der Öffentlichkeit verschiedene Grade der Beteiligung und Mitwirkung unterscheiden:

- Information – verfügt über den geringsten Grad der Einflussnahme und bildet die Grundlage für Partizipation.
- Konsultation – ermöglicht den Beteiligten ihre Meinung zu äußern und Ideen zum geplanten Vorhaben einzubringen.
- Mitgestaltung – umfasst kreative Workshopformate zur Erarbeitung von gemeinsamen Lösungsvorschlägen.
- Mitentscheidung – bindet die Akteure beispielsweise über ein Beteiligungsgremium in die Entscheidungsprozesse ein.

i www.partizipation.at
„Das Handbuch
Öffentlichkeitsbeteiligung“

Beteiligungsangebote
und Planungsprozess
synchronisieren

Für bestimmte Vorhaben ist eine formelle Öffentlichkeitsbeteiligung vorgegeben und der Ablauf bzw. Umgang mit den Ergebnissen gesetzlich geregelt. Freiwillige, informelle Verfahren lassen sich hingegen unterschiedlich ausgestalten (Abb. A.1.4). Nicht alle Fragen sind dabei „beteiligungsgerecht“ – aus fachlicher Sicht gilt es die erforderlichen Themen zu definieren und die Beteiligungsangebote mit dem Entscheidungs- und Planungsprozess zu synchronisieren.

Nutzer-Partizipation

Nutzer sind die Experten ihres Alltags. Ihre Wünsche an die gebaute Umwelt und ihre Raumanforderungen sollten als Planungsgrundlage aufgefasst werden – nicht als Störung der „reinen“ Entwurfsidee – und als Potenzial in die Gestaltung einfließen. Analog zur Öffentlichkeitsbeteiligung werden bei der Nutzer-Partizipation die Grade der Beteiligung in informative, konsultative und kooperative Mitwirkung untergliedert.

klassische Nutzerprofile vs.
Zielgruppenmodelle

i BBR-Schlussbericht
„fertighauscity5+ – Typologische
und technische Untersuchung
zu mehrgeschossigen
Holzbauweisen“

i BMBF-Schlussbericht
„Ecobiente: Nachhaltige Güter
erfolgreicher gestalten“

Falls der zukünftige Nutzer noch nicht feststeht, werden im Wohnungsbau oftmals fiktive Nutzerprofile definiert, um ein möglichst breites Spektrum potenzieller Bewohner anzusprechen. Bei den klassischen Nutzerprofilen stehen dabei die Bewohneranzahl (Single, Paare, Familie etc.) sowie die resultierenden Raumanforderungen (Wohnungsgröße, Grundriss und ggf. Ausstattungsdetails) im Vordergrund. Zielgruppenmodelle erfassen darüber hinaus „weiche“ Faktoren (z. B. Haltung zu Ökologie bzw. erneuerbaren Energien, Bereitschaft für Baugruppenprozesse etc.) und können nochmals vermehrt dazu beitragen, vielfältige Wohnformen und Lebensstile umzusetzen. Das Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) hat im Rahmen des Forschungsprojektes „Ecobiente“ hierzu sieben Zielgruppen (die Arrivierten, die Konventionellen, die Authentischen, die Ambitionierten, die Selbstbestimmten, die Trendigen, die Hyper) für nachhaltiges und ökologisches Bauen entwickelt.

Methode/ Erläuterung

Anlass/ Eignung

Bürgerversammlung

Eine Bürgerversammlung bietet die Möglichkeit, Interessierte und Betroffene über ein Vorhaben zu informieren und die Aspekte des Vorhabens öffentlich zu erörtern.

- zur Information der Öffentlichkeit über ein geplantes Projekt oder eine Planung auf kommunaler Ebene, wenn Meinungen und Vorschläge von Bürgern eingeholt werden sollen

■ ■

Aktivierende Befragung

In einer Aktivierenden Befragung werden Bürger nach ihren Meinungen und Einstellungen gefragt und gleichzeitig dazu angeregt und ermutigt, für ihre Interessen einzutreten und bei der Entwicklung von Lösungen in ihrem Wohnumfeld mitzuwirken.

- um Interessen und Bedürfnisse von Menschen in einem bestimmten Wohngebiet kennenzulernen
- zur Förderung des selbstbestimmten Engagements von Bürgern

■

Internet-Forum

Online-Diskussionsplattformen ermöglichen Bürgern sich zu einem bestimmten Thema schriftlich zu äußern und mit anderen zu diskutieren.

- als zusätzliches Informations- und Kommunikationsangebot für Bürger unabhängig von Ort und Zeit
- zur Erkundung der öffentlichen Meinung zu einem bestimmten Thema oder Vorhaben

■

Konsensus-Konferenz

Bei einer Konsensus-Konferenz erarbeiten ausgewählte heterogen zusammengesetzte Bürgergruppen in intensivem Dialog mit Experten eine Antwort auf eine politisch oder gesellschaftlich kontrovers diskutierte Frage.

- für die Bearbeitung brisanter Themen durch interessierte Laien mit Unterstützung durch Experten
- Einholen der öffentlichen Meinung zu einer bestimmten Fragestellung

■ ■

Open Space Konferenz

Bei einer Open Space Konferenz (open space = engl. für offener Raum) gibt es ein Leitthema, aber keine festgelegten Referenten oder vorbereiteten Arbeitsgruppen. Die Teilnehmer bestimmen selbst, wer wie lange zu welchen Themen arbeiten will.

- wenn es darum geht, mit einer großen Zahl an Beteiligten komplexe Fragestellungen zu bearbeiten
- als Initialzündung für ein Vorhaben, das mit einer Ideensammlung auf breiter Basis beginnen soll

■ ■

Mediation

Eine Mediation (= Vermittlung) ist ein freiwilliges, klar strukturiertes Verfahren, bei dem die von einem Konflikt Betroffenen gemeinsam nach einer dauerhaften Lösung suchen und dabei von professionellen Mediatoren unterstützt werden.

- bei latenten oder offenen Konflikten bei konkreten Planungsverfahren und Problemstellungen
- um Konfliktparteien zu unterstützen, die eine einvernehmliche Konfliktlösung erzielen wollen

■

Planungszelle

In einer Planungszelle erstellen zufällig ausgewählte, nicht organisierte Bürger zu einer bestimmten Fragestellung ein „Bürgergutachten“, das auf ihren eigenen Erfahrungen und ihrem Wissen basiert. In Fachfragen werden sie dabei von Experten unterstützt.

- für Planungsaufgaben auf lokaler und regionaler Ebene, Entwicklung von Konzepten
- wenn die ausgewogene Teilnahme von VertreterInnen möglichst aller Bevölkerungsgruppen gewährleistet sein soll
- wenn Alltagswissen der Betroffenen und Expertenwissen einander ergänzen sollen

■

Runder Tisch

An einem Runden Tisch diskutieren Vertreter der von einem Vorhaben betroffenen Interessengruppen gleichberechtigt ein Sachproblem und versuchen eine gemeinsame Lösung zu finden.

- zur Klärung kontrovers diskutierter Fragen mit unterschiedlichen Interessenvertretern
- wenn sich bereits Konflikte abzeichnen

■

Zukunftswerkstatt

In einer Zukunftswerkstatt werden die Teilnehmer durch eine kreativitätsfördernde Atmosphäre angeregt, fantasievolle und ungewöhnliche Lösungen für aktuelle Fragestellungen zu entwickeln.

- wenn Visionen entwickelt werden sollen, z. B. bei der Erstellung von Leitbildern, Entwicklungsszenarien, Zukunftsprojekten, etc.

■

Zukunftskonferenz

Bei einer Zukunftskonferenz erarbeiten ausgewählte Teilnehmer aller betroffenen Interessengruppen nach einem festgelegten Ablaufschema Maßnahmen- und Aktionspläne.

- bei langfristigen Planungen und Projekten auf kommunaler Ebene oder in Organisationen
- für zukunftsorientierte Fragestellungen

■

Abb. A.1.4: Methoden zur Öffentlichkeitsbeteiligung (Auszug) nach „Das Handbuch Öffentlichkeitsbeteiligung“

Gesellschaftliche Entwicklung basiert immer auf einer Änderung von Energie-, Stoff- und/oder Informationsströmen. Nachhaltiges Bauen erfordert insofern die parallele Berücksichtigung von drei Strategien:

- Effizienz: Durch rationelle Energiewandlung und -verwendung können die gewünschten Energiedienstleistungen (z. B. Raumwärme), bei gleicher Wirkung effizienter bereitgestellt werden.
- Konsistenz: Die Kreislaufwirtschaft lässt sich nur durch Nutzung erneuerbarer Energievorkommen und kreislaufoptimierter Materialien erreichen.
- Suffizienz: Der Ressourcenverbrauch wird maßgeblich auch durch die Lebens- und Konsumgewohnheiten bestimmt. Suffizienzstrategien thematisieren Fragen zur Angemessenheit und nach dem rechten Maß.

Die schweizerische Grundlagenstudie „Suffizienzpfad Energie“ (www.2000watt.ch) weist nach, dass sich selbst bei effizient und konsistent errichteten bzw. betriebenen Gebäuden durch Suffizienzstrategien CO₂-Emissionen und Primärenergiebedarf nahezu halbieren könnten (- 45 %). Insbesondere im Wohnungsbau entsteht daraus für Bauherren und Architekten, Innen-, Landschaftsarchitekten sowie Stadtplaner die wichtige Aufgabe, die bisherigen Ansprüche, das Komfortniveau und die etablierten Standards zu hinterfragen, um Wohnungen mit moderater Fläche bei hoher Wohnqualität bereitzustellen. Vor diesem Hintergrund sind in Abb. A.1.5 Kriterien dargestellt, die teilweise in der Projektvorbereitung zu beachten sind. Suffizienz wird sich dabei als freiwilliges und erstrebenswertes Handeln nur etablieren, wenn der vermeintliche Verzicht als Gewinn von Zeit, Geld und Lebensqualität anerkannt wird.

Suffizienzziel	Suffizienzkriterium	Erläuterung / Beispiel
gut erschlossener Standort	Nähe nutzungsrelevanter Objekte und Einrichtungen Verkehrsanbindung	kurze Wege im Alltag und „Externalisierung“ von Wohnfunktionen (z. B. Sauna in öffentlichen Bädern) z. B. Reduktion von motorisiertem Individualverkehr und Entfall von Pkw-Stellplätzen
reduzierter Gebäudeimpact	Bedarfsplanung und Hinterfragung	z. B. Berücksichtigung von „kleiner-leichter Bauen“ bzw. „nicht Bauen“ während der Bedarfsplanung
hohe Nutzerakzeptanz	Partizipation	z. B. Entwicklung nutzer- und projektspezifischer Lösungen mit den Beteiligten sowie Einbeziehung der Nutzer bei der Entwicklung von individuell bzw. gemeinschaftlich nutzbaren Räumen
flexibles Flächenmanagement	Eigentumsstruktur	z. B. Genossenschaften erleichtern Veränderungen bei der Nutz- und Wohnflächenaufteilung
geringer Flächenbedarf	Reduktion der relativen Größe	Reduktion der relativen Größe z. B. Wohnflächen pro Kopf $\leq 35 \text{ m}^2$
hohe und langfristige Nutzungsdichte	Flexibilität	z. B. schaltbare Räume (Wachsen und Schrumpfen)
	Umnutzungsfähigkeit	anpassungsfähige Grundrisse und Gebäudestrukturen (z. B. Büro wird zu Wohnen)
	Mehrfachnutzen	unterschiedliche Funktionen im Tagesverlauf (z. B. durch Multifunktionsmöbel, Klappbett, Schiebewände etc.)
	Gemeinschaftsnutzen	z. B. Waschküche, Mietergärten oder Anmietbarkeiten von Räumen (auch durch Externe/Dritte)
optimierte Lebensdauer	Dauerhaftigkeit	z. B. Alterungsfähigkeit durch robuste Materialien und Konstruktionen sowie zeitlose Gestaltungsqualität
soziale Kontakte und Austausch befördern	kommunikationsfördernde Flächen und Räume	halböffentliche Räume, Lobby, Flure (auch Intranet) ermöglichen Gemeinschaft sowie Absprachen für Sharing, Tausch und Hilfe
anpassbares Komfortniveau	Regelbarkeit der Gebäudetechnik	individuelle „suffiziente“ Einflussmöglichkeit hinsichtlich: Wärme, Kälte, Licht, Luft, Strom
	Nutzerfeedback zum Energieverbrauch	z. B. individuelles Energieprofil-Panel
	Behaglichkeits-Standards	z. B. Höhe der Schallschutzanforderungen oder Luftwechselraten, Technisierungsgrad
umweltgerechte Mobilität	Fahrradkomfort Sharing-Mobilitätsangebote	Lage, Anzahl, Anordnung und Ausstattung von Fahrradstellplätzen z. B. Stellplatz für Carsharing

Abb. A.1.5: die zehn Suffizienzziele und -kriterien am Beispiel Wohnungsbau

In der Projektvorbereitung lassen sich im Rahmen einer ausführlichen Bedarfsplanung und Grundlagenermittlung zahlreiche Planungsaspekte benennen, die den späteren Aufwand an Energie im Lebenszyklus – teilweise wesentlich – beeinflussen. Hierzu zählen insbesondere die Analyse und Klärung der energetischen Anforderungen (Pkt. A.2.1), die Analyse der Energiepotenziale am Standort (Pkt. A.2.2) sowie die Definition von energetischen Zielen (Pkt. A.2.3).

A.2.1 Anforderungen klären

Bereits zu Beginn ist es sinnvoll, die grundsätzliche Relevanz des Planungsaspektes Energie für das Projekt zu thematisieren und gegebenenfalls die Planungsbeteiligten hierfür zu sensibilisieren. Hilfreich ist neben ökologischen Aspekten auch, den Einfluss des Energiekonzeptes auf die Lebenszykluskosten des Projektes darzustellen (S. 44, A.5 Lebenszyklusorientierte Kostenbetrachtung verankern). Die Nutzerbedürfnisse, die rechtlichen Randbedingungen, Fördermöglichkeiten und bei Sanierungsprojekten den energetischen Ist-Zustand zu analysieren, steht hierbei besonders im Fokus.

Nutzungsspezifische Anforderungen

Der für den Betrieb erforderliche Energiebedarf ergibt sich in erster Linie aus den gebäudetypologischen Anforderungen, die durch zahlreiche Normen und Vorschriften definiert werden (z. B. Heizwärmtemperatur, Beleuchtungsstärken, Raumluftqualitäten etc.). Sie werden jedoch auch durch die individuellen Vorstellungen des Bauherrn bzw. Nutzers beeinflusst. So geben die Anforderungen an Flächenbedarf, Raumgrößen, Raumtemperaturen (z. B. Wohn-, Schlaf-, Büroraume), an sommerlichen Wärmeschutz (z. B. in Büroräumen maximal zulässige Temperaturen) oder an die Luftqualität (z. B. notwendige Luftwechselrate in einem Klassenraum) wichtige Randbedingungen für die Entwicklung eines Energiekonzept vor. Durch eine systematische Berücksichtigung der individuellen Bedürfnisse können ggf. erhebliche Einsparpotenziale genutzt werden (Abb. A.2.1 und INFOBOX Suffizienz).

individuelle Bedürfnisse berücksichtigen

Planungsfeld	Handlungsfeld zur energetischen Optimierung
Flächenbedarf	Hinterfragung erforderlicher Nutzfläche
Anforderung an beheizte Flächen	minimale und maximale Temperatur, ggf. temporäre Nutzung
Zielvorgaben für sommerlichen Wärmeschutz	Raumtemperatur und Temperaturspreizung (z. B. Temperaturspreizung 22 °C ± 2 °C; Temperaturkorridor 21–28 °C)
Anforderung an Luftqualität	Arbeitsgrenzwert (AGW); maximale CO ₂ -Werte
Anforderung an Luftfeuchtigkeit	relative Luftfeuchte und Spreizung (z. B. 50 % ± 10 %)
Anforderung an Beleuchtung – Luxwerte	Sonnen- und Blendschutzkonzept
Betriebszeiten	Definition realer Nutzungszeiten

Abb. A.2.1: Beispiele für nutzerspezifische Einflussbereiche

Rechtliche Anforderungen prüfen

Die wesentliche rechtliche Grundlage für energetische Anforderungen bilden die Energiesparverordnung EnEV und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz EEWärmeG (S. 77, INFOBOX EnEV und EEWärmeG). Es kann jedoch in Bebau-

ungsplänen oder Kaufverträgen ggf. weitere rechtliche Aspekte geben, die für die Entwicklung des Energiekonzepts von Bedeutung sind. Dazu zählen z. B.:

- besondere energetische Vorgaben (z. B. ein bestimmter Energiestandard)
- Anschlusszwang an ein Wärmenetz
- Ausschluss bestimmter Technologien (z. B. Holzfeuerung)
- Denkmalschutzvorgaben (z. B. bezüglich Solarenergie)

Die spezifischen Randbedingungen sollten daher frühzeitig geklärt und in der Entwicklung des Energiekonzepts berücksichtigt werden.

i Suchhilfe des BINE Informationsdienstes: www.energiefoerderung.info

i weitere Informationen bei der „Beratungsstelle Energieeffizienz und Nachhaltigkeit – BEN“ unter www.byak-ben.de

i Heizspiegel für Deutschland: www.mieterbund.de/service/heizspiegel

Fördermöglichkeiten

Für den Baubereich gibt es eine Vielzahl staatlicher und kommunaler Förderprogramme, die die Wirtschaftlichkeit des Projektes verbessern können. Dies gilt insbesondere für den Planungsbereich Energie. Im Rahmen der Projektvorbereitung ist es daher empfehlenswert, mögliche finanzielle Anreize zu recherchieren. Typische Förderprogramme sind die KfW-Effizienzhaus-Angebote sowie ggf. eine Förderung innovativer Konzepte über diverse Forschungsprogramme.

Energieverbrauchsdaten im Bestand

Bei Sanierungsprojekten liegen für das Projekt in der Regel reale Verbrauchsdaten vor, die neben den baulichen Aspekten auch Hinweise auf das Nutzerverhalten und den Ausstattungsumfang geben können. Eine genaue Analyse der Energiekennwerte ist hilfreich bei der Definition der zukünftigen Anforderungen. Die energetische Gebäudeanalyse sollte mindestens folgende Ergebnisse beinhalten:

- energetische Bilanzierung des Ist-Zustandes gemäß aktueller EnEV
- Aufschlüsselung des Verbrauchs nach Energieträger und Anwendung
- Einordnung des Gebäudes anhand von bestenfalls örtlich erhobenen Durchschnitts- und Zielwerten (z. B. Heizspiegel für Deutschland oder Heizspiegel der Stadt München)
- Darstellung der maßgebenden Schwachstellen des Bestandes bezogen auf den Energieverbrauch
- Auswertung der zeitlichen Verbrauchsstruktur des Gebäudes
- Erkundung bauphysikalischer Probleme und Mängel
- Variantenbetrachtung zur Ermittlung des Potenzials für eine energetische Ertüchtigung.

A.2.2 Standortspezifische Energiepotenziale analysieren

Nach der Klärung der erforderlichen Energiebedarfe müssen frühzeitig auch die Möglichkeiten der Energieversorgung untersucht werden. In der Vergangenheit war die Frage der Energiequellen in der Regel durch den vorhandenen Stromanschluss sowie Erdölanlieferung für die Wärmeversorgung oder bei vorhandener Infrastruktur durch die Nutzung von Erdgas bestimmt. Heute ist eine differenzierte Betrachtung erforderlich und sinnvoll. Inzwischen lässt sich mit Fokus auf eine regenerative Energieversorgung beispielsweise mit dem Bezug von Ökostrom, Biogas und Holzpellets die übliche Infrastruktur einfach modifizieren. Hierdurch wird jedoch die Erzeugung der erneuerbaren Energie auf externe Dienstleister und die entsprechend erforderliche Fläche verlagert (z. B. Bodenfläche zur Solarstromerzeugung oder Waldfläche zur Holzpelletsgewinnung). Eine in energetischer Hinsicht optimierte Planung hat daher zum Ziel, die lokalen Energiepotenziale rund um das Gebäude (z. B. durch Erdsonden auf dem Grundstück oder Solartechnologie in der Gebäudehülle) in maximalem Umfang zu nutzen. Eine entsprechende Analyse der klimatischen Randbedingungen, der technischen Infrastruktur sowie, wenn möglich und sinnvoll, der Energiebedarfs- und Erzeugungssituation der umgebenden Bebauung sollte daher mit Unterstützung durch entsprechende Fachplaner bereits im Rahmen der Grundlagenermittlung erfolgen (Abb. A.2.2).

lokale Energiepotenziale nutzen

Randbedingung	Information	exemplarische Handlungsfelder
Klima	Temperatur Extremwerte	thermische Qualität der Gebäudehülle
	Temperaturdifferenz Tag/Nacht	Potenzial für freie Kühlung durch Nachtluft
	Jahresmitteltemperatur	Leistungspotenzial für Luft-Erdregister
	relative Luftfeuchtigkeit Sommer/Winter	Möglichkeit für direkte adiabate Kühlung
	mittlere Windgeschwindigkeiten	Stromerzeugung durch Windenergie
	Verteilung der Windrichtungen	natürliche Be- und Entlüftung durch Windbewegung
	Niederschlagsmenge und -verteilung	technischer Einsatz von Verdunstungskühlung
	geologische Erdschichten	Erschließung des Erdreichs über Erdsonden
	Grund- und Oberflächenwasser	Nutzung als Wärmequelle und für passive Kühlung
	Intensität Solarstrahlung	passive und aktive solare Wärme- und Stromerzeugung
Sonnenbahnverlauf	Optimierung des sommerlichen Wärmeschutzes	
Medien	Nahwärme/Fernwärme	Nutzung der externen Wärmeerzeugung
	Nahkälte/Fernkälte	Nutzung der externen Kälteerzeugung
	Strom	ggf. Prüfung auf Einspeiseleistung
	Gasnetz	ggf. Nutzung von Biogas
	Abwärme	Abwärmenutzung über Wärmepumpen
Nachbargebäude	Abwärme	Prüfung auf nutzbare Abwärmepotenziale
	Wärmebedarf	Prüfung eines Nahwärmeverbundes
	Stromerzeugung	Prüfung auf Stromverbund
	Stromspeicherung	Prüfung auf Speicherverbund

Abb. A.2.2: Handlungsfelder für das Energiekonzept

A.2.3 Energetische Ziele definieren

Als Grundlage für die Entwicklung eines Energiekonzepts ist eine klar formulierte Vereinbarung über die energetischen Ziele für das Gebäude erforderlich. Eine Orientierung können energetische Standards bieten, die durch eindeutige Definitionen bezüglich der energetischen Anforderungen, Berechnungsmethoden und Nachweisverfahren beschrieben sind (S. 34, INFO-BOX Energiestandard). Zur Unterstützung der Planung können mithilfe von Energiekennwerten, die aus Energiestandards abgeleitet oder frei definiert wurden, bereits auf Basis der Flächen des Raumprogramms erste überschlägige Energiebilanzen erstellt werden. Diese geben auch Hinweise auf die zu erwartenden Energiekosten und mögliche Auswirkungen auf den Gebäudeentwurf, wie z. B. erforderliche Solarflächen in der Gebäudehülle (Abb. A.2.3).

Energiebedarf frühzeitig abschätzen

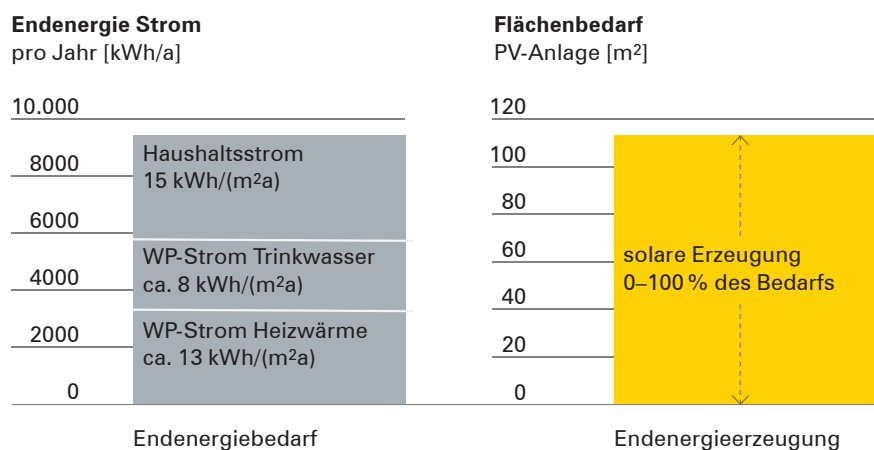


Abb. A.2.3: beispielhafte Abschätzung der erforderlichen Solarfläche zur bilanziellen Deckung des Energiebedarfs über das Jahr. Basis: Heizwärme Nutzenergie 45 kWh/m²a, Jahresarbeitszahl (JAZ) 3,5, Trinkwarmwasser Nutzenergie 25 kWh/m²a, JAZ 3, Nutzfläche 360 m², spezifischer Ertrag Photovoltaik 85 kWh/(m²_{PV}a)

A

Der für Herstellung, Sanierung und Betrieb von Gebäuden erforderliche Energiebedarf wird von sehr vielen Faktoren beeinflusst und ist für jedes Projekt individuell. Die im Rahmen von baulichen Maßnahmen eingesetzten Produkte und Prozesse verursachen hierbei einen zunehmend relevanten Anteil, der oft als sogenannte graue Energie bezeichnet wird. Die Ermittlung dieser Energie findet im aktuellen Bilanzierungsverfahren nach EnEV keine Berücksichtigung. Sie sollte dennoch Gegenstand der Planung sein und kann ergänzend über eine Ökobilanz erfolgen (S. 90, INFOBOX Ökobilanz).

Im Fokus des Gesetzgebers steht bei Sanierungs- und Neubauvorhaben derzeit der Energieaufwand für den Betrieb des Gebäudes. Die EnEV definiert hierfür den gesetzlichen Mindeststandard. Darüber hinaus ist es meist empfehlenswert, anspruchsvollere energetische Ziele anzustreben. Als Grundlage für deren Vereinbarung können weitere Energiestandards herangezogen oder auch freie Zielkennwerte definiert werden. Standards haben das Ziel,

eine nachvollziehbare Grundlage für die Bewertung des energetischen Gebäudebetriebs zu liefern und durch die gestellten Anforderungen ein bestimmtes Niveau zu gewährleisten.

Für die Definition eines Energiestandards sind daher die Vorgabe einer Bilanzierungsmethodik und die Einhaltung konkreter Kennwerte erforderlich. Durch Forschung und Entwicklung im Bereich der energieeffizienter Architektur in den letzten 20 Jahren sind inzwischen zahlreiche Energiestandards in Gebrauch. Sie beziehen sich teilweise auf unterschiedliche Bilanzierungsmethoden und Kennwerte und sind daher in der Regel nicht direkt miteinander vergleichbar. Der Grund für immer neue Begriffe resultiert meist aus dem Wunsch von Entwicklern oder Fördermittelgebern, eine Weiterentwicklung oder eine bestimmte Anforderung im Hinblick auf Fördermaßnahmen mit einem einfachen Schlagwort zu kommunizieren. Im Folgenden werden die wichtigsten Begriffe und Ansätze erläutert, einen Überblick gibt Abb. A.2.5 (S. 37).

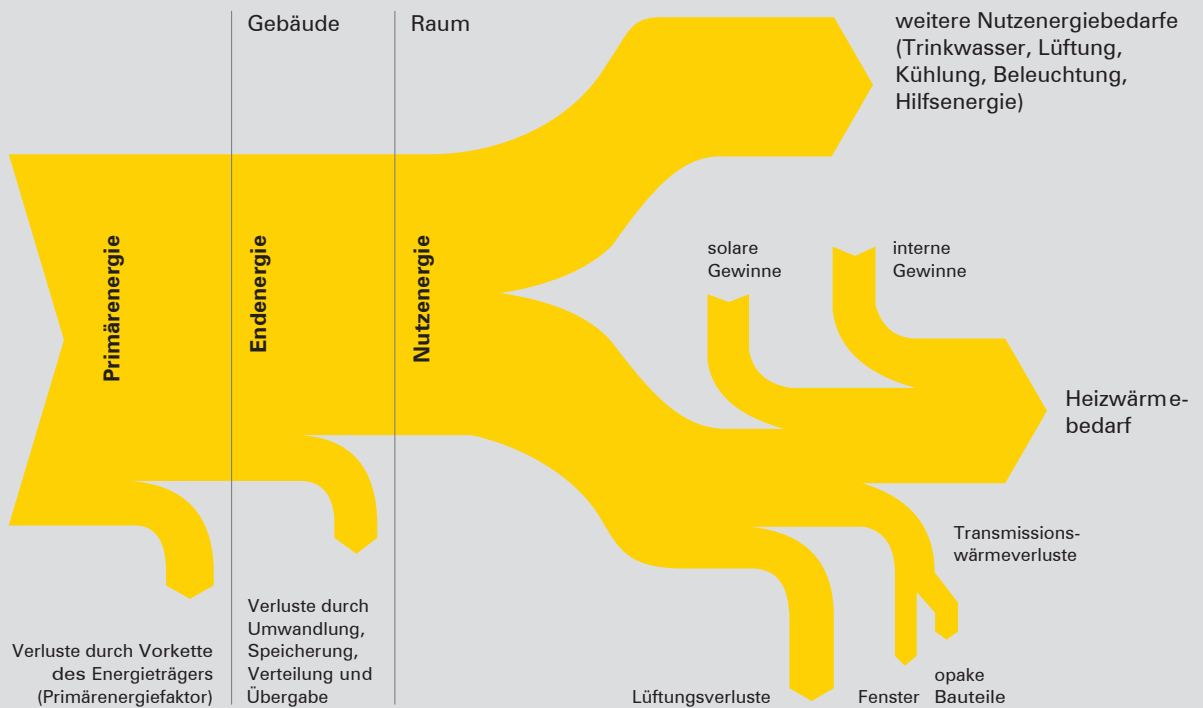


Abb. A.2.4: Energieflussdiagramm nach EnEV

Randbedingungen

Im Planungsprozess muss zunächst übergeordnet geklärt werden, welche Bereiche des Gesamtenergiebedarfs in der Planung berücksichtigt werden sollen. Nach EnEV sind dies Heizwärme, Trinkwasserwärme und Hilfsenergie, sowie Kühlung, Lüftung und Beleuchtung. Weitere mögliche Energiebedarfe können sein:

- nutzerspezifische Energie (z. B. Haushaltsstrom, Arbeitsmittel oder Produktionsgeräte)
- stofflich gebundene Energie (z. B. Baustoffe und Prozesse in der Herstellung)
- Mobilität (z. B. Fahrleistung eines Elektrofahrzeugs)

Weiterhin muss geklärt werden, für welche Teilkennwerte (z. B. Heizwärmebedarf, Endenergie oder Primärenergie) Anforderungen definiert werden sollen. Abb. A.2.4 zeigt das Energieflussdiagramm nach EnEV. Anforderungen bestehen hier an den Primärenergiebedarf sowie als Nebenanforderung an die U-Werte der Außenbauteile. Andere Energiestandards, wie z. B. das Passivhaus, stellen Anforderungen an den Heizwärmebedarf (Raumgrenze) oder, wie z. B. der Effizienzhaus Plus Standard, an den Endenergiebedarf (Gebäudegrenze). Bei über den gesetzlichen Mindeststandard hinausgehenden Zielen sind Bilanzierungsumfang und Zielgrößen individuell definierbar. Für die interne Kommunikation und die Abstimmung im Planungsprozess ist es empfehlenswert, diese frühzeitig festzulegen.

EnEV-Standard

Der EnEV-Standard definiert den gesetzlichen Mindeststandard und muss daher nicht explizit vereinbart werden (S. 77, INFOBOX EnEV und EEWärmeG). Der Architekt gewährleistet mit seiner Leistung mindestens die Einhaltung dieser Vorgaben. Bilanzierungsumfang und Zielgrößen sind klar geregelt. Die Anforderungen werden durch turnusmäßige Novellierungen der EnEV angepasst und beeinflussen damit auch andere Energiestandards, die sich auf die EnEV-Anforderungen beziehen (z. B. KfW-Effizienzhaus).

KfW-Effizienzhaus

Die Bundesregierung unterstützt über die staatseigene Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) besondere energetische Maßnahmen, Sanierungskonzepte oder Neubauten durch finanzielle Anreize. Die Bereitstellung von subventionierten Krediten und Tilgungszuschüssen soll Bauherren motivieren, die gesetzlichen Vorgaben nach EnEV durch höherwertige Gebäudehüllen und effiziente Gebäudetechnik zu übertreffen.

Die von der KfW hierfür eingeführten Förderprogramme beziehen sich daher in den Vorgaben auf die Berechnung nach EnEV. Je nach Effizienzniveau gelten im Wohnungsneubau, in der Sanierung oder in gewerblichen Gebäuden verschiedene Anforderungen. So gibt es z. B. Standards mit den Bezeichnungen KfW-Effizienzhaus 55 oder 40. Die Zahl des Effizienzhauses bezieht sich hierbei prozentual auf den maximal zulässigen Primärenergiebedarf, der nach EnEV für das jeweilige Referenzgebäude angesetzt wird. Ein nach Effizienzhaus 55 realisiertes Gebäude darf demnach maximal 55% des Primärenergiebedarfs benötigen, der für einen vergleichbaren Neubau veranschlagt wird. (Hinweis: Mit der EnEV 2016 müssen alle Neubauten die Werte des Referenzgebäudes ohnehin um mindestens 25% unterschreiten). Neben dem Primärenergiebedarf werden teilweise auch Nebenanforderungen an die U-Werte der Bauteile oder an technische Systeme gestellt.

Passivhaus

Das Passivhaus ist ein inzwischen weit verbreiteter Energiestandard, der in Deutschland vom Passivhausinstitut in Darmstadt eingeführt wurde. Sein Konzept basiert auf dem Ziel, neben den „passiven“ Energiequellen Solareinstrahlung und interne Wärmequellen keine zusätzliche Energie und Technologie zur Beheizung des Gebäudes einsetzen zu müssen. Einzige Ausnahme ist die Nutzung einer kontrollierten Gebäudelüftung, die erwärmte Frischluft nach Bedarf zuführen kann und dabei die Wärme aus der Abluft zurückgewinnt. Dabei steht die Luftqualität (nach DIN 1946) im Vordergrund, zusätzliche Umluft soll nicht erzeugt werden. Damit der technische Ansatz

funktioniert, darf eine maximale Heizlast von 10 W/m^2 nicht überschritten werden. Hieraus resultiert ein spezifischer Heizwärmebedarf von max. $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, der das Hauptkriterium beim Passivhausstandard darstellt. Die Qualitätsanforderungen an Passivhäuser sind entsprechend hoch im Hinblick auf Dämmung und Luftdichtigkeit. Für die opaken Bauteile der Gebäudehülle gibt es zwar keine verbindlichen Vorgaben, sie weisen in der Regel jedoch U -Werte $< 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auf. Dämmstärken über 20 cm sind daher üblich. Transparente Bauteile werden meist als Dreifachverglasungen mit einem U_g -Wert $< 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ausgeführt. Inzwischen werden aus Komfortgründen auch Passivhäuser mit konventionellen Heizsystemen (z. B. Fußbodenheizung) realisiert.

Eine Differenzierung erfolgt durch verschiedene Passivhausklassen, die ergänzend unterschiedliche Anforderungen an Primärenergiebedarf (inkl. Nutzerstrom) und regenerative Energieerzeugung stellen. Für die Berechnung der Kennwerte entwickelte das Passivhausinstitut mit dem Passivhaus-Projektierungs-Paket (PHPP) ein eigenes Berechnungsverfahren. Der Begriff des Passivhauses ist nicht geschützt, gilt aber heute als anerkannte Größe. Passivhäuser können zur Qualitätssicherung auch einen Zertifizierungsprozess des Passivhausinstituts in Darmstadt oder anderer Auditierungsstellen durchlaufen (www.passiv.de).

Nullenergiegebäude

Gängig ist neben dem undefinierten Begriff „Niedrigenergiegebäude“ auch der Begriff „Nullenergiegebäude“. Letzterer ist zunächst irreführend, da der Eindruck vermittelt wird, das Gebäude würde keine Energie für den Betrieb benötigen.

Der Nullenergieansatz beschreibt jedoch einen Energiestandard, der über das Jahr eine ausgeglichene Bilanz zwischen Energiebedarf und -erzeugung durch erneuerbare Energie aufweist. Besondere Anforderungen bestehen daher an eine lokale, regenerative Energieerzeugung, die den gesamten Bedarf in der Jahresbilanz abdeckt. Der Begriff „Nullenergie“ bezieht sich somit nur auf fossil/atomar erzeugte Energie.

Um den Fokus auf eine vollständig erneuerbare Energieversorgung solcher Gebäude zu lenken, wird in diesem Zusammenhang auch der Begriff „CO₂-neutrales Gebäude“ verwendet. Die EU prägte in der Fortschreibung der europäischen Gebäuderichtlinie „Energy Performance in Buildings Directive (EPBD) von 2010 den Begriff des „nearly zero energy building“. Dieser Standard soll ab 2019 gesetzlicher Mindeststandard für alle neuen öffentlichen Gebäude sein sowie ab 2021 auch für alle privaten Neubauten. Eine entsprechende Anpassung der EnEV und des EEWärmeG berücksichtigt diese Entwicklung.

Plusenergiegebäude (Effizienzhaus Plus)

Der Begriff „Plusenergiegebäude“ wurde Ende der 1990er-Jahre vom Freiburger Architekten Rolf Disch eingeführt und ist als Begriff geschützt. Der Standard soll ausdrücken, dass die am Gebäude regenerativ erzeugte Energie in der Jahresbilanz größer ist als der Energiebedarf. Eine genaue Bilanzierungsmethodik hierfür ist nicht definiert worden.

Im Rahmen eines Förderprogrammes des Bundes wurde im Jahr 2011 der vergleichbare Standard Effizienzhaus Plus für Wohngebäude eingeführt. Als Bewertungsgrundlage diente die Energieeinsparverordnung EnEV, die um folgende Punkte erweitert wurde: Neben dem Primärenergiebedarf muss auch der Endenergiebedarf einen negativen Wert (Überschuss) erzielen, weiterhin wird bei der Bilanzierung auch der Haushaltsstrom durch einen Pauschalwert berücksichtigt. Dieser Ansatz wird sinngemäß über die KfW und das Passivhausinstitut abgebildet: Im KfW-Effizienzhaus 40 plus und im Standard Passivhaus Plus bzw. Premium werden neben der Begrenzung des Bedarfs auch Anforderungen an die regenerative Energieerzeugung durch das Gebäude gestellt, die jedoch nicht zwangsläufig zu einer positiven Jahresbilanz führen.

Sonstige Zielgrößen

Neben den oben aufgeführten Standards gibt es zahlreiche weitere Begrifflichkeiten, wie z. B. das in der Vergangenheit gebräuchliche „3-Liter-Haus“, das „Sonnenhaus“ oder das „Aktivhaus“. Eine Definition, die über die

gesetzlichen Anforderungen hinausgeht, kann individuell für jedes Projekt erfolgen und auch eine Erweiterung des Bilanzierungsumfangs beinhalten, wie beispielsweise die Herstellungenergie, nutzerspezifische Verbräuche, die Mobilität oder auch die Nutzerzufriedenheit. Weitere Ansätze sind technische

Lösungen zur Energiespeicherung und Regelung, die beispielsweise den Autarkiegrad (d. h. Unabhängigkeit von externer Energiezufuhr) oder die sogenannte Netzdienlichkeit (z. B. durch geringe Inanspruchnahme bzw. Unterstützung des Stromnetzes) eines Gebäudes beschreiben.

Standard	Motivation	Bilanzierungsumfang	Bewertungsgröße
EnEV-Standard	gesetzlicher Mindeststandard	Heizwärme, Trinkwasserwärme, Kühlung, Lüftung und Hilfsenergie sowie Beleuchtung bei Nichtwohngebäude	Primärenergiebedarf, Transmissionswärmeverluste durch die Gebäudehülle
KfW-Effizienzhaus 55 und 40 sowie 70 (im Bestand)	staatliches Förderprogramm, finanzielle Anreize zur Unterschreitung der EnEV-Anforderungen	wie EnEV-Standard	wie EnEV-Standard, jedoch höhere Anforderungen
KfW-Effizienzhaus 40 plus	höchste finanzielle KfW-Förderung	wie EnEV-Standard	wie KfW40-Standard jedoch zusätzliche Anforderungen, wie Stromerzeugungsanlage, Batteriespeicher, Lüftungsanlage, Energievisualisierung
Passivhausstandard (classic, plus, premium)	optimierter Energiestandard mit Fokus Heizwärme (classic) und Erneuerbare Energie (plus/premium)	Heizwärme, Trinkwarmwasser, Kühlung, Entfeuchtung, Hilfsenergie, Beleuchtung, Elektrogeräte	Heizwärmebedarf, Luftdichtheit, Bedarf erneuerbare Primärenergie, Erzeugung erneuerbarer Energie
Nullenergiegebäude / CO₂-neutrales Gebäude	CO ₂ -neutraler Gebäudebetrieb in der Jahresbilanz	nicht definiert	nicht definiert
Effizienzhaus Plus	optimierter Energiestandard mit Fokus Erneuerbare Energie, definiert für Wohngebäude und Bildungsbauten	wie EnEV, zusätzlich Nutzerstrom	wie EnEV-Standard, zusätzlich positive Werte bei Endenergie
Sonstige z. B. Aktivhaus, Sonnenhaus, freier Energiestandard etc.	individuelle, projektspezifische Anforderungen	individuell, z. B. inkl. grauer Energie, Mobilität, Nutzerzufriedenheit, Netzdienlichkeit, Autarkiegrad etc.	individuell, z. B. Endenergie, CO ₂ -Emissionen, Autarkiegrad, Monitoring etc.

Abb. A.2.5: gebräuchliche Energiestandards im Vergleich



Bauen ist a priori mit der Nutzung von Ressourcen verknüpft. Neben dem Aufwand zur Herstellung spielen dabei z. B. die Nutzung nicht erneuerbarer Rohstoffe (abiotische Ressourcenverbrauch) oder der Wasser- und Landschaftsverbrauch eine Rolle. Nachhaltigkeit gebietet dabei einen schonenden Umgang mit diesen Ressourcen. Durch bewusste Thematisierung in der Projektvorbereitung ist es möglich, Ressourcenschonung als Projektziel frühzeitig festzuhalten und so für die Planung schon erste Leitlinien zu definieren. Eine Optimierung in Bezug auf Baubedarf und Flächennutzung schafft für die weitere Bearbeitung eine qualifizierte Ausgangslage (Pkt. A.3.1). Darüber hinaus können für die spätere Planung schon Methoden zur Bearbeitung sowie Zielwerte definiert oder besonders ressourceneffiziente Baustoffe für die Umsetzung angestrebt werden (Pkt. A.3.2). Hinzu kommt der Schutz lokaler Ressourcen wie Wasser (Pkt. A.3.3).

A.3.1 Baubedarf und Flächennutzung optimieren

Reduzierter Landschaftsverbrauch und optimiertes Bauvolumen führen auf vielen Ebenen zu Vorteilen im Sinne der Nachhaltigkeit (beispielhaft S. 45, A.5.1 Bedarfsplanung auf Lebenszykluskosten ausrichten). Dichte bauliche Strukturen ermöglichen in der Regel eine Versorgung mit geringerem Infrastrukturaufwand. Mit einer reduzierten Baumasse entfällt z. B. auch der Betriebsenergiebedarf für diese Volumina. Zu überprüfen sind hierzu vor allem folgende Fragestellungen:

Nutzungsintensität

Bestandsnutzung
Nachverdichtung

Baubedarf

Flächenrecycling

- Prüfung von Optionen für die parallele Nutzung von Räumen für unterschiedliche Zwecke (S. 46, A.5.2 Wertstabilität sichern).
- Untersuchung möglicher Bestandsnutzung für die Bauaufgabe
- Prüfung auf Möglichkeiten zur Nachverdichtung bestehender Grundstücke durch Erweiterung oder Aufstockung (Abb. A.3.1). Gegebenenfalls ist auch das Überbauen von Verkehrs- und Erschließungsflächen möglich. Dabei sollte zur Ressourcenschonung zunächst der Baubedarf (z. B. durch die Nutzung von Bestandsbauten) auf das Notwendige begrenzt, und sofern möglich die Nutzungsintensität bestehender Bauten gesteigert werden.
- Möglichkeiten der Nutzung schon einmal bebauter Flächen. Gerade das Flächenrecycling von innerstädtischen Konversionsflächen bietet hierbei Potenziale.

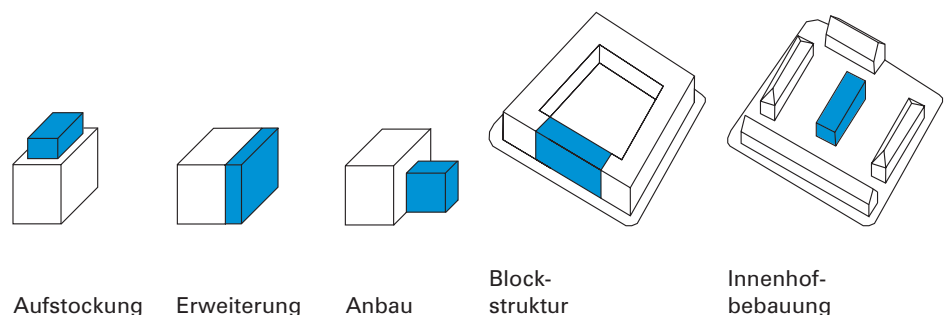


Abb. A.3.1: Beispiele für Nachverdichtung



A.3.2 Anforderungen an die Ressourceneinsparung festlegen

Bei Projekten, die den Ressourcenschutz als besonderes Ziel verfolgen, sollte frühzeitig festgelegt werden, ob die Planung mittels Ökobilanzen optimiert wird. Als zu überprüfende Kennwerte können für die Projekte Wirkungskategorien einer Ökobilanz (z. B. „Primärenergie nicht erneuerbar“ [kWh/m²_{NGFa}] oder „Treibhauspotenzial“ [kg CO₂-Äq./m²_{NGFa}]) festgeschrieben werden. Referenzwerte liegen im Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) untergliedert nach Nutzungstypus vor (S. 90, INFOBOX Ökobilanz).

Schon in der Projektvorbereitung lassen sich darüber hinaus materialtechnische Schwerpunkte setzen – denn eine vergleichbare bauliche Leistung kann mit mehr oder weniger Umweltwirkungen umgesetzt werden. Zur Reduktion des Bauaufwands im Lebenszyklus sind folgende Maßnahmen sinnvoll:

Optimierung des baulichen Aufwands

- Reduzierung der Gebäudehüllfläche und des -volumens
- Klärung des Bedarfs an unterirdischen Baumaßnahmen: Unterirdische Baumaßnahmen verursachen in der Regel nicht nur in der Herstellung, sondern auch im Betrieb einen erhöhten Aufwand zur Luftförderung und zur Beleuchtung (z. B. Tiefgaragen).
- Die Senkung von Umweltwirkungen in der Herstellung kann durch vorrangigen Einsatz nachwachsender Baustoffe erfolgen. Gerade für die Tragstruktur ist der Einsatz von Holz als Baustoff zu diskutieren. Hilfreich ist zunächst eine Absichtserklärung für das Projekt. Für den späteren Planungsprozess kann ein überprüfbarer Kennwert für die „Menge nachwachsender Rohstoffe“ [kg/m²_{NF}] festgelegt werden.
- Für tragende Bauteile, Fassaden und Erdarbeiten ist der Einsatz von Recyclingbauteilen und -material zu prüfen. Dabei ist z. B. auch die Abfrage der Verfügbarkeit von Sekundärrohstoffen wie Betonbruch als Schotterersatz sinnvoll. Neben der Absichtserklärung zum Einsatz solcher Baustoffe kann ein überprüfbarer Kennwert zum Anteil recycelter Rohstoffe [%] für die Planung und Umsetzung festgelegt werden.

Kompaktheit

Baumasse unter Gelände

nachwachsende Rohstoffe

recycelte Baustoffe

Optimierung des Aufwands bei der Nutzung und im Rückbau

- Bei einer langfristigen Nutzungsperspektive (≥ 50 Jahre) für das Objekt sollte der Materialaufwand in der Instandhaltung überdacht und durch eine erhöhte Lebensdauer der Baustoffe reduziert werden. Es sind hierbei z. B. Anforderungen in Bezug auf die Dauerhaftigkeit der Baustoffe und für wartungs- wie reinigungsarme Materialien (z. B. wartungsfreie Fassade, oder reinigungsarme Bodenbeläge) zu formulieren.
- Für kurzfristige Nutzungen sollten immer auch frühzeitig Aussagen zu Austausch, Umnutzung, dem Rückbau oder der Wiederverwendung hinterlegt werden. Neben konstruktiven Vorgaben, wie etwa der leichte Innenausbau oder offene Installationsebenen, sind auch formale Aussagen (z. B. zum beabsichtigten Nutzungszeitraum) in der Planung hilfreich.

angestrebte Lebensdauer

Austausch und Rückbau

A.3.3 Lokale Ressourcen schützen

Eine Baumaßnahme greift in lokale Umweltkreisläufe ein. Schon im Vorfeld sollten die Auswirkungen überdacht werden. Dazu sind besonders folgende Aspekte zu überprüfen:

- Die Reduzierung der bebauten Flächen hat Einfluss auf den Versiegelungsgrad des Baufelds, reduziert den Einfluss in den Wasser- und Feuchtehaushalt am Standort und schützt die Ressource Boden.
- Gerade bei Wohnnutzungen kann Grau- oder Regenwasser eine wertvolle betriebliche Ressource sein. Dazu sind die Möglichkeiten der Grau- oder Regenwassernutzung am Objekt zu prüfen und ggf. erste Ziele für

reduzierte Versiegelung

Wassernutzung

Mikroklima

geo- und biologische Ressourcen

technische Lösungen zu formulieren (z. B. Gartenbewässerung, Betrieb von Waschmaschinen).

- Die Bebauung sollte in Bezug auf die Frischluftversorgung (sogenannte Frischluftschneisen) überprüft werden, z. B. ob eine Bebauung negativen Einfluss darauf hat. Lokale Aufheizungseffekte lassen sich z. B. durch Dach- und Fassadenbegrünung sowie helle Oberflächen im Außenraum beschränken. Ebenso wirksam ist die Senkung der Wasserabflussgeschwindigkeit am Bauwerk oder auf dem Grundstück. Daher ist schon frühzeitig die Möglichkeit zur lokalen Wasserversickerung zu prüfen.
- Entzogener Naturraum ist möglichst gering zu halten. Besondere geo- oder biologische Ressourcen, wie z. B. ein alter Baumbestand oder eine Quelle auf dem Grundstück, sollten mit in die Planung einbezogen werden. Ist dies nicht möglich, sind Ausgleichsmaßnahmen zu entwickeln, sofern das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) sowie das Baugesetzbuch (BauGB) sie nicht bereits behördlich festschreibt. Ausgleichsmaßnahmen erfolgen dabei in der Regel über sogenannte Ökokonten. Bauvorhaben werden hierbei mittels eines finanziellen Beitrags am Erhalt, der Wiederherstellung und der Aufwertung von Naturräumen im Umfeld beteiligt.

Schadstoffe stellen ein Risiko für den Menschen und die Umweltmedien Grundwasser, Oberflächenwasser, Boden und Luft dar. Um keine negativen Effekte für die Behaglichkeit (S. 57, INFOBOX Behaglichkeit) und die menschliche Gesundheit zu erzeugen, sollten nachhaltige Gebäude möglichst schadstoffarm sein.

Die Grundlagen der Schadstoffarmut ergeben sich aus den vorhandenen Bedingungen am Standort, z. B. Emissionsquellen im Umfeld (Pkt. A.4.1). Bei Sanierungen sollte der Bestand auf seinen Schadstoffgehalt untersucht werden (Pkt. A.4.2). Darüber hinaus ist es sinnvoll, schon in der Bedarfsplanung zumindest auch grobe Ziele für die Schadstoffarmut des Gebäudes festzulegen (Pkt. A.4.3).

A.4.1 Immission am Standort überprüfen

Für neu zu bebauende Standorte und besonders Sanierungen sollten lokale Immissionen (z. B. durch starken Straßenverkehr, Industrieanlagen oder auch starke landwirtschaftliche Nutzung) überprüft werden:

- In der Außenluft sollten Mess- oder Kennwerte für die Schadstoffe Schwefeldioxid (SO₂), Stickstoffdioxid (NO₂), Ozon und Feinstaub ermittelt werden. Die „Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung“ (RLuS 2012) enthalten ein Berechnungsverfahren zur Hochrechnung für den spezifischen Standort. Ein Bericht nach RLuS 2012 kann über DIN EN 13779 „Lüftung von Nichtwohngebäuden“ (2007) mit sogenannten ODA-Werten (ODA = Outdoor Air) von 1 (unbelastet) bis 3 (ein Luftschadstoff überschreitet den WHO-Grenzwert um mehr als 50%) abgeglichen werden. Gegebenenfalls bedingen diese Faktoren besondere bauliche Bedarfe, wie z. B. eine mechanische Lüftung bei stark belasteten Gebäuden.
- Radon ist ein radioaktives Schwergas, das als natürliche Emission von Erdreich und Gestein vorkommen kann. Eine mögliche Belastung mit Radon sollte durch einen Abgleich mit einer lokalen Radonkarte ermittelt werden (S. 99, B.4.2 Schadstoffrisiken vermeiden).
- Altlastenkataster (geführt von den Umweltämtern der Länder oder von Kommunen) dienen dazu, entweder schon erkannte Altlasten zu benennen, oder aber auf die Gefahr möglicher Schadstoffbelastungen (altlastverdächtige Flächen) hinzuweisen. Auf Basis des deutschen Umweltinformationsgesetzes kann hier jeder Bürger Auskünfte verlangen. Insbesondere bei behördlich erfassten Altlastenverdachtsflächen sollten durch eine Bodenuntersuchung tatsächliche Belastungen geprüft werden.
- Belastungen sollten bei nahegelegenen Hochspannungsmasten, Umspannanlagen oder einer lokalen, strombetriebenen Bahnstrecke durch einen baubiologischen Messtechniker untersucht werden.

Außenluftqualität

Radon

Altlasten

elektromagnetische Felder

A.4.2 Belastungen im Bestand untersuchen

Für Sanierungen ist eine umfassende Bestandsanalyse entscheidend für den weiteren Planungs- und Bauprozess. Eine Methode zur Bestandsanalyse ist

1 Bestandsanalyse nach BNB Modul „Komplettmodernisierung“ Kriterium 5.1.6

i WECOBIS – ökologisches Baustoffinformationssystem www.wecobis.de

Bestandsanalyse

i siehe auch Broschüren „Kontaminierte Bausubstanz – Erkundung, Bewertung, Entsorgung. Arbeitshilfe Kontrollierter Rückbau“, LfU 2003 sowie Website „Schadstoffratgeber – Gebäuderückbau“ des Landesamtes für Umweltschutz in Bayern www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoffratgeber_gebaeuderueckbau

Klassen schadstoffarmer Gebäude

Qualitätsstufen schadstoffarmer Umsetzungen

freie Absichtserklärung

im Kriterium 5.1.6 des BNB Moduls „Komplettmodernisierung“ hinterlegt. Der versteckte Verbleib von Schadstoffen im Gebäude sowie unerwartete gesundheitliche Folgen nach der Sanierung können so vermieden werden. Gleichzeitig reduzieren sich, etwa durch abschätzende Bauteilöffnungen, spätere Planungsrisiken durch eine erhöhte konstruktive und baustoffbezogene Kenntnis des Gebäudes.

Hinweise und Informationen zu Schadstoffbelastungen durch Baustoffe und Bauprodukte liefert das von der Bayerischen Architektenkammer zusammen mit dem früheren Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit betriebene ökologische Baustoffinformationssystem WECOBIS.

Eine detaillierte Bestandsanalyse – in der Regel erstellt durch einen Sachverständigen – gliedert sich in Bestandsaufnahme sowie die Untersuchung relevanter Bauwerksteile und Konstruktionen anhand diagnostischer Methoden (Baudiagnose). Ziel ist die vorhandene Bausubstanz bezüglich Struktur, Qualität, Konstruktionen und Bauzustand beurteilen zu können. Ergänzend sollten dabei möglichst bauphysikalische Feuchte- und Salzbelastungen erfasst werden. Für die Schadstofffassung und -dokumentation sollten die in Abb. A.4.1 dargestellten Schadstoffgruppen durch einen qualifizierten Gutachter abgefragt werden.

Vorgefundene Schadstoffe müssen hierbei über ein Schadstoffkataster für das Gebäude erfasst werden. Darüber hinaus sind bei Schadstoffbelastungen zunächst mögliche Alternativen für den Umgang zu klären. Hinweise auf Verdachtsmomente bei Bestandsbauten und Vorgehen im Belastungsfall finden sich im „Schadstoffratgeber – Gebäuderückbau“ des Landesamtes für Umweltschutz in Bayern. In der Regel wird es sich dabei um die Entfernung der Schadstoffquelle und möglicher durch Schadstoffmigration belasteter Bauteile vor Weiternutzung des Gebäudes handeln.

Das erstellte Kataster kann in den weiteren Planungsphasen auch für den Bauteilkatalog oder die schadstofftechnische Erfassung von Neubauteilen erweitert werden.

A.4.3 Anforderungen an die Schadstoffarmut definieren

Im Rahmen der Projektvorbereitung sollten auch erste Festsetzungen zur Schadstoffarmut von Neubauten oder Sanierungen in Zusammenarbeit von Planern und Bauherr erfolgen. Dazu dienen folgende Grundlagen:

- Insbesondere bei Anstreben von Lüftungsanlagen ist es empfehlenswert, sich gemäß DIN EN 15251 auf eine der drei dort genannten Klassen für die Qualität der Raumluft zu verständigen (nicht schadstoffarmes, schadstoffarmes und sehr schadstoffarmes Gebäude). Zwar muss in den weiteren Planungsphasen das detaillierte Vorgehen zur Erreichung dieses Ziels ergänzt werden, die Vorgabe fließt aber auch in die spätere Dimensionierung der Lüftung mit ein und ermöglicht hier ggf. kleiner dimensionierte und damit kostengünstigere Lüftungsanlagen.
- Mit einer Absichtserklärung (z. B. auf Basis des definierten Vorgehens bei Gebäudezertifizierungen nach BNB) können für die schadstoffarme Umsetzung angestrebte Qualitätsniveaus für Bauprodukte definiert werden. Diese reichen beim BNB Kriterium 1.1.6 von QN 1 (nachvollziehbarer Baustoffeinsatz) bis QN 5 (umfassender Einsatz sehr schadstoffarmer Bauprodukte).
- Materialbezogene Zielstellungen oder Methoden zur Überprüfung der Schadstoffarmut (z. B. mittels Raumluftmessung) können in einer freien Absichtserklärung festgelegt werden.

Eine vertiefte Erläuterung zum Planungsziel Innenraumluft mit der Definition angestrebter Qualitäten, Beispielen und Übersichtstabellen zu unterschiedlichen Stoffgruppen sowie möglichen Stolpersteinen in der Planung findet sich in der WECOBIS Datenbank (www.wecobis.de/p-a/p-a-nutzerhandbuch.html).

Stoff	zentrale Emittenten und ggf. weiterführende Daten für Deutschland
Asbest	Brandschutz- und Dichtungsmaterial, zementgebundene Dachdeckungen, Rückenbeschichtungen von PVC-Böden, Nachtspeicheröfen; Verbot aller Anwendungen 1993
Polychlorierte Biphenyle (PCB)	Fugen- und Dichtungsmassen, Kondensatoren von Leuchtstofflampen, Brandschutzanstriche; Verbot aller offenen Anwendungen 1989
Holzschutzmittel (HSM)/Biozide: Pentachlorphenol (PCP), Lindan, DDT	Holzschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel; Verbote PCP ab 1989, DDT ab 1972, Lindan seit 1989 nicht mehr hergestellt
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	Dachpappe, Teer, Parkettkleber; Verbot für Bauprodukte seit 1970
alte künstliche Mineralfasern (KMF)	Mineralfaserdämmung; Vorgaben für KMF seit 2000
Blei	Dachdeckung, Wasserrohre; Vorgaben für Bleileitungen seit 1974
Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW)	Kühltechnik
Flammschutzmittel (TCEP und HBCD)	Kunststoffe, Brandschutzbeschichtungen
Weichmacher	Kunststoffe
Formaldehyd	Spanplatten und Holzwerkstoffe, Dispersionskleber, Lacke; Grenzwert für Arbeitsplätze 0,37 mg/m ³
Schimmelpilze	Feuchteschäden
Radon aus Baustoffen und geogenes Radon	Erdreich, Naturstein
Taubenkot	
Feinstaub	Außenluft, Filteralterung

Abb. A.4.1: Schadstoffgruppen in einem Schadstoffgutachten gemäß BNB_BK 2017 Steckbrief 1.1.6, typische Quellen sowie – soweit vorliegend – Verbotsangaben für Deutschland



Auch finanzielle Mittel bilden eine endliche Ressource, die effizient eingesetzt werden sollte. Die größten Möglichkeiten, auf die Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes Einfluss zu nehmen, bestehen zu Beginn einer Baumaßnahme. Viele Entscheidungen, die zu einem frühen Zeitpunkt getroffen werden, können erhebliche – positive oder auch negative – Auswirkungen auf die Gebäudekosten haben. Hiervon können sowohl die Erstellungs- und Nutzungs- als auch die Rückbaukosten unmittelbar betroffen sein. Bereits nach der Bedarfs- bzw. Vorplanung nimmt die Beeinflussbarkeit der Kosten deutlich ab (Abb. A.5.1). Daher sollten ökonomische Aspekte von Beginn an bei allen wesentlichen Entscheidungen miteinbezogen werden. Die Betrachtung sollte auf den Prinzipien der lebenszyklusorientierten Optimierung erfolgen und alle Phasen des Lebenszyklus umfassen (S. 106, INFOBOX Lebenszykluskostenberechnung). Ein höherer Planungsaufwand zahlt sich in der Regel durch niedrigere Gebäudekosten aus.

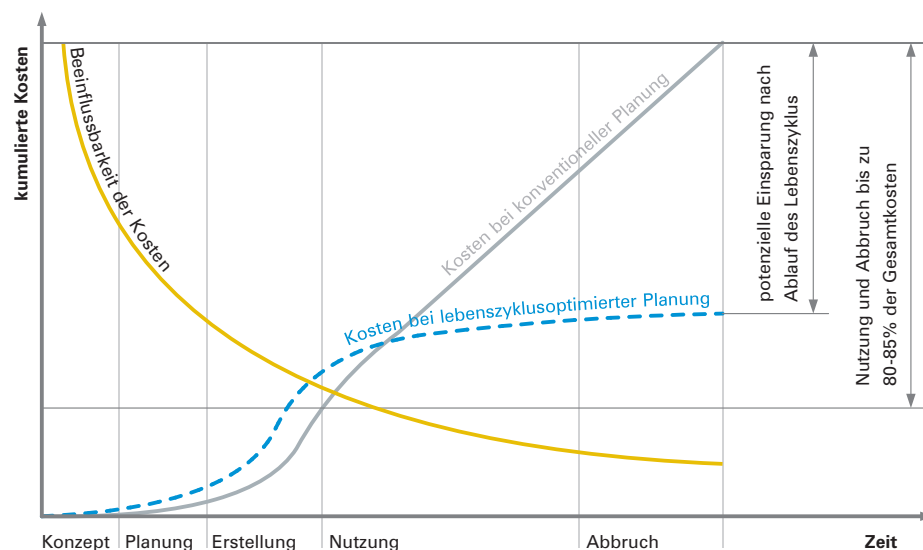


Abb. A.5.1: Beeinflussbarkeit der Kosten in verschiedenen Lebenszyklusphasen eines Gebäudes

Gesamtwirtschaftlichkeit

Für die Gesamtwirtschaftlichkeit eines Gebäudes spielen auch Kosten eine Rolle, die üblicherweise nicht in den Lebenszykluskosten berücksichtigt werden. Kosten von Umweltbelastungen, beispielsweise durch CO₂-Emissionen, gehen aktuell z. B. nur in geringem Maße zulasten der Verursacher, sind jedoch von großer volkswirtschaftlicher Relevanz. Somit ist es sinnvoll, bei grundlegenden Entscheidungen auch solche Kosten in die Betrachtung miteinzubeziehen.

Nutzwertanalyse

Damit auch Aspekte, die nicht ausschließlich monetär bewertet werden können – wie etwa Qualitäten in Bezug auf Baukultur und Nachhaltigkeit – bei der Entscheidung angemessen Berücksichtigung finden, wird zusätzlich zu einer reinen Kostenbetrachtung die Durchführung einer Nutzwertanalyse empfohlen. Hierbei wird eine gewichtete Bewertung aller relevanten Kriterien vorgenommen, aus deren Summe sich eine Gesamtbewertung für jede



untersuchte Variante ergibt. Hierdurch ist ein Vergleich der Varianten untereinander möglich. Aufgrund der einfachen Methodik kann der Bauherr selbst die Nutzwertanalyse durchführen.

Bereits in der Bedarfsplanung ist auf eine lebenszyklusorientierte Ausrichtung der Gebäudekosten zu achten (Pkt. A.5.1). Für die langfristige Nutzung eines Gebäudes ist seine Wertstabilität von hoher Bedeutung (Pkt. A.5.2). Durch die Identifizierung von ergänzenden Finanzmitteln ist eine Reduktion der Kosten in verschiedenen Phasen des Lebenszyklus möglich (Pkt. A.5.3).

A.5.1 **Bedarfsplanung auf Lebenszykluskosten ausrichten**

In der Bedarfsplanung stellt die Minimierung der Gebäudefläche eine wesentliche Stellschraube zur Reduzierung der Kosten eines Gebäudes über seinen gesamten Lebenszyklus dar. Zur Deckung des Bedarfs sollten verschiedene Möglichkeiten (sog. Beschaffungsvarianten) untersucht werden.

Zu Beginn eines Bauvorhabens ist es sinnvoll, analog zum Energiestandard auch eine Zielgröße für die Lebenszykluskosten zu definieren. Benchmarks hierfür liefern beispielsweise das Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKI), der Deutsche Verband für Facility Management (GEFMA) sowie das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen des Bundes (BNB).

Minimierung der Gebäudefläche

Eine Reduktion der Gebäudefläche bzw. des umbauten Volumens wirkt sich positiv auf den Material- und Energieverbrauch aus und trägt damit unmittelbar zur Gesamtwirtschaftlichkeit eines Bauvorhabens bei. Durch eine sorgfältige Bedarfsanalyse und die Berücksichtigung von Suffizienzstrategien lassen sich Flächen reduzieren (S. 30, INFOBOX Suffizienz). Im Wohnungsbau können beispielsweise einige Funktionen vom privaten Wohnraum in Gemeinschaftsflächen verlegt werden. In Bürobauten ist die Anwendung neuer Konzepte wie Desk Sharing, Telearbeit, etc. möglich, in Archiven können platzsparende mobile Regalsysteme zum Einsatz kommen. In Schulgebäuden können Mehrzweckräume vorgesehen werden. Ebenso sollte ermittelt werden, inwieweit Gebäudeflächen von Dritten genutzt werden können (S. 47, Einnahmen) und welche Auswirkung dies auf die Planung hat.

Untersuchung verschiedener Beschaffungsvarianten

Die Untersuchung verschiedener Beschaffungsvarianten hat zum Ziel, alle für den konkreten Bedarf möglichen Varianten im Kontext der Gesamtwirtschaftlichkeit einander gegenüberzustellen. Prinzipiell stehen folgende Beschaffungsvarianten zur Auswahl:

- Anmietung von Immobilien einschließlich evtl. notwendiger Umbau- oder Renovierungsmaßnahmen
- Kauf verfügbarer Immobilien einschließlich evtl. notwendiger Umbau- oder Renovierungsmaßnahmen
- Leasing oder Mietkauf
- Neubau, Umbau oder Erweiterungsbau als Eigenbaumaßnahme
- bei öffentlichen Bauherren: öffentlich-private Partnerschaft (ÖPP)

Allgemein anwendbare Hinweise und Abläufe zur Wirtschaftlichkeitsuntersuchung (WU) sowie zur Gegenüberstellung von Beschaffungsvarianten sind im Leitfaden WU Hochbau des früheren BMUB erläutert.

i Benchmarks:

Baukosten:
BKI Baukosten
KFA-Methode der Informationsstelle Wirtschaftliches Bauen

Nutzungskosten:
BKI Nutzungskosten
GEFMA 950
„FM Benchmarking Bericht“

Lebenszykluskosten:
BNB Kriterium 2.1.1
„Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus“

Suffizienzstrategien

i Leitfaden WU Hochbau:
www.bmu.de/themen/bauen/bauwesen/gesetzgebung-und-leitfaeden/leitfaeden/leitfaden-wu-hochbau/

Der Werterhalt eines Gebäudes ist eine wichtige Kenngröße der nachhaltigen Planung. Daher sollte die Gebäudekonzeption auf eine möglichst hohe Nutzungsdauer ausgerichtet sein. Um den Wert einer Immobilie langfristig zu sichern, ist einerseits ein attraktiver Standort erforderlich und andererseits ein flexibles Gebäude, das in der Lage ist, sich an zukünftige Nutzungen anzupassen. Hinzu kommen Kriterien wie qualitativ hochwertige und dauerhafte Materialien, die in der Projektvorbereitung nur als grobes Ziel definiert werden können.

Standortanalyse

Da die Lage von Immobilien bei deren Vermietung oder Verkauf eine signifikante Rolle spielt, ist der Gebäudestandort sorgfältig zu wählen. In die Betrachtung sollten nicht nur die aktuelle Situation, sondern auch absehbare zukünftige Entwicklungen miteinbezogen werden. Relevante Kriterien werden im BNB erläutert. Diese lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

i BNB Kriterien 6.1.1–6.1.6 „Standortmerkmale“

- Naturrisiken (Erdbeben, Lawinen, Sturm, Hochwasser)
- Umweltbelastungen (S. 41, A.4.1 Immission am Standort überprüfen)
- Image des Quartiers
- Verkehrsanbindung und -infrastruktur
- Einrichtungen (Nahversorgung, Bildung, medizinische Versorgung, Dienstleistungen, Freizeit)
- Medieninfrastruktur (Fernwärme, Gas, Breitbandanschluss)

Entwicklung von Szenarien für zukünftige Nutzungen

Ein Gebäude sollte nicht nur den Anforderungen der geplanten Nutzung gerecht werden, sondern auch flexibel für potenzielle kurz- oder längerfristige Nutzungsänderungen sein. Dies bedeutet, dass das Gebäude ohne größere bauliche Maßnahmen an neue Nutzungsanforderungen anpassbar ist. Entsprechend ist es sinnvoll, wenn Bauherr, Planer und ggf. Nutzer (falls zu diesem Zeitpunkt schon bekannt) bereits in der Projektvorbereitung Szenarien für mögliche zukünftige Nutzungen entwickeln und die jeweiligen Konsequenzen für die Planung untersuchen. Bei der Abwägung der einzelnen Maßnahmen sind die Wahrscheinlichkeit des Eintretens des entsprechenden Szenarios und die resultierenden Mehrkosten miteinzubeziehen. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, in der Planung verschiedene potenzielle Ausbaustufen aufzuzeigen, die sich bei Bedarf teilweise oder vollständig umsetzen lassen. Vor allem im Bereich des Wohnungsbaus spielen die Barrierefreiheit, aber auch die Anpassbarkeit an verschiedene Lebensphasen und Szenarien (Familien, Singles, Wohngemeinschaft) eine immer größere Rolle. Auch hier bietet es sich an, in der Planung verschiedene Stufen zu definieren, um Maßnahmen, die nicht von Beginn an umgesetzt werden, ohne größeren baulichen Aufwand zu einem späteren Zeitpunkt nachrüsten zu können (S. 55, B.1.4 Barrierefreiheit planen).

Flexibilität gegenüber Nutzungsänderungen

Mögliche nutzer- und nutzungsbedingte Änderungen im Laufe der Nutzungsdauer eines Gebäudes sind:

- Änderung der Raumaufteilung bei gleichbleibender Größe der Nutzungseinheiten bzw. des Gebäudes
- Änderung der Größe der Nutzungseinheit durch Teilung (z. B. Aufteilung von Bürogebäuden in mehrere Einheiten, Teilung von Wohnungen, Einliegerwohnung in Einfamilienhaus) oder Zusammenlegung
- Änderung der Nutzung bei gleichbleibender Gebäudegröße
- Änderung der Gebäudegröße durch Aufstockung oder Anbau

A.5.3 **Ergänzende Finanzmittel identifizieren**

Ergänzende Finanzmittel umfassen sowohl Förderprogramme zur Verringerung der Investitionskosten als auch Maßnahmen zur Generierung von Einnahmen während der Nutzungsphase.

Fördermittel

Zahlreiche Institutionen von Bund, Ländern und Kommunen bieten Fördermittel an. Bezuschusst werden beispielsweise Maßnahmen im Bereich des altersgerechten Bauens, des sozialen Wohnungsbaus, des Eigenheimenerwerbs, des energieeffizienten Bauens und Einsatzes erneuerbarer Energien sowie im Bereich des Denkmalschutzes oder des ländlichen Raumes. Weitere Informationen sind bei der Beratungsstelle Energieeffizienz und Nachhaltigkeit (BEN) erhältlich.

i Förderprogramme:
www.foerderdatenbank.de
www.byak-ben.de

Einnahmen

Auch im Fall einer Eigennutzung kann ein Gebäude gleichzeitig als Einnahmequelle dienen. Hierfür stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung:

- Vermietung von Gebäudeflächen an Dritte (z. B. Konferenzräume und Multifunktionsbereiche in Bürogebäuden, Einliegerwohnung in Einfamilienhaus)
- Verpachtung von Dachflächen für Photovoltaikanlagen
- Verkauf von selbsterzeugtem Strom (z. B. an Nachbarn)

Wettbewerbe sind ein bedeutendes Instrument der Baukultur und dienen Bauherren bzw. Auslobern zugleich als Garant, für komplexe Problemstellungen die jeweils besten Lösungen hervorzubringen. Vor dem Hintergrund der Bedarfsplanung, der Standortanalyse und der Zielvereinbarung sollte, wo immer möglich, die Durchführung eines Planungswettbewerbes angestrebt werden.

In der Vergangenheit waren ökologische, energetische oder nachhaltige Beurteilungskriterien kaum wettbewerbsentscheidend – Nachhaltigkeit galt oftmals als additiver Zusatz von Entwurfsprozessen. Um den Nachhaltigkeitsanspruch gezielt in Wettbewerbsverfahren der öffentlichen Hand umsetzen zu können, wurde vom Bundesbauministerium die Entwicklung einer Systematik für Nachhaltigkeitsanforderungen in Planungswettbewerben (SNAP) und eines Softwaretools als praxistaugliche Hilfestellung veranlasst. Die Methodik lässt sich gleichermaßen bei öffentlichen sowie privaten Vorhaben anwenden. Insbesondere Baumaßnahmen, die hohe Nachhaltigkeitsziele aufstellen, oder bei denen eine anschließende Zertifizierung nach BNB oder DGNB vorgesehen ist, benötigen geeignete Instrumente, die über alle Wettbewerbsphasen dazu beitragen, Nachhal-

tigkeitsanforderungen als integralen Bestandteil zu verankern.

Gebäude, die nach Fertigstellung beispielsweise „Gold nach BNB“ erfüllen sollen, müssen bereits im Vorentwurf diesen ambitionierten Anforderungen genügen. Bei der Integration von Nachhaltigkeitszielen in Architektenwettbewerbe gilt es demnach von der Vorbereitung bis zum Abschluss alle Wettbewerbsphasen zu berücksichtigen. Abb. A.5.2 veranschaulicht die dabei maßgeblichen Faktoren. Auf Grundlage des BNB wurden in der Übersicht vorentwurfsrelevante Nachhaltigkeitskriterien, -indikatoren und Benchmarks bestimmt (Abb. A.5.3), die konsistent in den jeweiligen Wettbewerbsphasen (u. a. Auslobung, Vorprüfung und Preisgericht) zur Anwendung gelangen. Zudem ermöglicht die wettbewerbsstaugliche Struktur eine Zusammenführung mit verfahrensüblichen Beurteilungskriterien und die Definition aufgabenspezifischer Indikatoren. Großer Wert wurde darauf gelegt, die Anforderungen an die Wettbewerbe sowohl praxisgerecht als auch mit vertretbarem Aufwand für alle Beteiligten zu integrieren und gleichzeitig eine fundierte Betrachtung der komplexen ganzheitlichen Anforderungen des nachhaltigen Bauens zu erlauben.

Die Empfehlungen „Systematik für Nachhaltigkeitsanforderungen in Planungswettbewerben“ sind zu beziehen unter: www.nachhaltigesbauen.de/leitfaeden-und-arbeitshilfen-veroeffentlichungen.html

1. Die Richtung bestimmen

- Definition der wesentlichen Nachhaltigkeitsziele
- Auswahl fachkundiger Wettbewerbsbeteiligte im Kontext der Ziele
- Machbarkeitsprüfung: Passung Programm und Baufeld

3. Impulse akzentuieren

- Verdeutlichung des Nachhaltigkeitsanspruchs
- Klärung offener Fragen

5. Umfassend beurteilen

- präzise und prägnante Kommunikation der Vorprüfungsergebnisse
- Berücksichtigung der Beurteilungskriterien (= Nachhaltigkeitskriterien)



2. Trefferquote erhöhen

- Nachhaltigkeitsanforderungen als inhärenter Bestandteil des Gestaltungsprozesses
- Bereitstellung geeigneter Entwurfs- und Planungsgrundlagen

4. Das Wesentliche erfassen

- Erkennen der relevanten Nachhaltigkeitsmerkmale
- komprimierte und grafisch eingängige Nachhaltigkeits-evaluation

6. Lösungen propagieren

- Präsentation der Wettbewerbsziele und -ergebnisse (Presse-meldung, Ausstellung und Dokumentation)

Abb. A.5.2: Verfahrensablauf mit Wettbewerbsphasen und nachhaltigkeitsrelevanten Faktoren im Überblick

Thema	Nr.	Merkmal	Kriterium	Indikatoren / Beurteilungsaspekte (aufgabenspezifisch)
Funktionalität	01	●	Erschließung	Ver- und Entsorgung, ggf. Erschließung Tiefgarage, Fahrradabstellplätze (Positionierung, Anzahl), Erkennbarkeit Haupteingang, Länge der internen Wege
	02	●	öffentliche Zugänglichkeit	öffentliche Zugänglichkeit (Gebäude und Grundstück), bauliche Voraussetzungen zur Öffnung interner Einrichtungen
	03	●	Barrierefreiheit	Barrierefreiheit Gebäude (z. B. Erschließung, Bewegungsflächen, WCs, Gemeinschaftsbereiche), Barrierefreiheit Außenanlagen
	04	●	kommunikationsfördernde Flächen und Räume	Angebot im Gebäude (z. B. Foyer, Balkone / Dachterrassen, informelle Kommunikationsmöglichkeiten), Angebot im Außenraum
Komfort und Gesundheit	05	●	Sicherheit	Übersichtlichkeit und Orientierung, ggf. aufgabenspezifische Sicherheitsanforderungen
	06	●	Schallschutz	Orientierung schutzbedürftiger Räume gegen Außenlärm, Orientierung privater Freiräume gegen Außenlärm, bauliche Schallschutzmaßnahmen gegen Außenlärm, Konflikte zwischen unterschiedlichen Nutzungen
	07	●	Tageslicht	Gesamtfensterflächenanteil (%), Tageslichtversorgung Hauptnutzungen und Nebennutzungen (Raumtiefe, Fassadenausbildung, Sturzausbildung), Tageslichtversorgung Erschließung (Anschluss an Fassaden bzw. Lichthöfe / Atrien), Sichtbeziehungen zum Außenraum
	08	●	Raumklima	Orientierung der Hauptnutzungen, Fensterflächenanteil Ost/West (%), Sonnenschutzkonzept, Ausbildung Brüstungsbereich, ggf. Windfang, ggf. zusätzliche bauliche Maßnahmen (Lüftungskonzept, Speichermasse etc.)
Wirtschaftlichkeit	09	●	Flächeneffizienz	NF / BGF oder BRI / BGF (in % vom Ø)
	10	●	Nutzungsflexibilität	lichte Raumhöhe, Umnutzungsfähigkeit (BGF / Anzahl Erschließungskern, Anschluss an Fassadenraster), ggf. Teilbarkeit / Nutzung durch Dritte
	11	●	Lebenszykluskosten	rechnerische Abschätzung LCC (in % vom Ø, z. B. mittels BNB-LCC-Tool), alternativ Ersatzindikatoren Errichtung: z. B. BGF bzw. BRI (in % vom Ø). Betrieb: Ergebnis Kriterium 14 + 15 sowie Dauerhaftigkeit Gebäudehülle und ggf. Reinigungsfreundlichkeit
Ressourcen und Energie	12	●	Flächenversiegelung	Versiegelungsgrad des Grundstückes (in %, inkl. 50% Gründach), ggf. Ausgleichsmaßnahmen, ggf. solare Absorption Fassade
	13	●	Baustoffe	BRI / Hüllflächenanteil / Baumasse unter Gelände (in % vom Ø), nachwachsende Rohstoffe (Tragwerk, Fassade), Dauerhaftigkeit der Gebäudehülle
	14	●	Energiebedarf	rechnerische Abschätzung Endenergiebedarf (in % vom Ø, z. B. mittels EnerCalc), alternativ Ersatzindikatoren: z. B. A/V-Verhältnis, Fensterflächenanteile etc.
	15	●	Energiebedarfsdeckung	formale Gebäudeintegration erneuerbare Energieerzeugung (Fassade / Dach), Energiebedarfsdeckung Solartechnik (in %, bei interdisziplinären Verfahren: ggf. Erschließung lokaler Energiepotenziale, ggf. Effizienz der Gebäudetechnik, ggf. Angemessenheit der Technikenflächen

- Basis-Kriterien
- erweiterte Kriterien

Abb. A.5.3: die 15 vorentwurfsrelevanten SNAP-Kriterien (Anpassung an spezifische Aufgabenstellung erforderlich)

Mittlerweile stellen Nachhaltigkeitsaspekte zentrale Qualitätsmerkmale unserer gebauten Umwelt dar. Insbesondere Architekten, Innenarchitekten, Landschaftsarchitekten und Stadtplaner sind demnach gefordert, beim Entwerfen auch gesellschaftlich relevante Fragestellungen zu lösen. Denn die Mittel des nachhaltigen Bauens sind zugleich die klassischen Mittel der Architektur: Formgebung, Masse und Transparenz, Materialien, Flächenökonomie und Raumwirkung.



B

Entwurf

Nachhaltige Architektur erfordert von allen Projektbeteiligten ein intensiveres Abwägen, Revidieren und Optimieren. Bei teilweise widersprüchlichen Anforderungen unterschiedlicher Nachhaltigkeitskriterien kann eine Verbesserung bestimmter Aspekte eventuell Nachteile in anderen Bereichen auslösen. Solche Optimierungen lassen sich nicht linear, sondern nur in iterativen und integralen Planungsprozessen abbilden.





52 B.1 Funktionalität und Komfort optimieren

- 52 B.1.1 Funktionstüchtige Erschließung gewährleisten
- 52 B.1.2 Umweltgerechte Mobilitätsinfrastruktur vorsehen
- 54  [Barrierefreiheit](#)
- 55 B.1.3 Aufenthaltsqualitäten innen und außen schaffen
- 55 B.1.4 Barrierefreiheit planen
- 57  [Behaglichkeit](#)
- 58 B.1.5 Behaglichkeit und Sicherheit optimieren





64 B.2 Energiekonzept entwickeln

- 64 B.2.1 Randbedingungen und Ziele konkretisieren
- 66  [Energiekonzept](#)
- 69 B.2.2 Kubatur und Grundriss optimieren
- 72 B.2.3 Gebäudehülle optimieren
- 77  [EnEV und EEWärmeG](#)
- 79 B.2.4 Effiziente Gebäudetechnik planen
- 83 B.2.5 Umfeld und Außenraum energetisch nutzen





85 B.3 Ressourcenschonendes Materialkonzept entwickeln

- 86 B.3.1 Ökobilanzierung initiieren
- 87  [Materialkonzept](#)
- 89 B.3.2 Materialaufwand minimieren
- 90  [Ökobilanz](#)
- 94 B.3.3 Kreislaufoptimierte Materialien anstreben
- 97 B.3.4 Umweltinventar schonen




99 B.4 Schadstoffemissionen vermeiden

- 99 B.4.1 Ziele für Schadstofffreiheit konkretisieren
- 99 B.4.2 Schadstoffrisiken vermeiden
- 101  [WECOBIS Datenbank](#)
- 102  [Bearbeitungsprozess für schadstoffarmes Bauen](#)



104 B.5 Gesamtwirtschaftlichkeit optimieren

- 104 B.5.1 Lebenszykluskosten berechnen
- 105 B.5.2 Maßnahmen zur Kostensenkung identifizieren
- 106  [Lebenszykluskostenberechnung](#)

Hohe Gebrauchstauglichkeit und Funktionalität bilden die Basis für die dauerhafte Nutzbarkeit von Gebäuden. Im Sinne der Nachhaltigkeitsoptimierung ist hierfür eine funktionstüchtige externe und interne Erschließung zu entwickeln (Pkt. B.1.1) sowie eine umweltgerechte Mobilitätsinfrastruktur auszubilden (Pkt. B.1.2). Ein abwechslungsreiches Angebot an Aufenthaltsmöglichkeiten im Gebäude und seinem Umfeld befördert die Kommunikation (Pkt. B.1.3). Auch die gleichberechtigte barrierefreie Gestaltung soll dazu beitragen, die räumlichen Qualitäten von Architektur und Freiraum zu verstärken (Pkt. B.1.4). Zudem sind die Behaglichkeits- und Komfortstandards zu konkretisieren und im Rahmen der interdisziplinären Zusammenarbeit in den Planungsprozess einzubeziehen (Pkt. B.1.5).

B.1.1 Funktionstüchtige Erschließung gewährleisten

Auf Grundlage des vorhandenen bzw. projektierten Wege- und Verkehrsnetzes ist ein externes und internes Erschließungskonzept auszubilden, das eine barrierefreie und sichere Erreichbarkeit und Vernetzung ermöglicht:

externe Erschließung

- Bei der externen Erschließung ist auf eine sinnvolle Vernetzung mit der Umgebung sowie auf eine sichere Fußwegenanbindung zu achten. Für eine gute Zugänglichkeit gilt es die Hauptfußgängerströme im Umfeld des Gebäudes und – sofern vorhanden – die fußläufige Anbindung an den ÖPNV zu berücksichtigen. Dabei fördert die eindeutige Lage und Gestaltung der Eingangsbereiche gleichermaßen Auffindbarkeit und Orientierung.

Ver- und Entsorgung

- Eine funktionstüchtige Ver- und Entsorgung sieht eine ausreichend dimensionierte Infrastruktur zur Abfalltrennung vor und bietet ggf. Parkflächen für Kurzzeitparker (z. B. Anlieferverkehr) an.

interne Erschließung

- Die interne Erschließung ermöglicht durch Lage und Anzahl von Eingängen, Treppenhäusern bzw. Aufzügen kurze Wege. Vertikale Erschließungen über Treppen sollten bei entsprechenden Gebäudetypologien offen gestaltet sein und die Förderung der Treppennutzung statt der Nutzung von Aufzügen im Vordergrund stehen. Dementsprechend sind auch ggf. vorzusehende Fluchttreppenhäuser angemessen attraktiv zu gestalten.

Zugänglichkeit durch Dritte

- Bei mischgenutzten Gebäuden ist eine Zugänglichkeit und Möglichkeit zur Nutzung durch Dritte auch außerhalb der regulären „Öffnungszeiten“ zu bedenken.

B.1.2 Umweltgerechte Mobilitätsinfrastruktur vorsehen

In unseren Städten sind ca. die Hälfte der Autofahrten kürzer als 5 km und somit die Ziele oftmals mit dem Fahrrad schneller zu erreichen. Dennoch entspricht der Flächenbedarf an Pkw-Stellplätzen in etwa 20% der Wohnfläche. Wesentliche Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Reduzierung des Verkehrsaufkommens sind bereits im Rahmen der städtebaulichen Planung zu treffen. Das Mobilitätsangebot stellt für Gebäudeplanungen auch einen wichtigen Standortfaktor dar. Je nach Aufgabenstellung ist es ggf. sinnvoll, im Rahmen eines Verkehrskonzeptes und einer Analyse der lokalen Verkehrs- bzw. Mobilitätsströme die Bedeutung der einzelnen Verkehrsmittel zu erheben und auf dieser Grundlage entsprechend effi-

Pkw-Stellplätze und Leihsysteme

Pkw-Stellplätze	<ul style="list-style-type: none"> Quartiersgaragen oder Tiefgaragen bieten die Möglichkeit, ruhenden Verkehr auf nachrangig nutzbaren Flächen unterzubringen. Aus energetischen Gründen ist eine natürliche Belichtung und Belüftung anzustreben. Die sichere Querung der Zufahrt durch Fußgänger ist sicherzustellen.
Anlieferverkehr	<ul style="list-style-type: none"> Gesondert ausgewiesene Parkmöglichkeiten für den Anlieferverkehr – in unmittelbarer Nähe zum Haupt- bzw. Lieferanteneingang – tragen dazu bei, Verkehrsbeeinträchtigungen zu reduzieren.
Leihsysteme	<ul style="list-style-type: none"> Soweit Car- oder Bikesharing-Stellplätze im öffentlichen Straßenraum nicht zugelassen sind, ist das Vorhalten entsprechender Flächen für Leihsysteme frühzeitig zu prüfen. Dabei sollten die Stellplätze auch Bewohnern aus der Umgebung in den Abend- und Nachtstunden zugänglich sein.

Elektromobilität

Elektroauto	<ul style="list-style-type: none"> Für Elektroauto sind > 30% der Stellplätze im bzw. am Gebäude geplant, Vorrüstungen für weitere Ladestationen sind vorhanden.
Elektrofahrrad	<ul style="list-style-type: none"> Für Elektrofahrrad sind > 50% der Stellplätze vorhanden bzw. vorgerüstet.

Fahrrad-Stellplätze und Infrastruktur

Zuwegung	<ul style="list-style-type: none"> Innerhalb der Grundstücksgrenze führt die befahrbare Zuwegung direkt zum Gebäude bzw. den Abstellanlagen.
Positionierung und Entfernung	<ul style="list-style-type: none"> Die Stellplätze sind gut zugänglich im Gebäude angeordnet bzw. weisen eine möglichst geringe Entfernung zum Eingangsbereich auf (z. B. Handel oder Kindergarten max. 10 m/ Büro oder Schule max. 30 m).
Anzahl der Fahrradabstellplätze (ggf. Fahrradabstellplatzsatzung beachten)	<ul style="list-style-type: none"> Büro- und Verwaltungsgebäude: 1 Stellplatz für je 3 Nutzer Bildungsbau: 1 Stellplatz für je 2 Nutzer Wohnungsbau: 1 Stellplatz für je 1 Bewohner
Platzangebot und Anordnungsprinzip	<ul style="list-style-type: none"> Ein ausreichendes Platzangebot und günstiges Anordnungsprinzip der Fahrradanhänger ist gewährleistet.
Witterungsschutz	<ul style="list-style-type: none"> Von den Fahrradabstellplätzen sind > 80% wettergeschützt.
Diebstahlschutz und Beleuchtung	<ul style="list-style-type: none"> Die Anschließbarkeit für Fahrräder ist gewährleistet. Ausreichende Beleuchtung und Vandalismusschutz der Abstellanlage bzw. -plätze sind vorhanden.
Wartungseinrichtungen	<ul style="list-style-type: none"> Flächen und Ausstattungen für kurzfristige Wartungsarbeiten (z. B. Radhalter, Werkzeug etc.) sind am oder im Gebäude angeordnet.

Benutzerkomfort im Gebäude

Duschen und Umkleiden	<ul style="list-style-type: none"> Bei Nichtwohngebäuden lässt sich der Benutzerkomfort durch Duschen und Umkleiden für Radfahrer erhöhen.
Aufbewahrungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> Für die Fahrradkleidung sind Aufbewahrungs- und Trocknungsmöglichkeiten vorhanden.
weitere Mobilitätshilfen	<ul style="list-style-type: none"> Für andere Mobilitätshilfsmittel (z. B. Kinderwagen und -fahrzeuge, Rollatoren etc.) sind ausreichend Abstellräume bzw. -möglichkeiten vorzusehen. Diese sollten möglichst niveaugleich auf der Eingangsebene liegen oder barrierefrei zugänglich sein.

Abb. B.1.1: Empfehlungen zur umweltgerechten Mobilitätsinfrastruktur (nach BNB Kriterium 3.2.5 und DGNB Kriterium TEC3.1)

zient zu organisieren. Ein hoher Fahrradkomfort sowie die Förderung von Elektromobilität (Elektroauto, -roller, -fahrrad) unterstützen die Entwicklung umweltgerechter Mobilität. Auf Basis oftmals bindender Stellplatzsatzungen sind in Abstimmung mit der Kommune Mobilitätslösungen zu suchen, die Pkw-Stellplätze auf den tatsächlichen Bedarf reduzieren, den ÖPNV und das Fahrrad priorisieren oder leicht zugängliche Leihsysteme anbieten. Abb. B.1.1 fasst entsprechende Maßnahmen und Anforderung zusammen.

1 BNB Kriterium 3.2.5
„Mobilitätsinfrastruktur“

Die UN-Mitgliedsstaaten haben sich im Rahmen der Behindertenrechtskonvention 2008 u. a. verpflichtet, Barrierefreiheit, persönliche Mobilität und unabhängige Lebensführung als Menschenrecht zu fördern und Gleichberechtigung für Menschen mit Behinderungen zu sichern. Darüber hinaus fand die Zielsetzung in Deutschland u. a. Eingang in folgende Normen:

- DIN 18040-1 „Öffentlich zugängliche Gebäude“, wobei die „Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR V3a.2)“ zusätzlich zu beachten sind.
- DIN 18040-2 „Wohnungen“, die zwischen dem Basisstandard „barrierefrei nutzbar“ sowie dem erweiterten Standard „barrierefrei und uneingeschränkt mit dem Rollstuhl nutzbar – R“ unterscheidet.
- DIN 18040-3 „Öffentlicher Verkehrs- und Freiraum“

Mit Unterstützung des Bayerischen Staatsministeriums für Familie, Arbeit und Soziales bietet die Bayerische Architektenkammer mit den „Beratungsstellen Barrierefreiheit“ an 18 Standorten für alle am Bau Beteiligten kostenlose Informationsmöglichkeiten. Darüber hinaus erläutern drei Leitfäden der Kammer

die Anwendung der Normen DIN 18040 Teile 1–3, wobei die Teile 1 und 2 der Norm als Technische Baubestimmungen bayernweit eingeführt sind. Die Leitfäden „01 Öffentlich zugängliche Gebäude“ und „02 Barrierefreie Wohnungen“ sowie „03 Öffentlicher Verkehrs- und Freiraum“ sind als PDF abrufbar oder als Broschüre zu bestellen: www.byak-barrierefreiheit.de

Mehr als 20% der Bevölkerung sind zumindest zeitweise auf eine barrierefreie Umwelt angewiesen. Demnach betrachten die Leitfäden der Bayerischen Architektenkammer Barrierefreiheit für alle Bevölkerungsgruppen auch im Kontext des demographischen Wandels als selbstverständliche Voraussetzungen unseres geplanten und gebauten Lebensumfeldes. Letztlich soll die barrierefreie Gestaltung die räumlichen Qualitäten von Architektur und Freiraum bereichern.

Bereits in der frühen Projektphase, spätestens jedoch zu Beginn der Entwurfsplanung, sind die Anforderungen an die Barrierefreiheit zu definieren bzw. konkretisieren. Abb. B.1.2 fasst für Nichtwohngebäude die wesentlichen Aspekte und Planungsthemen zusammen.

Anforderung	Erläuterung
allgemeine Anforderungen	für öffentlich zugängliche Bereiche und Arbeitsstätten
spezielle Anforderungen	an die barrierefreie Gestaltung von Arbeitsplätzen in Abstimmung mit den Schwerbehindertenvertretungen
Raumbedarfsplan	Darlegung der Anforderungen an die Barrierefreiheit in Arbeitsstätten sowie in öffentlich zugänglichen Bereichen, wobei der gegebenenfalls notwendige Flächenmehrbedarf von 10–12% in betroffenen Bereichen zu prüfen ist
Baugrundstück	Anforderungen hinsichtlich Lage der Zugänge, topographische Situation prüfen
äußere Erschließung	barrierefreie Anbindung an den ÖPNV und den Individualverkehr, Anzahl der barrierefreien Stellplätze
vertikale und horizontale Erschließung	qualitative Anforderungen an öffentlich zugängliche Bereiche, Arbeitsstätten
barrierefreie Sanitärräume	Anforderungen an die Anzahl in öffentlich zugänglichen Bereichen sowie an Arbeitsstätten prüfen
qualitativer Raumbedarf	Festlegung von Räumen mit besonderen Anforderungen an die barrierefreie Gestaltung
Außenräume	Festlegung von Anforderungen an die barrierefreie Nutzung, die über die Erschließungs- und Aufenthaltsfunktion hinausgehen

Abb. B.1.2: Festlegung von Anforderungen an die Barrierefreiheit

B.1.3 Aufenthaltsqualitäten innen und außen schaffen

Eine hohe Aufenthaltsqualität fördert gleichermaßen das Wohlbefinden wie die Kommunikation und trägt somit zur Zufriedenheit der Nutzer bzw. Bewohner bei.

Kommunikationsfördernde Aufenthaltsbereiche im Gebäude

Je nach Nutzungstypologie, Raumprogramm und Standort können folgende Angebote und Ausstattungen dem Gemeinwohl dienen:

- Erschließungsbereiche mit hoher Aufenthaltsqualität und guter Tageslichtversorgung (wie etwa Eingänge, Foyerflächen, Treppen oder ggf. ausgeweitete Flure)
- Gemeinschaftsanlagen und Kommunikationszonen (z. B. Atrien und Innenhöfe, Pausenbereiche und Teeküchen mit verschiedenen Sitzplatzangeboten)
- Angebote für Familien (z. B. Räumlichkeiten für Kinderbetreuung, Kinderspielbereiche, Räume mit Still- und Wickelmöglichkeiten)
- Zusatzangebote erhöhen die Nutzungsdichte und -auslastung (beispielsweise Cafeteria/Kantine, Fitness, Sauna, Bibliothek, Waschküchen, Werkräume, anmietbare Wohn- und Arbeitsräume, Multifunktionsräume)

Erschließungsbereiche

Gemeinschaftsanlagen und Kommunikationszonen

Angebote für Familien

Zusatzangebote

Insbesondere im Wohnungsbau kann die Strategie der Externalisierung, bei der Funktionen des Wohnens in Gemeinschaftsflächen des Gebäudes verlegt bzw. geteilt werden, dazu beitragen, Wohnflächen zu minimieren und Nutzungen zu verdichten. Um eine Funktion als Kommunikationsraum zu übernehmen sind diese Räume natürlich zu belichten und barrierefrei zu gestalten. Ihre Lage ist so zu wählen, dass keine Störungen für die privaten Bereiche der Wohnungen entstehen.

Externalisierung prüfen

Ausstattungsmerkmale im Außenraum

Zu den kommunikationsfördernden Ausstattungsmerkmalen im Außenraum zählen:

- Sonderflächen im Erdgeschoss, wie etwa Terrassen oder Freisitze
- Außenraumflächen mit differenzierten Ausstattungsangeboten wie z. B. Sitz- bzw. Liegemöglichkeiten, flexible und feste Überdachungen, Sonnen- und Windschutz, Wasserelemente, Stromversorgung für Außenarbeitsplätze
- nutzbare Flächen auf dem Dach (Dachterrasse und -gärten) oder an der Fassade (Balkone, Loggien, Wintergärten)

Sonderflächen im EG
Außenraumflächen

nutzbare Dach- und Fassadeflächen

Dabei steht die qualitative Verbesserung der Außenraumsituation auch in einem unmittelbaren Zusammenhang mit der Akzeptanz der Nachbarn in Bezug auf bauliche Veränderungen und ggf. höhere Dichte.

B.1.4 Barrierefreiheit planen

Auf Basis der projektspezifischen Anforderungen an die Barrierefreiheit (Abb. B.1.2 und INFOBOX Barrierefreiheit) ist im Zuge der Vorentwurfs- und Entwurfsplanung ein „Konzept Barrierefreiheit“ zu entwickeln, das es in den nachfolgenden Leistungsphasen sukzessive zu konkretisieren gilt. Der „Leitfaden Barrierefreies Bauen“ des Bundes untergliedert dabei die Anforderungen zur Nutzungserleichterung an die gebaute Umgebung nach Einschränkungen in vier Handlungsfelder und verdeutlicht die diesbezüglich relevanten Planungsaspekte:

- Hierbei sind der erhöhte Platzbedarf, geometrische Abmessungen sowie die Schwellenlosigkeit, insbesondere bei der horizontalen und vertikalen Erschließung, zu beachten.

! „Leitfaden Barrierefreies Bauen“
des Bundes:
www.bmu.bund.de

Einschränkung der
Bewegungsfähigkeit, Motorik
und Kondition

Einschränkung der visuellen Wahrnehmung

Einschränkung der auditiven Wahrnehmung

Einschränkung der Kognition

empfohlene Mindestanforderungen

- Bei dieser Nutzergruppe ist auf die Vermeidung von Gefahren bzw. Hindernissen und auf eine kontrastreiche Gestaltung zu achten. Zudem ist ein Orientierungs- und Leitsystem vorzusehen, das auf dem Zwei-Sinne-Prinzip basiert (Hören, Sehen und Tasten).
- Zur Kompensation tragen eine gute bauliche Akustik mit reduzierten Nachhallzeiten, technische Maßnahmen (z. B. induktive Höranlagen) sowie Informationen nach dem Zwei-Sinne-Prinzip bei.
- Der Handlungsbedarf umfasst gut strukturierte Erschließungssysteme, Grundrisse und Funktionsverteilungen, die eine leichte Orientierung unterstützen.

Unter Berücksichtigung der für die Bauaufgabe wesentlichen Handlungsfelder ist die Planung entsprechend der in Abb. B.1.3 aufgeführten Aspekte auszuarbeiten. Dabei wird die Einhaltung der nachfolgend genannten Mindestanforderungen empfohlen. Bei zertifizierten Gebäuden stellen diese Mindestanforderungen ein Ausschlusskriterium dar:

- Der Haupteingang (für die Besucher) und die Personaleingänge (für Mitarbeiter) sind barrierefrei gestaltet.
- Eingänge, Bewegungsflächen vor der/den Eingangstür/en (ggf. Aufzug) sowie die zugehörigen Verkehrs- und Nebenflächen sind gemäß DIN 18040 auszuführen.
- Alle Nutzungseinheiten können barrierefrei erschlossen werden.
- Informationen für die Bedienung (z. B. Eingangstüren, Aufzug) sind nach dem Zwei-Sinne-Prinzip vorhanden (visuell, akustisch, taktil)
- Es wird ein Toilettenraum nach DIN 18040 ausgebildet, dessen Lage gleichwertig zu anderen Sanitärbereichen anzuordnen und der von jedem Eingangsbereich oder öffentlichen Bereich zugänglich ist.

„ready“-Standard

Im Wohnungsbau liefert zudem der „ready“-Standard wertvolle Anregungen zur Vorbereitung von altersgerechten Wohnungen (Pkt. C.1.2), indem er die bauliche Vorbereitung und Anpassbarkeit in den Fokus stellt.

Planungsthema	Aspekte
Gesamtkonzept	<ul style="list-style-type: none">• städtebauliche Integration• Orientierungs- und Leitsysteme
Erschließung	<ul style="list-style-type: none">• Gehwege und Erschließungsflächen außen• Flure und horizontale Erschließungsflächen innen• Rampen innen und außen• Treppen und Stufen innen und außen• Aufzugsanlagen• Türen• Alarmierung und Evakuierung
Ausstattung	<ul style="list-style-type: none">• Serviceschalter, Kassen, Kontrollen, Beratungsstellen und Warteräume• Ausstattungselemente innen und außen• Bedienelemente und Kommunikationsanlagen• Fenster und Glasflächen
Räum	<ul style="list-style-type: none">• Außenräume, Eingang und Foyer, Rollstuhlabbstellplätze und Garderoben, Räume für Veranstaltungen, Museen und Ausstellungen, Gastronomie und Teeküchen, Sanitäranlagen, Büroarbeitsplätze, Beherbergungsstätten

Abb. B.1.3: zu berücksichtigende Planungsthemen bzw. -aspekte für das „Konzept Barrierefreiheit“



Ein elementares Ziel der Gebäudeplanung ist das Wohlbefinden der Nutzer. Um diesen Zustand zu beschreiben, wird meist der Fachbegriff „Behaglichkeit“ verwendet. Er umfasst alle relevanten Einflussfaktoren, die sich in Innenräumen auf das Wohlbefinden der Nutzer auswirken. Man unterscheidet üblicherweise nach den Sinnesorganen zwischen thermischen (Haut), akustischen (Ohr), visuellen (Auge) und olfaktorischen (Nase) Einflüssen. Ergänzend spielen ggf. Schadstoffe, Sicherheitsempfinden, Luftdruck oder die sogenannte Raumluftelektrizität eine Rolle (Abb. B.1.4).

Die Behaglichkeit ist ein weitgehend subjektives Empfinden, das individuell unterschiedlich ausgeprägt ist. Neben messbaren physikalischen Faktoren spielen auch physiologische Kriterien (z. B. Alter, Geschlecht, Konstitution etc.) sowie wandelbare Bedingungen (z. B. Kleidung, Tätigkeitsgrad etc.) eine wesentliche Rolle. Es kann daher keine maximale Behaglichkeit für alle Nutzer erreicht werden, die Zielsetzung muss sich vielmehr an einem durchschnittlichen Optimum orientieren.

Im Zentrum der Planung steht insbesondere die thermische Behaglichkeit. Sie ist nach DIN 1946-2 „Raumlufttechnik“ wie folgt definiert:

„Thermische Behaglichkeit ist dann gegeben, wenn der Mensch Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftbewegung und Wärmestrahlung in seiner Umgebung als optimal empfindet und weder wärmere noch kältere, weder trockenere noch feuchtere Raumluft wünscht“. Entsprechend sind neben der Lufttemperatur auch die Temperaturen der Raumbooberflächen von Bedeutung, da der Nutzer immer im Strahlungsaustausch mit Wänden, Böden und Decken steht. Eine gut oder nachträglich gedämmte Außenwand verursacht nicht nur geringere Wärmeverluste, sondern führt im Winter auch zu einer höheren Temperatur der Wandinnenoberfläche. Dadurch wird die thermische Behaglichkeit erheblich gesteigert und die gleiche empfundene (operative) Temperatur lässt sich auch bei niedrigeren Lufttemperaturen erreichen (S. 58, Abb. B.1.5). Weitere Einflussgrößen sind die Luftbewegung und die relative Luftfeuchte. Bewegte Luft (z. B. durch Lüftungsanlagen) hat für den Nutzer einen kühlenden Effekt und wird daher in der Heizperiode als unangenehm empfunden. Eine zu hohe Luftfeuchte (> 60% rel. LF) erhöht die Bildung von Kondensat und Schimmel, eine zu trockene Luft (< 30% rel. LF) belastet die Schleimhäute der Atemwege.

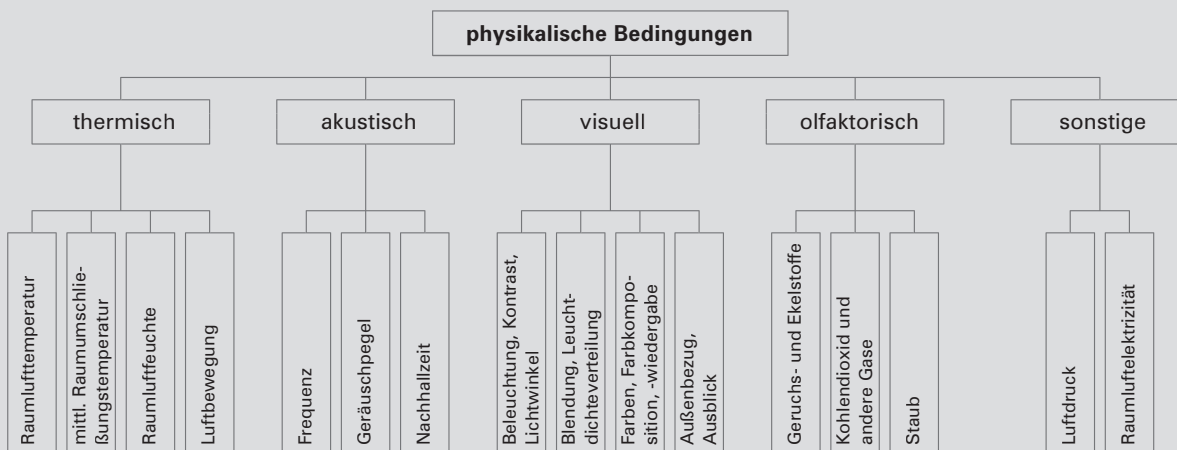


Abb. B.1.4: Übersicht physikalischer Einflussgrößen auf die Behaglichkeit

Die Behaglichkeit des Menschen basiert als subjektives Empfinden auf der Wahrnehmung einer Vielzahl von äußeren Einflüssen (S. 57, INFOBOX Behaglichkeit). Für die Planungspraxis ist es ratsam, diese frühzeitig und umfassend zu klären. Dafür müssen die komfortdefinierenden Normen und Richtlinien geprüft und ggf. auch hinterfragt werden (z. B. Empfehlungen für Luftwechsel nach Passivhaus oder DIN 13779, Lüftung von Nichtwohngebäuden). Wichtige Schritte zur Definition und Einbindung der Behaglichkeitsziele sind:

Definition von Zielwerten

Schallschutzqualitäten

Bauakustikqualitäten

Lüftungsqualitäten

Belichtungs- und Beleuchtungsqualitäten

- Festlegung von Zielwerten zur Definition der thermischen Behaglichkeit über die Kriterien Raumluftqualität und -feuchte, operative Temperatur, Zugluft, Strahlungstemperaturasymmetrie und Fußbodentemperatur, z. B. im Rahmen der DIN EN 13779
- Abstimmung der Schallschutzqualitäten nach DIN 4109 sowie ggf. für erhöhte Schallschutzanforderungen nach VDI 4100
- Prüfung von Anforderungen aus der Bauakustik gemäß DIN 18041
- bei Wohngebäuden Erstellung eines Lüftungskonzepts nach DIN 1946-6 „Lüftung von Wohnungen“
- bei Bürogebäuden Festlegung von Zielwerten für die Belichtung an Arbeitsplätzen nach Arbeitsstättenrichtlinie (ASR A3.4) sowie DIN EN 12464-1 für Innenräume

Dabei kann im Sinne der Nachhaltigkeit als Ziel nicht die maximale Behaglichkeit, sondern das „optimale Minimum“ verstanden werden. So können z. B. Räume, die selten genutzt werden oder die geringere Anforderungen haben, auch auf reduziertem Komfortniveau betrieben oder die zeitweise Überschreitung von Kennwerten akzeptiert werden.

Thermischer Komfort

Die thermische Behaglichkeit wirkt sich neben der Nutzerzufriedenheit auch unmittelbar auf den Energieverbrauch von Gebäuden aus (S.66, INFOBOX Energiekonzept). Durch eine frühzeitige integrale Planung sollten daher insbesondere die baulichen Maßnahmen optimiert werden, um erforderliche gebäudetechnische Systeme so weit wie möglich zu reduzieren. Die thermische Behaglichkeit bildet die wesentliche Grundlage für gesundes Raumklima und Wohlbefinden, ebenso für konzentrations- und leistungsfördernde Randbedingungen. Sie kann differenziert werden in winterliche und sommerliche Behaglichkeit:

1 BNB Kriterium 3.1.1 „Thermischer Komfort“

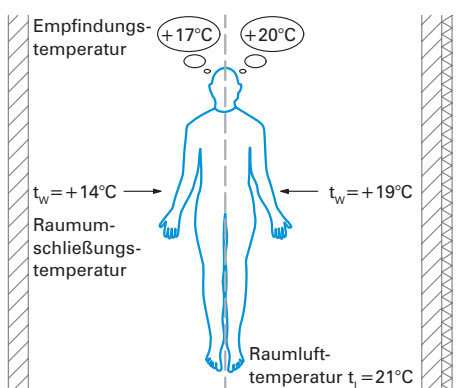


Abb. B.1.5: Einfluss der thermischen Qualität der Außenwand auf die empfundene Temperatur

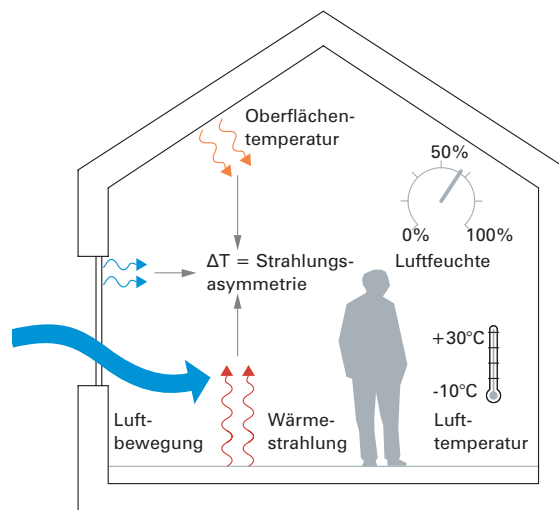
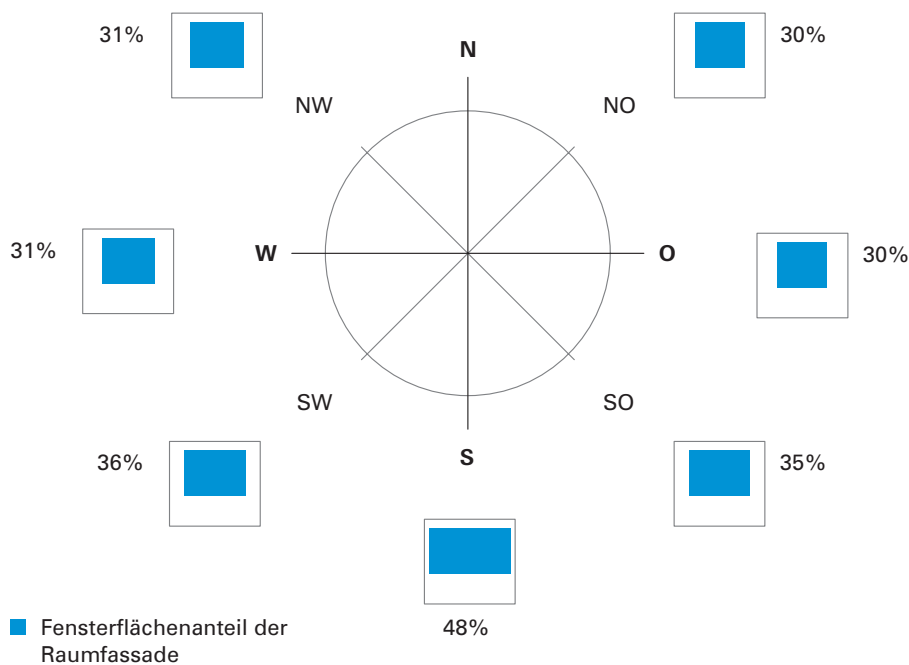


Abb. B.1.6: Einflussgrößen für die thermische Behaglichkeit





Randbedingungen:

Raumgröße = 3 x 5 m, lichte Höhe 2,80 m, Standort Darmstadt (Klimaregion C), Energiedurchlassgrad Fenster $g = 0,48$, außenliegender Sonnenschutz Lamellen-Raffstore, erhöhter Tagluftwechsel über öffnbare Fenster (wenn $t_i > 23^\circ\text{C}$ und über t_a), kein erhöhter Nachtluftwechsel

Abb. B.1.7: maximaler Fensterflächenanteil bei Gebäuden ohne maschinelle Kühlung gemäß thermisch-dynamischer Simulation nach DIN 4108 nach Himmelsrichtung

- In der Heizperiode gilt, dass das Wärmeempfinden im Raum nicht nur durch die Raumlufttemperatur bestimmt wird, sondern auch durch den Strahlungsaustausch mit den umgebenden Innenoberflächen (Abb. B.1.5). Der Mittelwert aus Lufttemperatur (t_L) und der mittleren Oberflächentemperatur (t_W) wird als operative oder auch empfundene Temperatur bezeichnet. Die Differenz der beiden Temperaturen sollte dabei möglichst gering sein. Eine gute thermische Hülle mit geringen U-Werten und angemessenem Fensterflächenanteil bildet dafür die Grundlage.
- Ergänzend wird die empfundene Lufttemperatur wesentlich von der Luftbewegung beeinflusst. Insofern ist ggf. eine Minimierung von Zuglufterscheinungen durch raumluftechnische Anlagen zu optimieren. Dies kann durch eine Begrenzung der Luftwechselraten und eine geeignete Form der Luftübergabe an den Raum (z. B. durch Quelllüftung) erfolgen (Abb. B.1.6).

operative (empfundene) Raumtemperatur

Luftströmung

Zur Optimierung der Behaglichkeit in der Kühlperiode sind folgende Planungsaspekte von Bedeutung, die eine Überhitzung von Innenräumen reduzieren können:

- Fensterflächenanteile, die nach Himmelsrichtungen und Nutzungen abgestimmt und differenziert sind. Die in Abb. B.1.7 dargestellten Fensterflächen stellen beispielhaft in Kombination mit einem effizienten Sonnenschutz angenehme Temperaturen im Sommer ohne aktive Kühlung sicher.
- Planung von Speichermasse (z. B. in Form massiver Wand- und Deckenbauteile), die einen Teil der Wärmeenergie aufnehmen und zeitversetzt abführen kann (S. 60, Abb. B.1.8). Dabei ist vor allem die Wärmeabfuhr, z. B. durch eine Nachtlüftkühlung, sicherzustellen.
- Neben der baulichen Fassadengestaltung (z. B. durch Überstände, Rücksprünge) und der Verglasungsart gilt es in der Entwurfsphase vor allem durch die Wahl des Sonnenschutzsystems einen wirkungsvollen

Verglasungen nach Orientierung

Speichermasse mit Nachtlüftkühlung

Sonnenschutzsystem

sommerlichen Wärmeschutz sicherzustellen (Abb. B.1.9). Dabei sind beispielsweise bei Bürogebäuden Abminderungsfaktoren (f_c -Wert nach DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“) von max. 0,25 anzustreben. Dies bedeutet, dass der Energieeintrag durch das Sonnenschutzsystem auf 25 % reduziert wird. Sehr niedrige Abminderungsfaktoren können zu Zielkonflikten hinsichtlich des Außenraumbezugs bzw. der freien Durchsicht führen. Sonnenschutzsysteme lassen sich prinzipiell auch nach Einfallswinkel der Solarstrahlung differenzieren. So eignen sich in Südrichtung insbesondere horizontale Lamellen, in Ost-West-Richtung bietet ggf. eine vertikale Lamellenstruktur Vorteile.

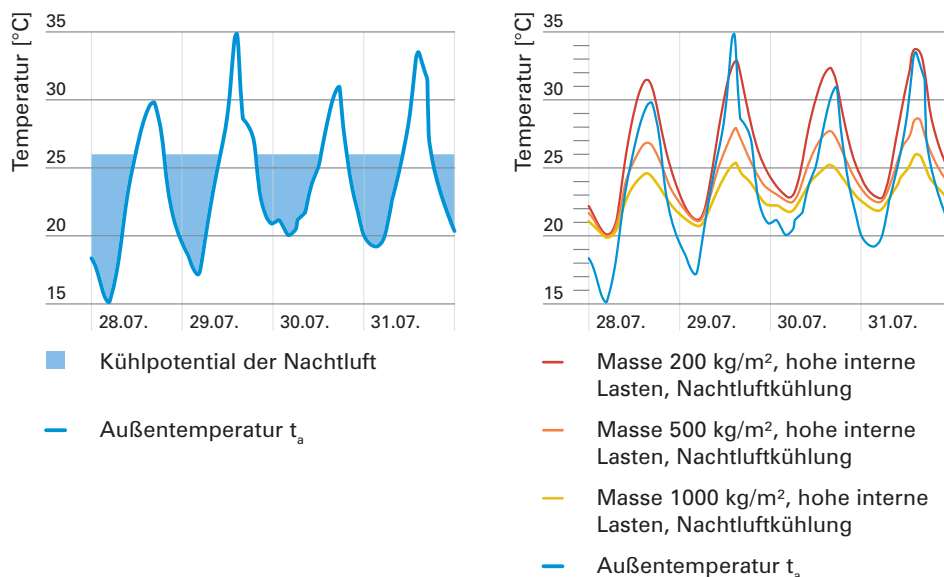


Abb. B.1.8: Kühlpotenzial der Nachtluft (links); Speicherefähigkeit unterschiedlicher Bauweisen (rechts)

Element

Konstruktion	<ul style="list-style-type: none"> • Überstände • Vertiefungen • Neigungen
Verglasung	<ul style="list-style-type: none"> • Beschichtung • Bedruckung • starre Elemente im Scheibenzwischenraum • schaltbare Gläser
Sonnenschutz	<ul style="list-style-type: none"> • innen liegend • außen liegend, starr und flexibel • in Doppelverglasung, starr und flexibel

Sonnenschutzsysteme	Abminderungsfaktor f_c [%]
• ohne Sonnenschutzsystem	1,0
innen liegend oder zwischen den Scheiben	
• weiße/reflektierende Oberfläche mit geringer Transparenz	0,75
• helle Farben oder geringe Transparenz	0,8
• dunkle Farben oder höhere Transparenz	0,9
außen liegend	
• drehbare Lamellen, hinterlüftet	0,25
• Jalousien / Stoffe geringer Transparenz, hinterlüftet	0,25
• Jalousien, allgemein	0,4
• Rollläden, Fensterläden	0,3
• Vordächer, Loggien, frei stehende Lamellen	0,5
• Markisen, oben und seitlich ventiliert	0,4
• Markisen, allgemein	0,5

Abb. B.1.9: Sonnenschutzkonzepte und Abminderungsfaktoren



- Zur Überprüfung der Wirksamkeit eines Sonnenschutzsystemes kann sowohl das klassische Tabellenverfahren als auch eine vereinfachte thermische Simulation nach DIN 4108 dienen. Diese führt in der Regel zu besseren Ergebnissen und kann somit – über die Reduktion des Aufwandes für Verschattungselemente – zur Kostensenkung beitragen. Zur Optimierung ist für größere Bauten mit erhöhten Behaglichkeitsanforderungen eine thermisch-dynamische Simulation nach DIN EN 15251 und DIN EN ISO 7730 empfehlenswert (Abb. B.1.10). Durch die Berechnungen können die zu erwartenden Übertemperaturen sowohl in der Höhe als auch in der Häufigkeit des Auftretens ermittelt und als Entscheidungsgrundlage in den Entwurfsprozess eingebunden werden.

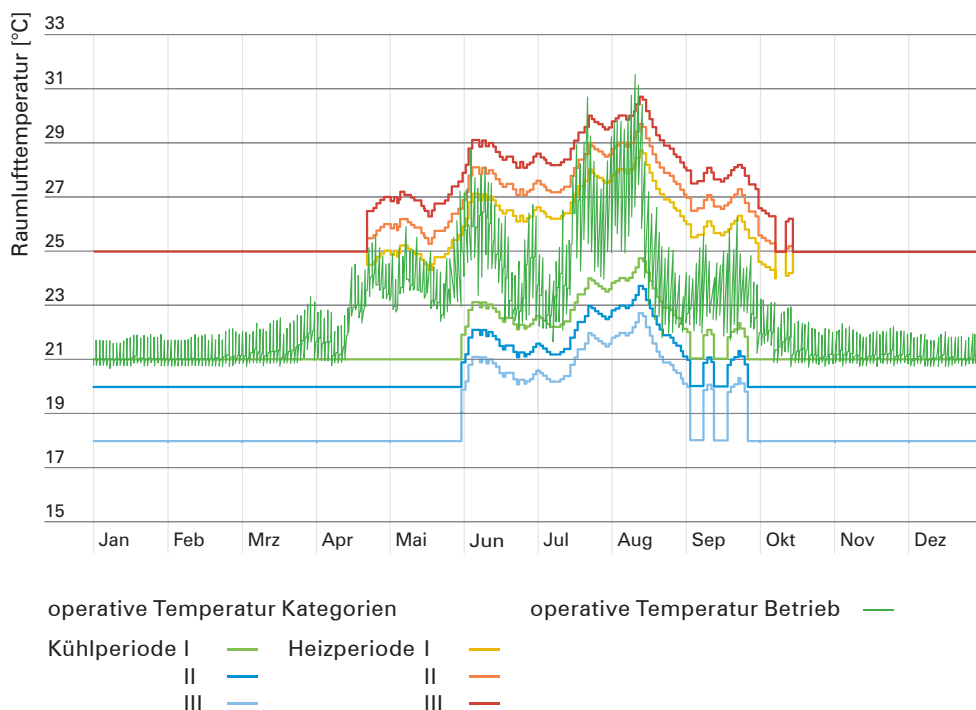


Abb. B.1.10: Beispiel einer thermisch-dynamischen Simulation

Visueller Komfort

Eine angemessene Tageslichtversorgung gewährleistet förderliche Wohn-, Arbeitsplatz- bzw. Aufenthaltsqualitäten und kann krankheitsbedingte Ausfälle reduzieren. Eine gute Tageslichtverfügbarkeit trägt zudem zur Reduktion des Kunstlichtbedarfs und somit des Energiebedarfs bei. Planungsziele sind demnach:

- Hohe Tageslichtverfügbarkeit durch guten Tageslichtquotienten. Er gibt das Verhältnis der Beleuchtungsstärke im Raum zur Beleuchtungsstärke draußen bei bedecktem Himmel an. Beispielhafte Zielwerte für die höchste Qualitätsstufe für die Tageslichtverfügbarkeit gemäß DIN 5034 bei Bürogebäuden ist nach BNB beispielsweise ein Tageslichtquotient von mind. 2% für 50% der Nutzflächen. Im Falle von anspruchsvollen Zielvorgaben wird bereits im Vorentwurf eine Tageslichtsimulation nach DIN 5034-3 angeraten (S. 62, Abb. B.1.11).
- Optimierung des Tageslichtquotienten durch konzeptionelle, planerische Maßnahmen, z. B. Orientierung des Gebäudes und der Nutzungen, Anstrengung geringer Raumtiefen (z. B. natürlich belichtete Raumtiefe/Raumzone mit weitgehender Tageslichtautonomie bis zum 1,5- bis 2-fachen der Fenstersturzhöhe), Vermeidung innen liegender, unbelichteter Räume, angemessene Fensterflächenanteile (nach DGNB für

i BNB Kriterium 3.1.5
„Visueller Komfort“

Tageslichtquotient

planerische Maßnahmen

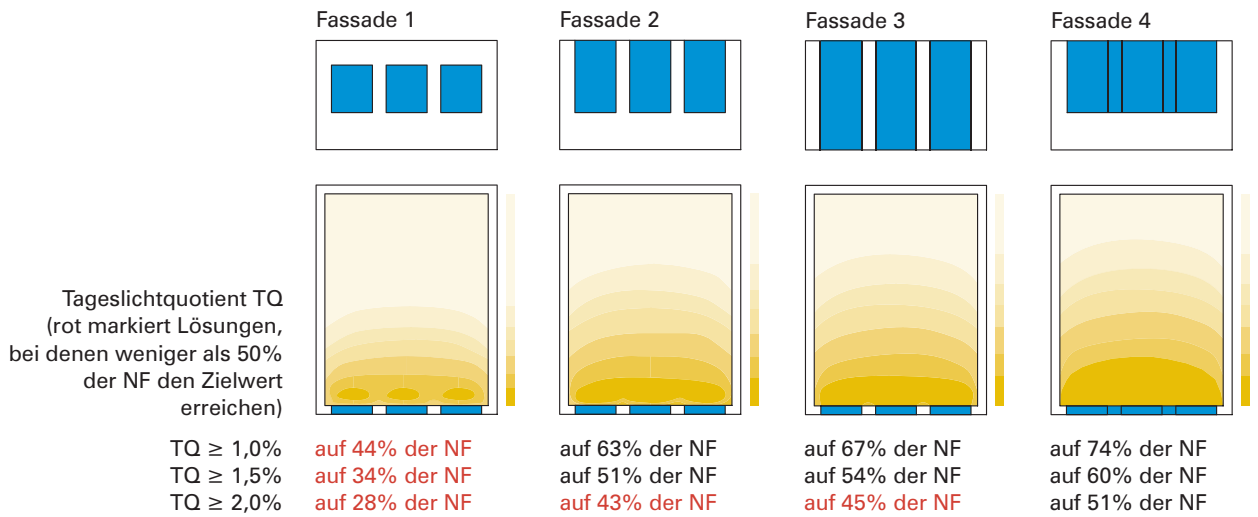


Abb. B.1.11: visueller Komfort: Tageslichtverfügbarkeit bei unterschiedlichen Fensterflächenanteilen (FF) in % ausgewiesen als Tageslichtquotient (TQ) je NF in %

B

Sichtverbindungen

Bürogebäude beispielsweise 40%, Flächenanteil von Lichtkuppeln in Flachdächern je nach Standort und konstruktiver Ausbildung: 3–7% der Dachfläche) und günstige Fensterpositionierung sowie Sturzausbildung; angepasster Sonnen- bzw. Blendschutz und ggf. Tageslichtlenkung.

- Eine gute Sichtverbindung nach außen von allen ständig genutzten Arbeitsplätzen und Aufenthaltsräumen aus (Wechselwirkung mit Sonnenschutz beachten).

Akustischer Komfort

Schallbelästigungen und ungeeignete akustische Verhältnisse beeinflussen das Wohlbefinden und können die Gesundheit beeinträchtigen. Im Entwurf zählen zu den wesentlichen planerischen Maßnahmen:

- Gewährleistung eines wirksamen Schallschutzes gegenüber Außenlärm durch konzeptionelle Vorkehrungen (z. B. Orientierung des Gebäudes und der Nutzungen, Öffnungsanteil, Ausbildung der Fassaden).
- Anordnung und Ausbildung privater Freiräume (z. B. Balkone, Loggien etc.) unter Berücksichtigung des Schallschutzes.
- Guter Schallschutz zwischen unterschiedlichen Nutzungsbereichen durch entsprechende Grundrissplanung (z. B. Lage der Erschließungskerne, Anordnung der Nutzungen und ggf. Außenspielflächen sowie der Ver- und Entsorgung). Im Geschosswohnungsbau ist der Schallschutz zwischen den Wohneinheiten von besonderer Bedeutung. Vor allem bei Sanierungsprojekten oder Gebäuden in Leichtbauweise (z. B. Holzkonstruktionen) müssen die Wohnungstrennwände und Decken im Hinblick auf den Schallschutz sorgfältig geplant werden. Dies gilt auch für den Schallschutz gegenüber haustechnischen Anlagen. Empfehlenswert ist eine Klärung der Anforderungen hinsichtlich DIN 4109 und der Schallschutzqualität nach VDI 4100.
- Auch innerhalb einzelner Räume ist der akustische Komfort von Bedeutung. Hier spielt die Nachhallzeit eine zentrale Rolle. Vor allem bei Räumen mit hoher Belegungsdichte und anspruchsvollen Nutzungen, wie z. B. Großraumbüros oder Unterrichtsräume, muss bei der Planung die Raumakustik in besonderer Weise beachtet werden (Abb. B.1.12).

1 BNB Kriterium 3.1.4 „Akustischer Komfort“

Schallschutz

Freiräume

Nutzungsbereiche

Nachhallzeit



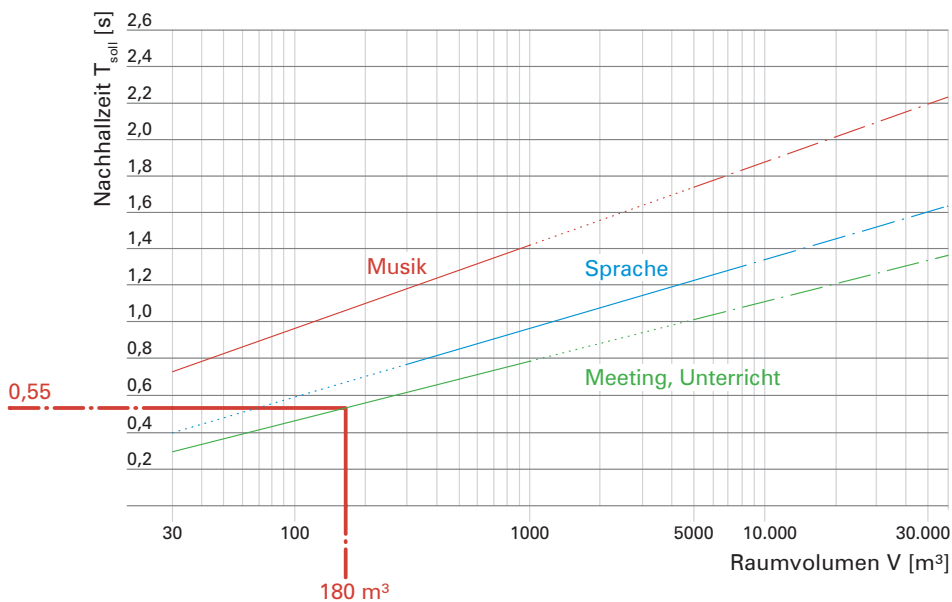


Abb. B.1.12: beispielhafte Anforderungen an die Nachhallzeit für unterschiedliche Raumgrößen und Nutzungen

Raumluftkomfort

Für einen förderlichen Raumluftkomfort sind die Vermeidung einer wahrnehmbaren Luftbelastung (z. B. Geruchsbelästigung) und vor allem die Begrenzung der CO_2 -Konzentration von Bedeutung. Für sensible Räume (z. B. Schlafräume oder Unterrichtsräume in Schulen) sollte frühzeitig die maximale CO_2 -Emission untersucht werden, da diese eine entscheidende Randbedingung für das umzusetzende Lüftungskonzept bildet. Insbesondere bei Gebäuden mit natürlicher oder kombinierter natürlicher und mechanischer Lüftung („Hybrid-Lüftung“) ist die CO_2 -Konzentration der Räume zu ermitteln und – wo nötig – zu optimieren.

Sicherheit und Übersichtlichkeit

Benutzer sollen sich im Gebäude sicher fühlen (z. B. Schutz vor Unfall, Einbruch, Brand) und sich auch in dessen Umgebung sorgenfrei und ungefährdet bewegen können (z. B. Schutz vor Überfall, Naturgefahren). Demnach sind objektiven Gefahrenpotenzialen (z. B. standortspezifische Naturgefahren, Stolperfallen, Brand) planerisch entgegenzuwirken und Beiträge zum subjektiven Sicherheitsempfinden vorzusehen. Neben der obligatorischen Funktionstüchtigkeit der Flucht- und Rettungswege sind ggf. folgende Faktoren von Bedeutung:

- Alle Wege und Aufenthaltsflächen im Gebäude und gebäudenahen Außenraum sind übersichtlich ausgebildet und gut einsehbar. Dazu zählen: Hauptwege, Eingangsbereiche zum Gebäude und Aufenthaltsbereiche und Stellplätze. Sofern vorhanden sollte gerade bei Innenhöfen sowie Tiefgaragen auf eine übersichtliche Gestaltung Wert gelegt werden.
- Auch die Pkw- und Zweiradstellplätze sind übersichtlich und gut einsehbar angelegt. Vorbehaltlich der Projektgröße und Nutzung sind leicht erreichbare Frauenparkplätze und Parkplätze für mobilitätseingeschränkte Personen einzuplanen.
- Maßnahmen zur Erhöhung des subjektiven Sicherheitsempfindens (z. B. gute Sichtbeziehungen, Einsehbarkeit, Ausleuchtung).
- Einhaltung standortspezifischer Sicherheitsanforderungen (z. B. Hochwasser- und Flutschutz, Erdbebenschutz).

Lüftungskonzept

1 BNB Kriterium 3.1.8 „Sicherheit“

übersichtliche Wegeführung

Stellplätze

subjektives Sicherheitsempfinden

standortspezifische Gefahren

Mit dem Entwurf werden wesentliche Randbedingungen für die spätere energetische Qualität eines Gebäudes festgelegt. Die Handlungsfelder erstrecken sich dabei von der Konkretisierung der Randbedingungen (Pkt. B 2.1) über die Optimierung von Kubatur und Grundriss (Pkt. B 2.2), der Gebäudehülle (Pkt. B 2.3), die Planung effizienter Gebäudetechnik (Pkt. B 2.4) bis zur Einbindung der Umgebung und des Außenraums (Pkt. B 2.5). Um den Anforderungen an ein nachhaltiges Gebäude gerecht zu werden ist es sinnvoll, alle energetisch relevanten Entwurfsaspekte frühzeitig in einem Energiekonzept zusammenzufassen (S. 66, INFOBOX Energiekonzept). In diesem Rahmen können Planungsalternativen umfassend bewertet und fundierte Entscheidungen getroffen werden.

Das Energiekonzept dient zur Entwicklung der ökologischen Qualität sowie auch der Optimierung der Behaglichkeit und der Lebenszykluskosten (S. 52, B.1 Funktionalität und Komfort optimieren und S. 104, B.5 Gesamtwirtschaftlichkeit optimieren). Analog zum architektonischen Entwurf ist das Erarbeiten bzw. Integrieren eines solchen Konzepts ein kreativer Prozess, der nicht standardisiert werden kann. Die konzeptionelle Entwicklung von Lösungsmöglichkeiten in Varianten stellt eine der Schlüsselqualifikationen von Architekten, Landschafts- und Innenarchitekten sowie Stadtplanern dar. Das Energiekonzept bildet eine wesentliche Grundlage für die Realisierung nachhaltiger Gebäude. Im interdisziplinären Planungsprozess sind hier insbesondere die Schnittstellen zur Bauphysik und zur technischen Gebäudeausrüstung (TGA) relevant, teilweise auch zur Tragwerksplanung und zur Planung der Freianlagen.

Schlüsselqualifikation

B.2.1 Randbedingungen und Ziele konkretisieren

Als Grundlage für die Entwicklung eines Energiekonzepts ist eine klar formulierte Vereinbarung über die energetischen und ökonomischen Ziele für das Projekt zweckmäßig. Eine Orientierung können energetische Standards bieten, die durch eindeutige Zielwerte, Berechnungsmethoden bzw. Nachweisverfahren beschrieben sind (S. 34, INFOBOX Energiestandard). Alternative oder darüber hinausgehende Zielsetzungen können individuell vereinbart werden. Folgende Aspekte sind von Bedeutung:

Bestandsanalyse

- Bei Sanierungsprojekten ist eine genaue Bestandsanalyse erforderlich. Diese umfasst insbesondere die energetische Bewertung der Außenbauteile und der Gebäudetechnik, deren Daten für die Ermittlung des Energiebedarfs nach EnEV als Grundlage dienen. Darauf aufbauend können unterschiedliche Sanierungsvarianten energetisch bewertet werden. Wenn möglich sollten auch die bisherigen Verbrauchskennwerte sowie die wesentlichen Randbedingungen zum bisherigen Nutzerverhalten (wie z. B. Nutzungszeiten, Lüftungsverhalten, typische Innenraumtemperaturen etc.) erfasst und ausgewertet werden.

Komfortanforderungen

- Im Zusammenhang mit der Vereinbarung von energetischen Zielen ist es empfehlenswert, frühzeitig auch die Anforderungen an Komfort und Behaglichkeit – im Idealfall unmittelbar mit den zukünftigen Nutzern – zu klären. Vor allem im Nichtwohnungsbau lassen sich z. B. durch reduzierte Anforderungen Energieverbräuche in den Bereichen Lüftung, Kühlung und Feuchtigkeitsregulierung vermeiden.



- Bei freien Zielvereinbarungen muss der Bilanzierungsumfang geklärt werden, beispielsweise ob lediglich der Energiebedarf für die Wärmebereitstellung während der Nutzungsphase im Blickpunkt steht oder ob alle energetisch relevanten Funktionen im Betrieb oder gar sämtliche Energieaufwendungen von der Herstellung über den Betrieb bis zum Rückbau des Gebäudes erfasst werden sollen. So lässt sich z. B. die Zielvereinbarung nach einem CO₂-neutralen Gebäude sowohl nur für den Energiebedarf während der Betriebsphase oder auch darüber hinausgehend im gesamten Lebenszyklus inklusive Herstellungsenergie umsetzen (Abb. B.2.1).
- Da energetisch optimierte Gebäude in der Regel auch einen Beitrag zur dezentralen Energieerzeugung leisten, ist ein weiterer wichtiger Aspekt die Klärung des Autarkiegrades. Dieser weist aus, inwieweit der Energiebedarf durch die eigene Erzeugung und Speicherung gedeckt werden kann, bzw. in welchem Umfang externe Energieinfrastruktur (Strom-, Wärme- oder Kältenetze) erforderlich ist. Ein hoher Autarkiegrad erfordert in der Regel hohe Speicherkapazitäten im Gebäude, deren ökonomische Sinnhaftigkeit geprüft und deren Raumbedarf ggf. je nach Konzept im Entwurf berücksichtigt werden muss.

Autarkiegrad

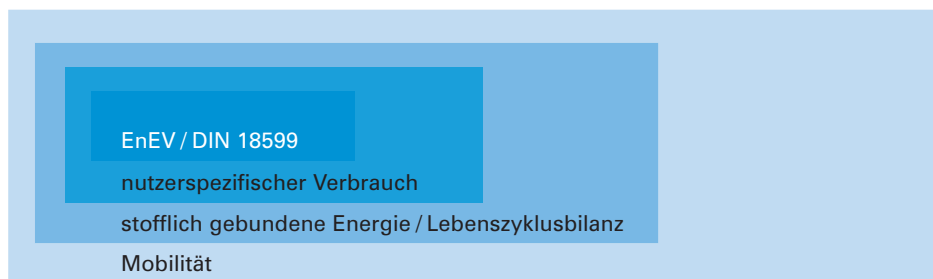


Abb. B.2.1: unterschiedliche Bilanzierungsgrenzen für die Energieoptimierung von Gebäuden

Berechnungstools

Insbesondere zur Ermittlung der ökologischen und ökonomischen Kennwerte für die Bewertung von Energiekonzeptvarianten sind Berechnungen erforderlich, die je nach Planungsaufgabe mit geringem oder höherem Aufwand durchgeführt werden können. Die Basis bildet hierbei die Berechnung nach Energieeinsparverordnung (S. 77, INFOBOX EnEV und EEWärmeG). Die EnEV definiert den energetischen Mindeststandard und gibt ein einheitliches Berechnungsverfahren vor. Die EnEV-Berechnung ist eine planerische Leistung nach HOAI und dient dem Nachweis der gesetzlichen Anforderungen (EnEV-Nachweis). Da hierzu die Kennwerte aller energetisch relevanten Materialien und der technischen Komponenten definiert sein müssen, wird die Berechnung in der Regel erst nach Abschluss der Entwurfsphase (spätestens jedoch zum Bauantrag) durchgeführt. Sinnvoll ist jedoch eine Anwendung des EnEV-Verfahrens mit überschlägigen Annahmen bereits im Vorentwurf. Dadurch kann die EnEV-Berechnung nicht nur zum Nachweis, sondern auch zur Planungsoptimierung eingesetzt werden. Dies gilt insbesondere dann, wenn erhöhte Anforderungen an den energetischen Standard gestellt werden, z. B. für ein KfW-Effizienzhaus. Hierfür erfolgt der Nachweis auf Basis der EnEV-Berechnung, andere Standards haben teilweise eigene Berechnungsvorgaben und Tools, wie beispielsweise der Passivhaus-Standard (S. 34, INFOBOX Energiestandard).

EnEV-Nachweis

KfW-Effizienzhaus



Abb. B.2.2: Struktur für die Entwicklung von Energiekonzepten

In einem Energiekonzept für Gebäude werden alle energetisch relevanten Planungsaspekte definiert und systematisch aufbereitet. Es dient einerseits der Optimierung der energetischen Qualität, zugleich unterstützt es auch als Kommunikationselement die interdisziplinäre Planung. Inhalte und Umfang eines Energiekonzeptes sind nicht einheitlich definiert und können individuell je nach Art und Größe der Planungsaufgabe als Teil des Entwurfsprozesses umgesetzt werden. Die Entwicklung eines Energiekonzepts lässt sich in die drei Teilaspekte Randbedingungen, Konzeptentwicklung und Bewertung gliedern (Abb. B.2.2).

Randbedingungen

Zu Beginn erfolgt eine Analyse der wesentlichen Randbedingungen im Bezug auf klimatische, nutzungsspezifische und rechtliche Aspekte in Abhängigkeit von Ort, Bauaufgabe und aktuellen Regelwerken. Ergänzt werden diese Einflüsse gegebenenfalls von spezifischen gestalterischen Randbedingungen, wie städtebaulichen Vorgaben aus der Bauleitplanung, einer örtlichen Satzung, Vorgaben des Denkmalschutzes oder individuellen Präferenzen des Bauherrn.

Energiethemen	Energiebedarf minimieren	Energieversorgung optimieren
Wärme	Wärme erhalten	Wärme effizient gewinnen
Kälte	Überhitzung vermeiden	Wärme effizient abführen
Luft	natürlich belüften	effizient maschinell Lüften
Licht	Tageslicht nutzen	Kunstlicht optimieren
Strom	Strom effizient nutzen	Strom dezentral gewinnen

Abb. B.2.3: 10 Bausteine für energieoptimierte Gebäude als Grundstruktur eines Energiekonzeptes

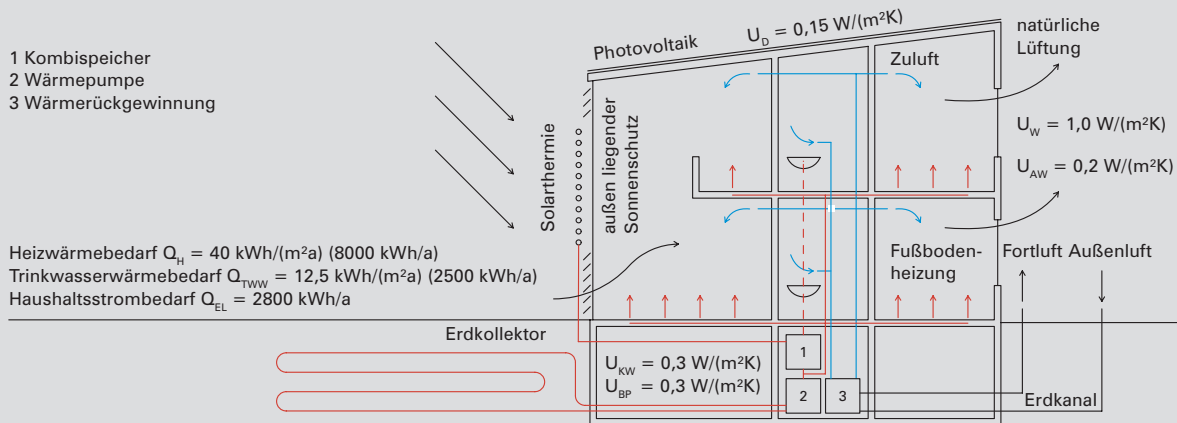


Abb. B.2.4: beispielhafte Darstellung eines Energiekonzeptes auf Basis eines Gebäudeschnittes

Konzeptentwicklung

Den Kern bildet der kreative Prozess zur Entwicklung konkreter planerischer Maßnahmen unter Abwägung der Minimierung des Energiebedarfs und der Optimierung der Energieversorgung. Hierfür können als Struktur die sogenannten 10 Bausteine für energieoptimiertes Bauen zugrundegelegt werden (Abb. B.2.3). Diese ergeben sich durch den jeweiligen Fokus der beiden oben genannten Grundstrategien auf die fünf energierele-

vanten Planungsthemen Wärme, Kälte, Licht, Luft und Strom. Für die Kommunikation in der Planung und für Entscheidungsschritte im Entwurfsprozess ist es zweckmäßig, das Zusammenspiel der Einzelelemente in einer geeigneten Form zu dokumentieren. Dies kann beispielsweise im Kontext von Plandarstellungen erfolgen (Abb. B.2.4) oder abstrahiert als sogenanntes Energieflussdiagramm auf technischer Basis (S. 68, B.2.6).

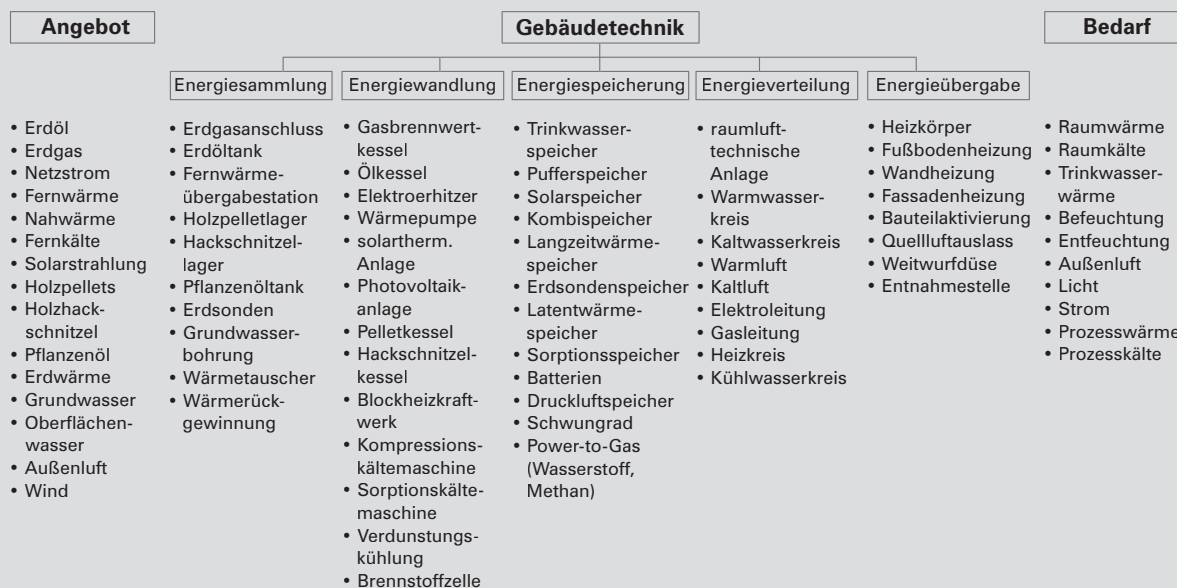


Abb. B.2.5: strukturierte Übersicht über mögliche technische Komponenten für das Energiekonzept

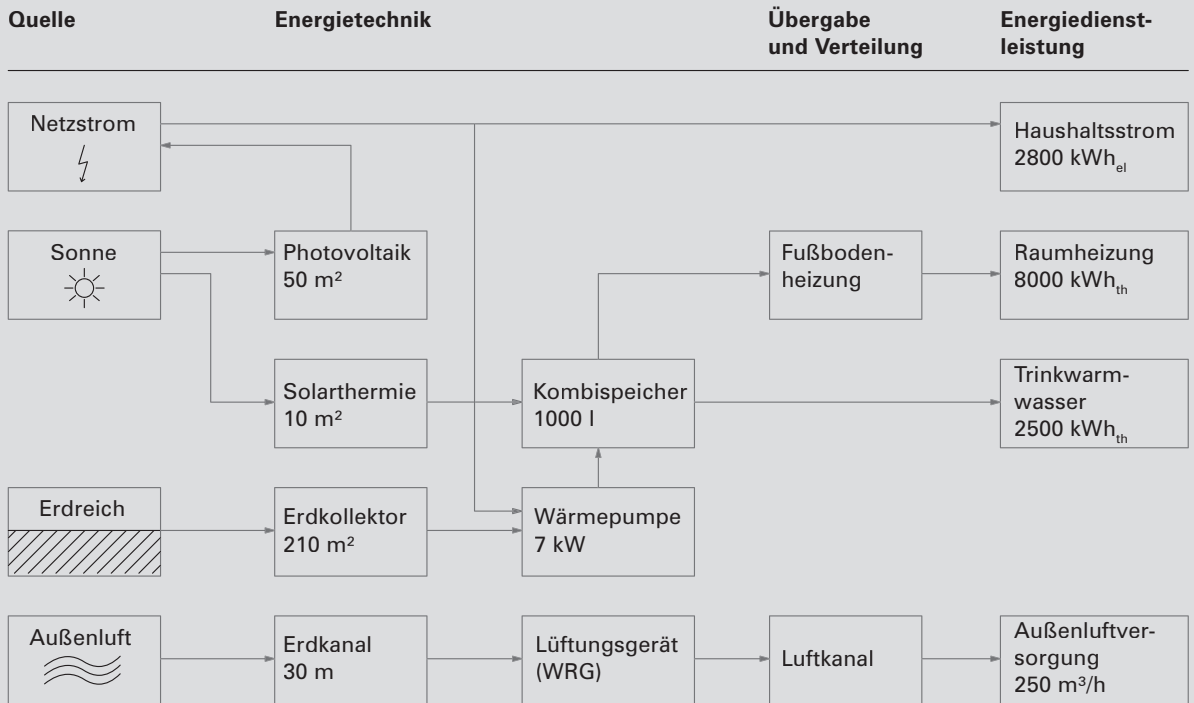


Abb. B.2.6: beispielhafte Darstellung eines Energiekonzeptes als technisches Energieflussdiagramm

Bewertung

Der dritte Teil umfasst schließlich die Bewertung der Energiekonzeptvarianten nach verschiedenen Gesichtspunkten. Üblich sind hier:

- ökologische Kennwerte, wie beispielsweise die CO₂-Emissionen oder der Primärenergiebedarf
- ökonomische Kennwerte, insbesondere im Hinblick auf die Lebenszykluskosten (S. 106, INFOBOX Lebenszykluskostenberechnung)
- zu erwartende Akzeptanz durch Nutzer und die Gesellschaft (S. 178, INFOBOX Nutzerzufriedenheit)
- gestalterische Konsequenzen für den Entwurf

Weitere hilfreiche Bewertungsaspekte können sein

- Einfluss auf die Behaglichkeit
- erforderlicher Platzbedarf
- Wartungsbedarf
- Betriebssicherheit.

Auf dieser Grundlage können im Entwurfsprozess fundierte Entscheidungen getroffen werden.

Vor allem bei Nichtwohngebäuden können im Entwurfsprozess weitergehende energetische Berechnungen sinnvoll sein. Typische Fragestellungen betreffen beispielsweise die Wirksamkeit von Sonnenschutzmaßnahmen oder das Strömungsverhalten in Atrien. Hierfür stehen spezielle Planungstools für dynamische Simulationen zur Verfügung, mit deren Hilfe die Energieströme im Gebäude partiell oder im Ganzen sehr detailliert abgebildet und bewertet werden können (S. 124, INFOBOX Energiesimulation).

[dynamische Simulation](#)

Neben den primär bauphysikalischen Untersuchungen lassen sich bei Bedarf auch technische Anlagen simulieren, um deren Effizienz oder Ertragskennwerte im späteren Betrieb abzuschätzen. Anwendungsbeispiele können Blockheizkraftwerke, Wärmepumpenanlagen oder Solarsysteme zur Wärme- oder Stromerzeugung sein.

[Anlagensimulation](#)

Eine weitere Gruppe bilden Tools, die eine Berechnung der Herstellungsenergie (graue Energie) und die Erstellung einer kompletten Ökobilanz ermöglichen (S. 90, INFOBOX Ökobilanz). Einen Überblick zu möglichen Planungshilfen gibt Abb. C.2.2. auf S. 124.

[Ökobilanz](#)

B.2.2 Kubatur und Grundriss optimieren

Die Planung von Kubatur und Grundriss berührt mehrere Aspekte der energetischen Optimierung, die teilweise sich widersprechende Anforderungen erfüllen muss. So sind beispielsweise bezogen auf den Wärmebedarf große, kompakte Volumina vorteilhaft, die sich jedoch im Hinblick auf Tageslichtnutzung und natürliche Lüftung ungünstig auswirken. Eine sinnvolle Abwägung kann daher nur mithilfe einer umfassenden, spezifisch für die Entwurfsaufgabe entwickelten Bewertung erfolgen. Die Zukunftsfähigkeit eines Gebäudes kann zudem bereits in diesem Prozess mit der Planung von flexiblen Grundrissen und einer hohen Umnutzungsfähigkeit der Räume positiv gestaltet werden. Von besonderer Bedeutung ist die frühzeitige Berücksichtigung von Flächen für aktive Solartechnik in Größe und Orientierung. Dies kann die Kubatur des Entwurfs maßgeblich beeinflussen.

Kompaktheit und Orientierung

Einfache Kubaturen mit hoher Kompaktheit bieten neben geringen Investitionskosten auch für den Wärmebedarf gute Randbedingungen, da bei gleichem Raumangebot (Volumen V) weniger Gebäudehülle (Außenfläche A) erforderlich ist und damit weniger Wärmeverluste entstehen (S. 93, Abb. B.3.10). Das Maß der Kompaktheit kann über das A/V -Verhältnis ermittelt und in Varianten verglichen werden. Der Aspekt betrifft ebenso die Geschosshöhen: Werden sie auf das erforderliche Minimum reduziert, führt dies zu einer Reduktion der Transmissionswärmeverluste über die Fassadenflächen und das beheizte Luftvolumen. Da das A/V -Verhältnis abhängig vom Bauwerksvolumen ist, können absolute Zielwerte nicht sinnvoll definiert werden. Hilfreich ist aber der Vergleich von Baukörpern mit gleichem Volumen bzw. gleicher Nutzfläche.

[A/V-Verhältnis](#)

Auch die Orientierung des Baukörpers hat Einfluss auf den Energiebedarf. So erzeugen beispielsweise ost-west-orientierte Büroräume wegen der flachen Sonneneinstrahlung in der Regel bei gleichen Randbedingungen eine höhere Wärmebelastung als eine Nord/Süd-Orientierung (S. 70, Abb. B.2.7). Die Orientierung muss auch für die Gestaltung solaraktiver Flächen berücksichtigt werden (S. 76, Abb. B.2.17).

[Orientierung](#)

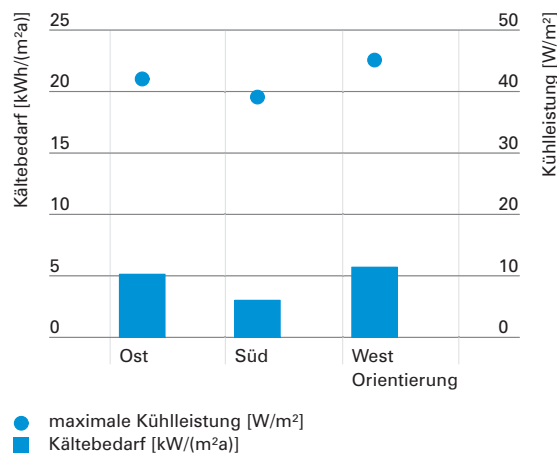


Abb. B.2.7: Einfluss der Orientierung auf Kühlleistung und Kältebedarf bei Bürogebäuden

Raumtiefen und Zonierung

Die aus der Form des Baukörpers resultierenden Raumtiefen beeinflussen ggf. auch die Anforderungen an die technische Gebäudeausrüstung. Sie haben in der Regel einen direkten Einfluss auf die Tageslichtversorgung und die Möglichkeiten, eine freie Fensterlüftung vorzusehen.

Tageslichtnutzung

Lüftungskonzept

Auch die Einsatzbereiche für dezentrale maschinelle Lüftungssysteme werden bei der Grundrissplanung durch die Raumtiefen maßgeblich bestimmt (Abb. B.2.8). Als Faustformel gilt, dass eine Raumtiefe mit der 2,5-fachen Höhe der Fensteröffnung über natürliche Lüftung versorgt werden kann. Bei dezentraler Lüftungstechnik über die Fassaden lassen sich unter Berücksichtigung des Volumenstroms und der Strömungsgeschwindigkeiten in der Regel Raumtiefen bis maximal 6 Meter versorgen. Für Bürogebäude, die als Zweispänner ausgebildet werden, bieten daher Gebäudetiefen bis ca. 14 Meter günstige Randbedingungen.

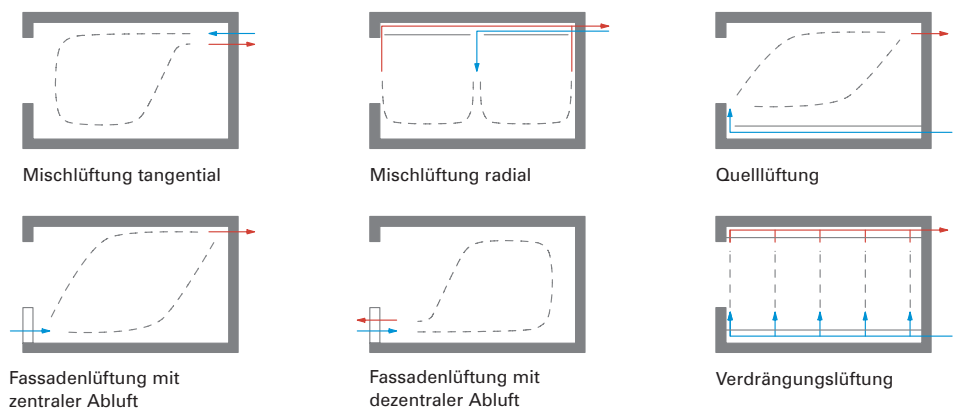


Abb. B.2.8: beispielhafte Lüftungskonzepte mit maschinellen Systemen

interne Kompaktheit

Bei der Grundrissgestaltung und insbesondere bei der Anordnung der Räume sollte auf Grundlage der gewählten Kubatur eine weitere Optimierung hinsichtlich der thermischen Zonierung angestrebt werden. Eine klare Systemgrenze zwischen beheiztem und unbeheiztem Volumen und eine entsprechende thermische Trennung bilden hierfür die Grundlage. Es sollten Möglichkeiten untersucht werden, die beheizten Flächen zu reduzieren



wenig kompakte thermische Hülle

kompakte thermische Hülle

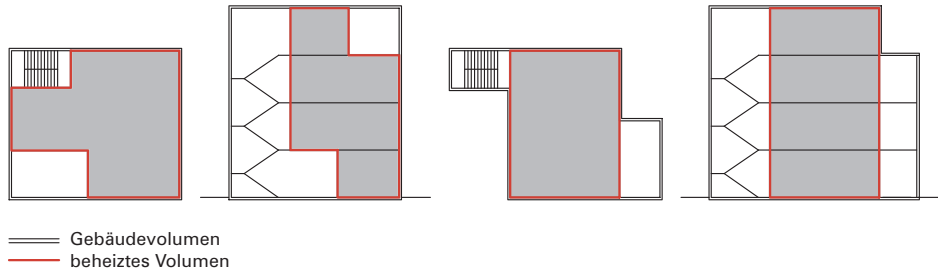


Abb. B.2.9: Systemgrenze der thermischen Hülle und Auswirkung auf die interne Kompaktheit; links: kompakter Baukörper aber zergliederte thermische Hülle; rechts: kompaktes thermisches Volumen

(z. B. Treppenhäuser, Kellerräume). Weiterhin kann die Zusammenlegung von beheizten Räumen mit gleichen thermischen Anforderungen oder selten genutzten Bereichen (z. B. Gästewohnungen, Hobbyräume) Vorteile bieten. Ziel ist es, eine günstige „interne“ Kompaktheit (zusammenhängendes Volumen der beheizten Räume) innerhalb der Kubatur herzustellen. (Abb. B.2.9).

Solarflächenpotenzial

Aktive Solarflächen bilden ein wesentliches Potenzial zur gebäudeeigenen Wärme- und Stromerzeugung und können die Energiebilanz des Gebäudes stark verbessern. Für einen hohen Energiestandard ist dieser Aspekt von besonderer Bedeutung. Ein EffizienzhausPlus kann beispielsweise nicht ohne aktive Solartechnik realisiert werden. Bei der Planung müssen neben der Flächengröße und Orientierung insbesondere die Verschattung durch umgebende Bebauung und sonstige Elemente (z. B. Bäume, Vegetation) sowie die Eigenverschattung durch Vor- und Rücksprünge bei der Baukörperform berücksichtigt werden (Abb. B.2.10). Somit spielt an dieser Stelle auch die Platzierung des Baukörpers auf dem Grundstück eine wichtige Rolle. Ausreichend große, gut ausgerichtete und verschattungsfreie Flächen an Fassaden und Dächern bilden die Basis für eine sinnhafte solare Aktivierung der Gebäudehülle (S. 75, Solare Aktivierung).

Verschattung

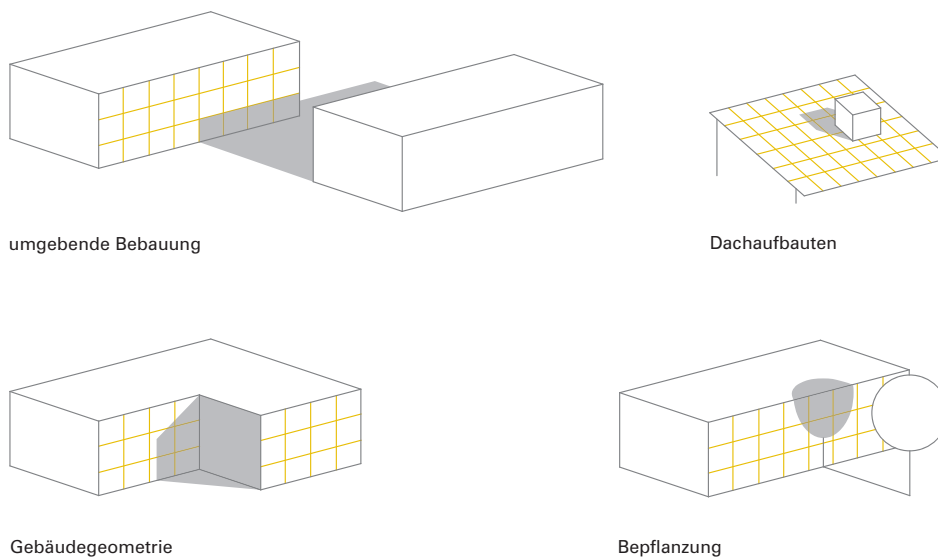


Abb. B.2.10: Berücksichtigung der Verschattungssituation bei der Planung aktiver Solarflächen

Die Gebäudehülle bildet als Schnittstelle zwischen Innen- und Außenklima das zentrale Planungsfeld für die Energieoptimierung. Im Entwurf werden hierfür alle grundlegenden Randbedingungen definiert. Optimierungspotenziale bieten sich insbesondere in den Bereichen thermische Qualität der opaken Bauteile, Verglasung und Sonnenschutz sowie bei der solaren Aktivierung.

thermische Hülle

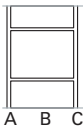
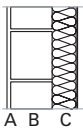
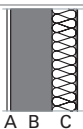
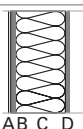
Thermische Qualität der opaken Bauteile

Im mitteleuropäischen Klima ist eine hohe thermische Qualität der Gebäudehülle ein wesentliches Planungsziel. Dies gilt insbesondere für den Wohnungsbau. In der Entwurfsphase wird in Abstimmung mit der Gebäudekubatur und der Grundrissgestaltung die thermische Hülle bestimmt, die in energetischer Hinsicht die Kompaktheit des Gebäudes definiert. Die thermische Hülle sollte lückenlos geschlossen und im Vergleich zum umschlossenen Volumen möglichst klein sein (S. 71, Abb. B.2.9).

U-Wert

Der zweite relevante Planungsaspekt ist die thermische Qualität der Bauteile. Zentrale Zielgröße ist hier der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert), der möglichst gering sein soll. Der U-Wert bietet Informationen über die thermische Leitfähigkeit eines Bauteils. Der Mindestwert für Außenwände beträgt nach EnEV 0,28 W/(m²K), als Orientierung für sehr gute Konstruktionen kann der Wert für eine Außenwand in Passivhausqualität mit einem U-Wert $\leq 0,15$ W/(m²K) dienen.

Die anzustrebende hohe thermische Qualität muss in einer sinnvollen Relation zum Materialaufwand und zur Flächeneffizienz stehen (Abb. B.2.11).

Bauweise	Wandaufbau	U-Wert [W/(m²K)]	Gesamt- stärke [cm]	CO ₂ -Äq. [kg CO ₂ -Äq/(m² _{AW})]
Hochlochziegel mit Perlite	 <p>A 1 cm Gipsputz B 47 cm Hochlochziegel C 1,5 cm Putz</p>	0,2	52	67
Kalksandstein mit WDVS	 <p>A 1 cm Gipsputz B 15 cm Kalksandstein C 16 cm WDVS, Putz</p>	0,2	31	71
Stahlbetonwand mit WDVS	 <p>A 1 cm Gipsputz B 20 cm Stahlbeton C 16 cm WDVS, Putz</p>	0,2	36	100
Holzwand mit Mineralwolle, verputzt	 <p>A 1,25 cm Gipskarton B 1,9 cm OSB C 18 cm Mineralwolle D 1,9 cm Putz</p>	0,2	30	0

Betrachtungszeitraum: 50 Jahre

Abb. B.2.11: Vergleich von Wandkonstruktionen mit gleichem U-Wert nach Wandstärke und Primärenergieaufwand zur Herstellung



So haben beispielsweise die Wahl der Wandkonstruktion und die darin verbauten Materialien einen wesentlichen Einfluss auf die Wandstärke, die sich auch auf den Ressourcenaufwand und die verbleibende Nettogrundfläche auswirkt. Dies gilt ebenfalls bei einer nachträglichen Innendämmung in Bestandsgebäuden. Bei einschaligen Konstruktionen können tragende Wände zugleich die Funktion der thermischen Gebäudehülle übernehmen. Dies kann beispielsweise durch die Verwendung von Porenbeton oder mit Dämmstoff gefüllten Ziegelsteinen erreicht werden. Zugleich sollten auch die spätere Rückbau- und Recyclingfähigkeit beachtet und wenn möglich keine Verbundwerkstoffe verwendet werden. Der Holzbau beispielsweise bietet als Ständerkonstruktion die Möglichkeit, durch Wärmedämmung der Zwischenräume eine hohe thermische Wirkung bereits bei geringen Wandstärken zu entfalten und ist sortenrein rückbaubar. So entsteht zudem ein Synergieeffekt zur Optimierung der Flächenkennwerte und des Ressourcenaufwands.

Verglasung und Sonnenschutz

Innerhalb der Gebäudehülle übernehmen die Fenster und Verglasungen besondere Funktionen. Im Hinblick auf die Energieeffizienz sind hier die thermische Qualität, die Tageslichtnutzung, der sommerliche Wärmeschutz sowie die natürliche Lüftung von Bedeutung. In der Regel sollte eine manuelle Lüftung über offenbare Fensterelemente ermöglicht werden. In besonderen Fällen, z. B. bei Bürogebäuden mit Schallschutzanforderungen, können auch opake Lüftungsklappen eingesetzt werden. Als Anhaltspunkte für eine gute natürliche Lüftung dienen folgende Hinweise:

- Eine einseitige natürliche Lüftung ist in der Regel nur bei Raumtiefen bis 5 Meter möglich.
- Die offenbaren Flächen sollten mindestens 10% der Grundfläche des Raumes betragen.
- Hohe vertikale Lüftungsöffnungen wirken hinsichtlich des Luftaustausches effektiver als horizontale.
- Die Möglichkeit einer Querlüftung verbessert den Luftaustausch.
- Innerhalb einer Brandschutzzone können ggf. auch Treppenhäuser oder Atrien über den thermischen Auftrieb (Kaminwirkung) den Luftaustausch gezielt unterstützen.

Bei der Planung der transparenten Bauteile ist für deren thermische Qualität im Winter ebenfalls der U-Wert von Bedeutung. Außer ggf. einer Begrenzung durch statisch bedingte Maximalgrößen hat die genaue Spezifikation der Glasqualität in der Regel keinen unmittelbaren Einfluss auf den Entwurfsprozess. Da die U-Werte jedoch regelmäßig deutlich ungünstiger sind als bei opaken Bauteilen, verschlechtert ein hoher Verglasungsanteil

natürliche Lüftung

Wärmeschutz

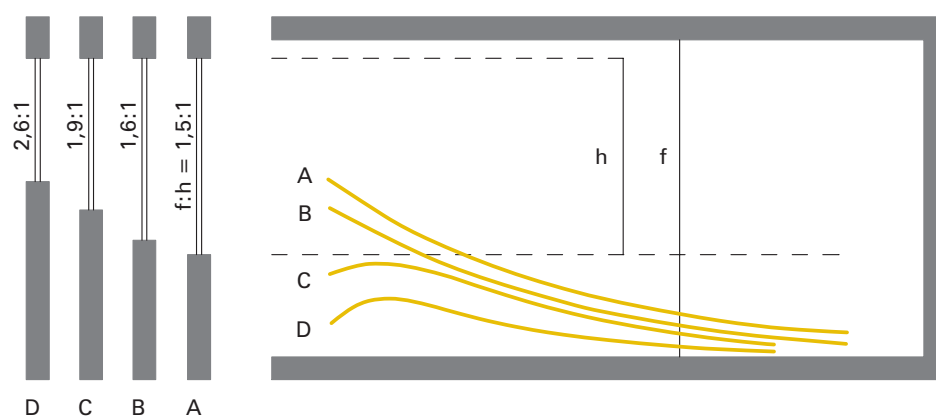


Abb. B.2.12: Optimierung der Tageslichtversorgung durch Anordnung der transparenten Flächen in der Vertikalen

Tageslichtoptimierung

Verglasungsanteil

Anordnung horizontal

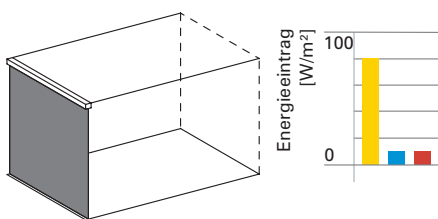
Anordnung vertikal

Überhitzung

insgesamt die thermische Qualität der gesamten Gebäudehülle. In transparenten Fassadenelementen treffen zudem in besonderer Weise energetische Ziele aufeinander, deren Anforderungen sich widersprechen. So steht die Optimierung der Tageslichtnutzung vielfach im Konflikt zum sommerlichen Wärmeschutz und muss daher immer auch in Verbindung mit dem Sonnenschutzkonzept betrachtet werden. Bei der Optimierung der Tageslichtversorgung über die Gebäudehülle sind in der Entwurfsphase mehrere Aspekte relevant:

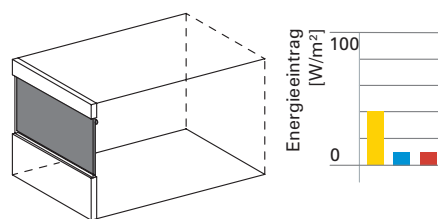
- Größe der transparenten Flächen bzw. der Verglasungsanteil: Üblicherweise nimmt mit der transparenten Fläche bis zu einem Anteil von ca. 60% auch die Tageslichtversorgung zu. Eine weitere Steigerung des Verglasungsanteils bewirkt in der Regel keine nennenswerte Verbesserung.
- Verteilung in der Horizontalen: Bei Lochfassaden bewirkt eine Aufteilung in mehrere schmale Fenster bei gleichem Glasanteil eine bessere Tageslichtverteilung als ein breites Fenster in der Raummitte.
- Positionierung in der Vertikalen: Transparente Elemente im Sturzbereich ermöglichen eine bessere Ausleuchtung der tieferen Raumbereiche und erhöhen somit die Tageslichtnutzung erheblich. Verglasungen im Bereich der Brüstung haben hingegen hinsichtlich des Tageslichts eine vernachlässigbare Wirkung, erhöhen jedoch die Wärmeverluste im Winter und die Wärmebelastung in der Kühlperiode (S. 73, Abb. B.2.12).

Bezogen auf den sommerlichen Wärmeschutz bilden die transparenten Flächen den sensibelsten Bereich und müssen zur Vermeidung von Überhitzung immer in Zusammenhang mit einem Verschattungssystem entwickelt werden. Die Auswirkung von Verglasungsanteil und Sonnenschutzkonzept zeigt beispielhaft Abb. B.2.13. Zur weiteren Verbesserung des sommerlichen Wärmeverhaltens können ergänzend massive Konstruktionselemente wie Betondecken oder Wandscheiben als Speichermasse genutzt werden. Sie nehmen am Tag Wärmelasten auf, die dann zeitversetzt in den Raum abgegeben und mit kühler Nachtluft abgeführt werden können. Hierzu ist eine Abstimmung mit dem Lüftungskonzept und ein möglichst großflächiger Kontakt der Speichermasse mit dem Luftvolumen erforderlich, was ggf. gegen raumakustische oder gestalterische Aspekte abgewogen werden muss. Ein Beispiel für eine Kombination von nutzbarer Speichermasse mit raumakustischer Wirksamkeit bilden sichtbare Stahlbetondecken mit vertikal abgehängten „Baffel-Elementen“.

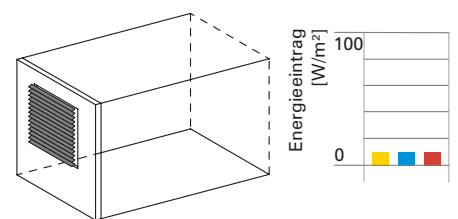


Verglasungsanteil: 90 %
g-Wert Verglasung: 0,3
Sonnenschutz: keiner

Raumdimension
3 m Breite x 5 m Tiefe x 3 m Höhe



Verglasungsanteil: 60 %
g-Wert Verglasung: 0,6
Sonnenschutz: innen liegende Jalousie $f_c = 0,5$



Verglasungsanteil: 30 %
g-Wert Verglasung: 0,6
Sonnenschutz: außen liegende Jalousie $f_c = 0,2$

Energieeintrag solar ■
Energieeintrag Beleuchtung ■
Energieeintrag Personen ■

Abb. B.2.13: Auswirkung unterschiedlicher Verglasungs- und Sonnenschutzkonzepte auf die Kühllast



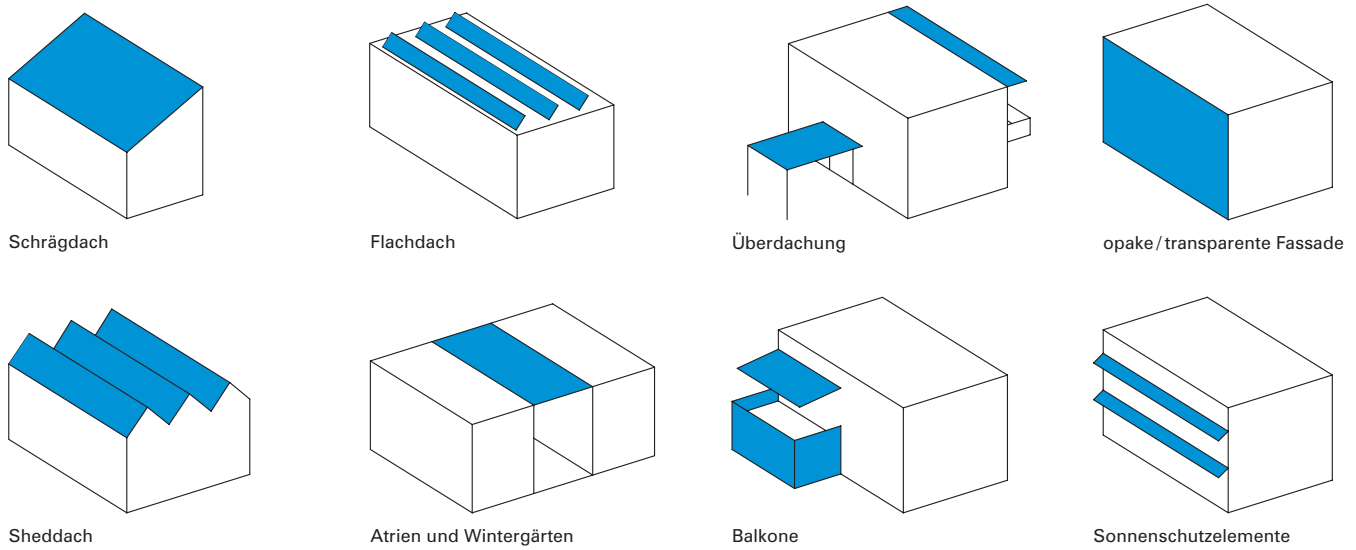


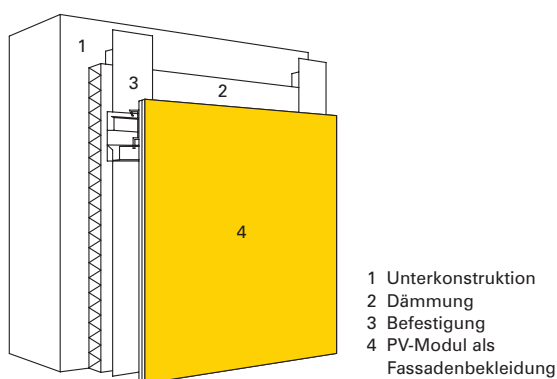
Abb. B.2.14: beispielhafte Flächen der Gebäudehülle, die sich für eine solare Aktivierung eignen

Solare Aktivierung

Die Integration aktiver Elemente zur solaren Wärme- und Stromerzeugung muss bereits zu Beginn der Entwurfsplanung bei der erforderlichen Flächenbereitstellung berücksichtigt werden (S. 71, Solarflächenpotenzial). Technische Elemente zur Solarenergiegewinnung unterscheiden sich je nach Technologie in ihrem konstruktiven Aufbau, in den Integrationsmöglichkeiten und in ihrem optischen Erscheinungsbild. Für die Planung von solaraktiven Gebäuden und deren gesellschaftlicher Akzeptanz als Beitrag zur baukulturellen Vielfalt und Identität ist der gestalterische Umgang mit aktiven Solarkomponenten und deren funktionale Einbindung in die Gebäudehülle von besonderer Bedeutung. Dabei entscheiden die Harmonie zwischen Gebäude und Solartechnik und die Attraktivität der entstehenden Architektur über die Akzeptanz und den Erfolg dieser Technologien. Ziele hierzu lassen sich folgendermaßen definieren:

- Architektonisch integriert sind die Solarelemente notwendiger Bestandteil der Gebäudehülle und korrespondieren bezüglich ihrer Proportionen, Farben, horizontalen und vertikalen Fugenbilder sowie Elementgrößen mit dem übergeordneten Gestaltungskonzept. Dies kann eine Verringerung der solaren Ausbeute zur Folge haben, ist jedoch durch mögliche Zusatzfunktionen wie Witterungsschutz, Sonnenschutz etc. und eine hohe optische Prägnanz gerechtfertigt.

gestalterische und funktionale Integration



- 1 Unterkonstruktion
- 2 Dämmung
- 3 Befestigung
- 4 PV-Modul als Fassadenbekleidung

Abb. B.2.15: beispielhafte Konstruktion einer hinterlüfteten Photovoltaikfassade

- Alternativ ist es möglich, Solarelemente auch in einer so prägenden Weise in den Entwurf einzubinden, dass sich Baukörper oder Gebäude-teile in hohem Maße den Anforderungen der Solarelemente anpassen. Die Solarenergienutzung wird dann zu einem tragenden gestalterischen Kriterium des Gebäudes. Bei dieser Art der Einbindung kann die aktive solare Nutzung neue architektonische Ausdrucksformen bis hin zu einer spezifischen solaren Baukultur hervorrufen.

Solartechnische Systeme sind in einer Vielzahl von konstruktiven Varianten (Verbundgläser, Wandelemente, Membranbauteile, Glasröhren etc.) und optischen Ausprägungen (Farben, Strukturen, Transluzenz etc.) verfügbar. Die solaren Komponenten lassen sich als neuartiges Baumaterial vielfältig ansprechend baukonstruktiv in die Gebäudehülle integrieren (S. 75, Abb. B.2.14) und können dadurch neben der Energieerzeugung eine zusätzliche Funktion wie Witterungs- (S. 75, Abb. B.2.15) und Sonnenschutz übernehmen. Sie lassen sich auf Flachdächern auch mit Dachbegrünung kombinieren. Für den Entwurfsprozess sind vor allem zwei Aspekte von besonderer Bedeutung:

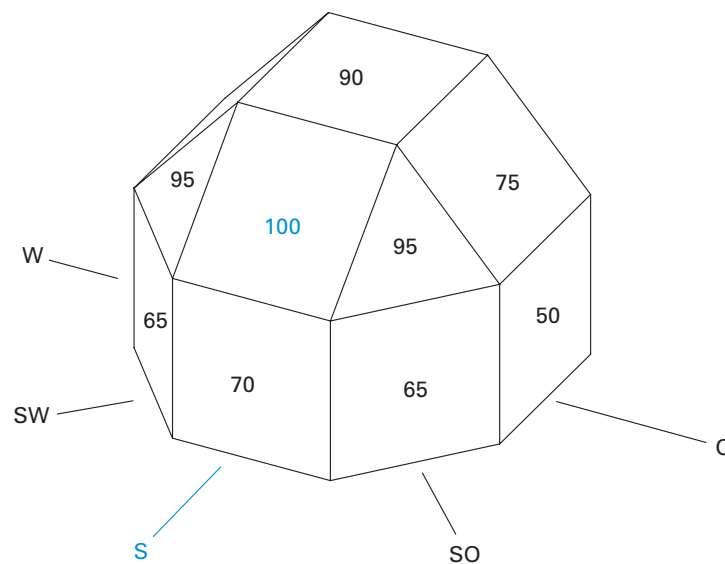


Abb. B.2.16: prozentuale jährliche solare Einstrahlungsenergie in Abhängigkeit der Orientierung

Orientierung

- Je nach Ausrichtung und Neigung sind die Systeme einer unterschiedlichen solaren Einstrahlung ausgesetzt (Abb. B.2.16). Der solare Ertrag ist über die Jahresbilanz in Mitteleuropa bei ca. 30° geneigten Flächen mit Südausrichtung am höchsten. Dennoch kann auch eine andere Orientierung sinnvoll sein, wenn dadurch die Erzeugung im Tages- oder Jahresverlauf dem Bedarf besser angepasst wird (z. B. Ost-/Westdach), sich Synergieeffekte durch Materialeinsparung ergeben (z. B. in der Fassade als Witterungsschutz) oder solare Komponenten sich gestalterisch besser integrieren lassen (z. B. dachparallel auf einem Flachdach). Bei Photovoltaikanlagen auf Wohngebäuden sind in der Regel ost-west-orientierte Ausrichtungen mit einem flachen Neigungswinkel (< 30°) optimal für eine hohe Zeitgleichheit zwischen Erzeugung und Bedarf (vorwiegend in den Morgen-/Abendstunden). Der dadurch erreichbare hohe Eigennutzungsgrad des Solarstroms führt trotz der geringeren Gesamterzeugung zu einer verbesserten Wirtschaftlichkeit.
- Abschattungen der Solarelemente, z. B. durch Nachbargebäude, Bäume oder auch konstruktive Elemente in der Gebäudehülle führen zur Senkung der Effizienz. Je nach Solarsystem kann dies Ertragseinbußen hervorrufen, die deutlich überproportional zur verschatteten Fläche sind, insbesondere bei Photovoltaikanlagen zur solaren Stromerzeugung.

Verschattungsfreiheit



Die Energieeinsparverordnung (EnEV) bildet seit 2002 die rechtsverbindliche Grundlage, auf deren Basis in Deutschland die energetischen Anforderungen an Gebäude und damit der gesetzliche Mindeststandard definiert werden. Sie wird im Bereich der Wärmeerzeugung ergänzt durch das Erneuerbare-Energien-WärmeGesetz (EEWärmeG). Zukünftig sollen EnEV, EEWärmeG und EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz) in einem Gesetz, dem GEG (Gebäudeenergiegesetz), zusammengeführt werden. Die EnEV greift zurück auf das Energieeinsparungsgesetz (EnEG) und verweist auf mehrere Normen, insbesondere DIN V 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden“. Die EnEV gilt prinzipiell für alle Neubauten mit normalen Innenraumtemperaturen, wobei einige Ausnahmen bestehen. Die Handhabung und die Ausstellungsberechtigung des EnEV-Nachweises zum Bauantrag und des Energieausweises eines bestehenden Gebäudes sind länderspezifisch und zum Teil unterschiedlich (S. 161, INFOBOX Energieausweis) festgeschrieben. In Bayern regeln die BayBO (Bayrische Bauordnung) und die AVEn (Verordnung zur Ausführung energiewirtschaftlicher Vorschriften) die Art der Ausführung, die Berechtigung zur Ausstellung von EnEV-Nachweisen, die Anforderungen an AVEn-Sachverständige u.a. zur Erstellung von Ausnahmen und Befreiungen sowie Inspektionsberichten für Klimaanlage. Beispielsweise muss nach BayBO der EnEV-Nachweis zum

Bauantrag vorgehalten werden. Dies kann die Baubehörde auf Verlangen prüfen. Für Bestandsgebäude sind in Abhängigkeit von spezifischen Randbedingungen Nachrüstpflichten definiert.

Die Berechnungsmethode der EnEV umfasst für Wohngebäude den Energiebedarf (inkl. Hilfsenergie) für die Bereiche:

- Heizung
- Trinkwarmwasser und
- Lüftung.

Bei Nichtwohngebäuden zusätzlich auch den Bedarf für:

- Kühlung und
- Beleuchtung.

Selbsterzeugter und -genutzter Strom (z. B. aus Photovoltaikanlagen) fließt positiv in die Bilanz ein.

Der wichtigste Kennwert für die Bewertung des Gebäudes ist der Primärenergiebedarf, der den jährlichen Aufwand an fossil/atomaren Primärquellen in der Nutzungsphase abbildet. Nach EnEV wird die dem Gebäude tatsächlich zugeführte Energie (Endenergie) multipliziert mit einem Primärenergiefaktor für die jeweiligen Energieträger (Gas, Erdöl, Strom, Holz etc.). Dieser berücksichtigt den zur Gewinnung, Aufbereitung und Transport erforderlichen fossilen Energieaufwand. Mit dem Primärenergiefaktor wird versucht, die reale ökologische Wirkung der Nutzung von Energieträgern abzubilden (Abb. B.2.17).

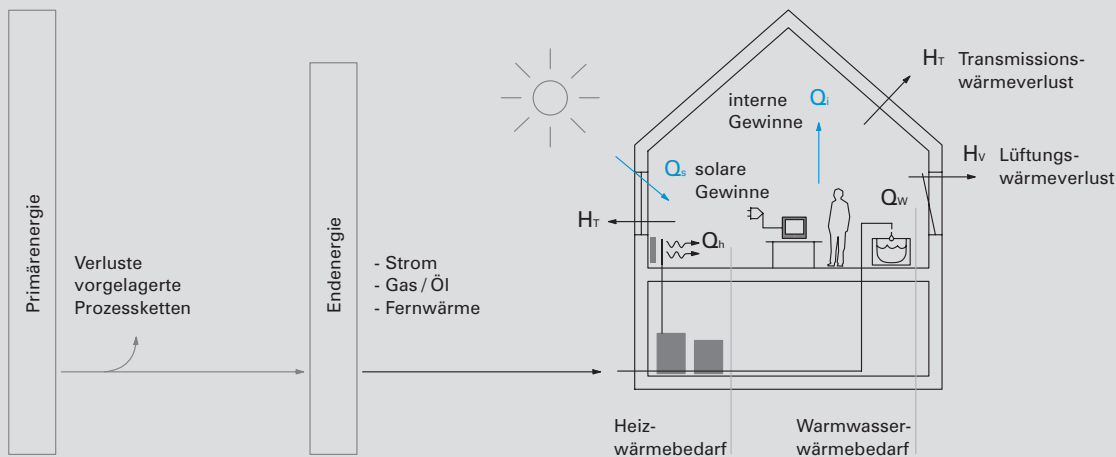


Abb. B.2.17: Berechnungsmethodik für den Wärmebedarf nach EnEV

Der Primärenergiebedarf wird auch für ein geometrisch identisches Referenzgebäude mit einheitlichen, vorgegebenen Kennwerten für Bauteile und Gebäudetechnik berechnet. Dieser Wert gilt als Maßstab und muss beim geplanten Gebäude um mindestens 25% unterschritten werden. Ergänzend definiert die EnEV Anforderungen an das Dämmniveau der Gebäudehülle und den sommerlichen Wärmeschutz. Die Berechnung des Energiebedarfs erfolgt nach Zonen innerhalb des Gebäudes, die nach Art der Nutzung mit definierten Vorgaben unterschieden werden, z. B. Büronutzung, Versammlung, Lagerflächen etc. Dies ist insbesondere für eine differenzierte Planung der Gebäudetechnik erforderlich. Bei Wohngebäuden wird in der Regel mit nur einer Zone gerechnet. Nach Fertigstellung des Gebäudes werden im Energieausweis die realisierten Bedarfe zu Primärenergie und Endenergie sowie der CO₂-Verbrauch festgehalten (Abb. B.2.18 und S. 159, INFOBOX Energieausweis).

Das Erneuerbare-Energien-WärmeGesetz wurde 2009 als Ergänzung zum auf die Stromerzeugung fokussierten Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf Bundesebene eingeführt. Es regelt die Pflicht zur Nutzung erneuerbarer Energie bei der Wärmeversorgung von Gebäuden. Die Anforderungen gelten für Neubauten ab einer Fläche von 50 m², wobei zahl-

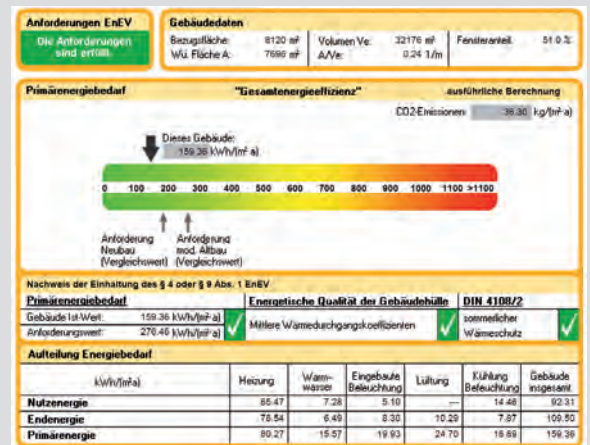


Abb. B.2.18: Auszug aus Energieausweis mit grafischer Darstellung der Energiekennwerte

reiche Ausnahmen definiert sind. Gefordert ist die alternative oder kombinierte Nutzung von

- Solarenergie,
- Biomasse oder
- Geothermie bzw. Umweltwärme,

für die verschiedene Anforderungen definiert sind (Abb. B.2.19). Alternativ können auch Ersatzmaßnahmen wie z. B. ein gegenüber den Anforderungen der ENEV um mindestens 15% reduzierter Primärenergiebedarf oder die Nutzung von Fernwärme umgesetzt werden. Der Gesetzestext ist zu finden auf www.erneuerbare-energien.de unter der Rubrik Recht und Politik.

erneuerbare Energien	Deckungsgrad	Hinweis zur Nutzung
Solarenergien	≥ 15 %	<ul style="list-style-type: none"> • Solarthermie (Wärmeträger flüssig) mit Euro-Prüfzeichen „Solar Keymark“ • erforderliche Kollektorfläche ≤ 2 WE: 0,04 m²/A_N > 2 WE: 0,03 m²/A_N
Biogas	≥ 30 %	<ul style="list-style-type: none"> • KWK-Anlagen, Heizkessel nach bester verfügbarer Technik
flüssige Biomasse	≥ 50 %	<ul style="list-style-type: none"> • nachhaltig erzeugtes Bioöl in Heizkesseln nach bester verfügbarer Technik
feste Biomasse	≥ 50 %	<ul style="list-style-type: none"> • effiziente Anlagen (Heizung/Warmwasser) mit Wirkungsgrad > 86 %, effiziente Biomassekessel/automatisch beschickte wassergeführte Biomasseöfen
Geothermie, Umweltwärme	≥ 50 %	<ul style="list-style-type: none"> • effiziente Wärmepumpe mit nachvollziehbarem Betrieb: Wärmemengen- und Stromzähler, JAZ > 3,5/4,0; JAZ > 3,3/3,8 und mit Prüfzeichen
erneuerbare Kälte	siehe EEWärmeG §5	<ul style="list-style-type: none"> • Kälte für Raumkühlung: Reduzierung des Endenergieverbrauchs für Erzeugung, Rückkühlung, Verteilung nach bester verfügbarer Technik

Abb. B.2.19: Anforderungen nach EEWärmeG

Neben den baulichen Maßnahmen, die zu einer Minimierung des Energiebedarfs führen, hat die Konzeption der Energieversorgung einen maßgeblichen Einfluss auf den Energieverbrauch des Gebäudes. Im Sinne eines umfassenden Energiekonzepts ist es daher zielführend, bereits zu Beginn der Entwurfsphase auch die wesentlichen technischen Systeme mit dem gesamten Planungsteam abzustimmen. Hierzu gehört insbesondere

- eine effiziente Wärmeversorgung auf Basis erneuerbarer Energiequellen,
- eine effiziente Kälteversorgung (je nach Anforderung),
- eine maschinelle Lüftung mit Wärmerückgewinnung.

Die größte Schnittstelle zum Entwurf ergibt sich durch die Einbindung aktiver Solartechnik, die durch ihre gestalterische Wirkung und weitere funktionale Anforderungen, die sie als Teil der Gebäudehülle übernehmen kann, besonderer Aufmerksamkeit und frühzeitiger Planung bedarf (S. 75, Solare Aktivierung).

Wärmeversorgung

Die Wärmeversorgung von Gebäuden bildet in Mitteleuropa die wichtigste Aufgabe der Gebäudetechnik und erfordert den größten Energieeinsatz. Eine optimierte Planung bewirkt in Kombination mit einer energieeffizienten Gebäudehülle nicht nur einen geringeren Energiebedarf, sondern reduziert zudem bereits vorab die erforderliche Leistung des Heizsystems, was sich entsprechend positiv auf die Investitionskosten auswirkt (Abb. B.2.20). Im Bereich der Gebäudetechnik liegt beim nachhaltigen Bauen der Fokus auf der Nutzung erneuerbarer Energiequellen. Die Vielfalt der Systeme hat dabei unterschiedliche Konsequenzen für die Entwurfsphase:

i weitere Informationen zu technischen Anforderungen und Kosten in: "Umweltbewusst heizen mit erneuerbaren Energien", der früheren Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr www.stmwi.bayern.de

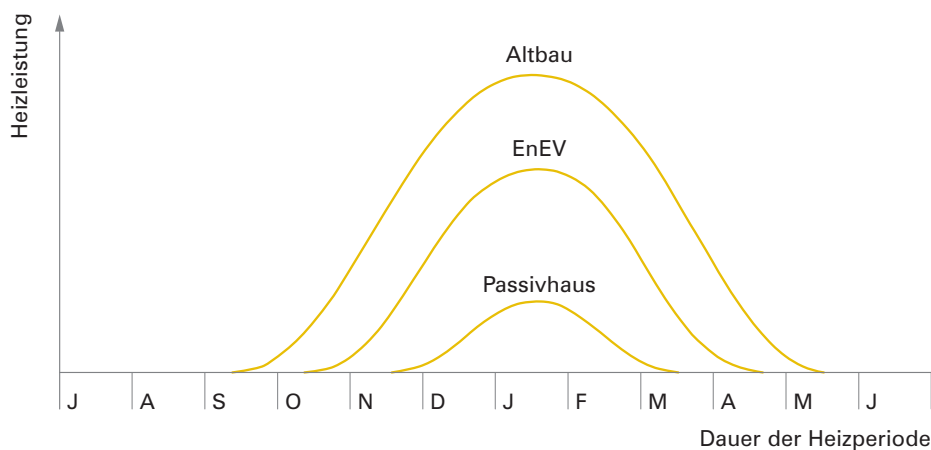


Abb. B.2.20: Reduktion der Heizleistung und der Heizperiode durch hohen Energiestandard

- Wenn das Grundstück bereits im Einzugsgebiet eines bestehenden oder geplanten Wärmenetzes (Fernwärme oder Nahwärme, ggf. auch Fernkälte) liegt, ist es im Sinne einer nachhaltigen Wärmeversorgung in der Regel sinnvoll, das Gebäude daran anzuschließen. Das gilt insbesondere im Fall einer effizienten Wärmeerzeugung auf Basis von erneuerbaren Energiequellen (z. B. durch Geothermie, Hackschnitzel). Beim Anschluss an ein Wärmenetz ist im Gebäude lediglich der Platzbedarf für eine Übergabestation einzuplanen, was sich auch günstig auf die Flächenbilanz und die Investitionskosten auswirkt.

Nah- und Fernwärmenetz

Solarthermie

- Für die lokale Wärmeerzeugung sind solarthermische Kollektorsysteme zur direkten Wärmeerzeugung aus Solarstrahlung von der Trinkwassererwärmung bis zur Heizungsunterstützung verfügbar. Hier ergibt sich eine entsprechende Schnittstelle zur Dachgestaltung oder Fassadenplanung. Insbesondere für die Trinkwassererwärmung im Wohnungsbau sind solarthermische Systeme eine einfach umzusetzende und ökologisch sinnvolle Lösung. Zur Heizungsunterstützung sind relativ große solaraktive Flächen und ergänzende Speicher erforderlich. Stellt das solarthermische System das einzige Heizsystem dar (wie z. B. beim sogenannten Sonnenhaus-Prinzip), sind sehr große Speicher (meist Wassertanks) erforderlich, die zusätzliche Flächen bzw. Raumvolumina sowie hohe Investitionsmittel beanspruchen.

Wärmepumpen

- Als wirtschaftliche Lösung zur Nutzung lokaler Energiequellen gewinnen Wärmepumpensysteme zunehmend an Bedeutung. Diese heben die gewonnene Umweltwärme (z. B. Erdreich, Außenluft oder Grundwasser) auf das erforderliche Temperaturniveau an. Es sollte für eine hohe Effizienz möglichst niedrig sein, sodass vor allem Flächenheizsysteme vorteilhaft sind. Die Wärmeerzeugung erfolgt ohne Verbrennung, sodass keine Anforderungen an Heizräume bestehen und keine Abgasführung erforderlich ist. Zudem können Wärmepumpen auch zur Kühlung eingesetzt werden. Für die Entwurfsplanung ist vor allem die Wahl der Wärmequelle von Bedeutung. Dies können beispielsweise Erdsonden, Luftwärmetauscher oder Grundwasserbrunnen sein, deren Anforderungen im Planungsprozess und insbesondere bei Maßnahmen im Bestand und im verdichteten Umfeld berücksichtigt werden müssen (Abb. B.2.21). Da Wärmepumpen in der Regel mit Strom betrieben werden, ist eine Kombination mit Photovoltaiksystemen besonders sinnvoll.

Biomasse

- Ist eine lokale Wärmequelle (z. B. Solarenergie, Abwärme, Erdwärme etc.) nicht oder nicht ausreichend vorhanden, lassen sich Energieträger aus nachwachsenden Rohstoffen wie Biogas, Holzpellets oder Holzhackschnitzel zum Betrieb eines Heizkessels einsetzen. Hier sind insbesondere die erforderlichen Lagerflächen und deren Zugänglichkeit frühzeitig in der Planung zu berücksichtigen.

Kraft-Wärme-Kopplung

- Bei Nutzung von Biogas ist oftmals der Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung über ein Blockheizkraftwerk (BHKW) eine sinnvolle Ergänzung zu einem Heizkessel. Das BHKW dient zur dezentralen Stromerzeugung im Gebäude, bei der die hierbei entstehende Abwärme für die Wärmeversorgung der Grundlast genutzt werden kann. Hier müssen ebenfalls der Platzbedarf sowie die Schallemissionen und die Abgasführung Berücksichtigung finden.

Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

- Bei Gebäuden mit Kühlbedarf kann die Effizienz des Systems erhöht werden, indem in den Sommermonaten die Abwärme zum Antrieb einer Sorptionskältemaschine verwendet wird (Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung).

Direktstromheizung

- Direktstromheizung: Bei hocheffizienten Gebäuden mit geringer Fläche oder kurzen Nutzungszeiten kann der absolute Wärmebedarf so gering sein, dass eine zentrale Wärmeerzeugung mit entsprechender Hydraulik und Übergabesystemen mit unverhältnismäßig hohem Aufwand verbunden wäre. Hier können Direktstromheizungen und elektrische Durchlauferhitzer eine sinnvolle Alternative sein. Eine hohe Effizienz versprechen vor allem Infrarot-Heizsysteme. Auch hier ist eine Kombination mit Photovoltaiksystemen sinnvoll.

An der Schnittstelle zur Tragwerksplanung können bei massiven Bauteilen durch thermische Aktivierung Synergieeffekte zur erforderlichen Wärmeübergabe erzielt werden, beispielsweise durch Betonkernaktivierung, Massivabsorber oder Pfahlgründungen mit integriertem Wärmetauscher (Energiepfähle für Wärmepumpen).



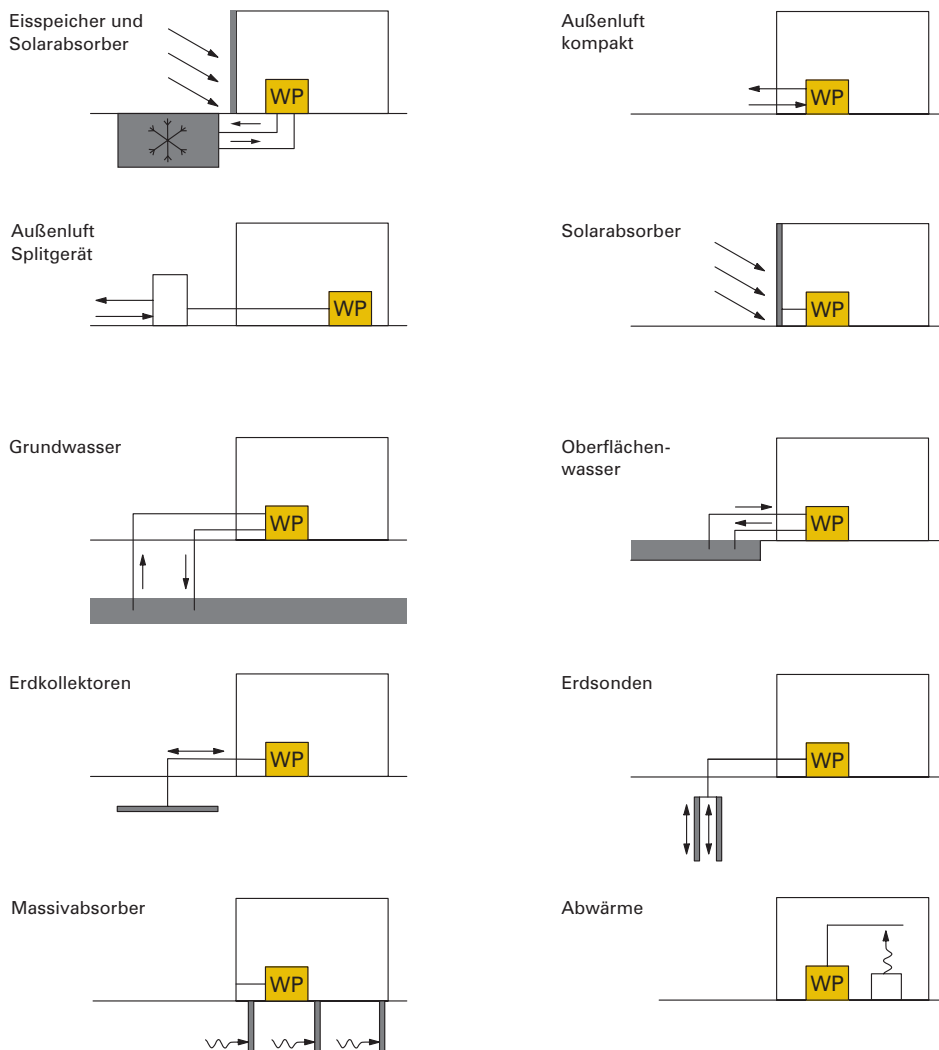


Abb. B.2.21: mögliche Konzepte der Quellenerschließung für Wärmepumpensysteme

Kälteversorgung

Ein primäres Ziel bei der Gebäudeplanung ist es, durch einen guten sommerlichen Wärmeschutz eine hohe Behaglichkeit ohne aktive Kühlung zu gewährleisten. Dennoch kann es bei entsprechender Nutzung (z. B. bei hoher Personendichte) erforderlich sein, ein Kühlsystem zu integrieren. Auch hier ist es im Sinne der Nachhaltigkeit sinnvoll, die natürlichen Kühlpotenziale vor Ort oder erneuerbare Energiequellen zu nutzen. Die Systeme müssen jeweils mit den anderen technischen Komponenten abgestimmt werden (Speicher, Verteilung, Übergabe etc.). Mögliche Ansätze können sein:

- Soweit in der Sommerperiode die Außentemperatur nachts regelmäßig unter die Solltemperatur des Innenraums absinkt, stellt die Nachtlüftkühlung ein zuverlässiges Kühlpotenzial dar. Sie lässt sich über automatisch öffnende Fenster bzw. Lüftungsklappen oder über eine vorhandene Lüftungsanlage realisieren. Die Leistungsfähigkeit erhöht sich ggf. durch Kombination mit wirksamen Speichermassen im Innenraum.
- Ist ein wassergeführtes System geplant, kann auch das Potenzial der Wärmeabstrahlung gegen den kalten Nachthimmel über entsprechende Wärmetauscher genutzt werden. Hier sind sogenannte offene Absorber oder auch Hybridkollektoren (Photovoltaik und Solarthermie in einem Element) eine mögliche Option, da die thermische Komponente vor allem bei horizontaler Anordnung als Strahlungskühler gegen den kalten Nachthimmel dienen kann.

Nachtlüftkühlung

Strahlungskühlung

Verdunstungskühlung

Grundwasser, Erdreich, Eisspeicher

reversible Wärmepumpe/ solare Kühlung

Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung/ Solare Kühlung

Erdkanal

Lüftungskonzept

Wärmerückgewinnung

- Ist eine raumlufttechnische Anlage erforderlich, kann die Zuluft durch Einsprühen von Wasserdampf und den eintretenden Verdunstungseffekt direkt oder (über Wärmetauscher aus der Abluft) indirekt gekühlt und damit Energie eingespart werden.
- Besteht die Möglichkeit, das Grundwasser zu erschließen, lässt es sich als Kältepotenzial in das Kühlsystem einbinden. Synergieeffekte ergeben sich insbesondere, wenn das Grundwasser zugleich als Wärmequelle für ein Wärmepumpensystem dient. Dasselbe gilt für das Erdreich, das über Erdkollektoren, Erdsonden oder einen Erdkanal erschlossen wird. Besonders gut geeignet sind Eisspeicher, die von einer Wärmepumpe in der Heizperiode vereist werden und im Sommerhalbjahr als Kühlenergie zur Verfügung stehen. Diese erreichen oftmals ein erhebliches Volumen, das in der Planung berücksichtigt werden muss (typisch sind 10 m³ für ein Einfamilienhaus, bei Bürogebäuden sind mehrere 100 m³ üblich).
- Ist bei Wärmepumpensystemen die Temperatur der Quelle (z. B. Außenluft, Erdreich etc.) für eine direkte Kühlung zu hoch, kann die Wärmepumpe im reversiblen Betrieb auch aktiv zur Kälteversorgung eingesetzt werden und funktioniert dann wie eine übliche elektrische Kältemaschine. Den hierfür erforderlichen Strombedarf decken im Idealfall Photovoltaiksysteme am Gebäude, die im Entwurf eingeplant werden müssen (aktive solare Kühlung).
- Eine weitere Option besteht in der Installation einer Sorptionskältemaschine, die entweder mit Abwärme aus Produktionsprozessen oder mit der Wärme aus einem BHKW als sogenannte Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung betrieben wird. Möglich ist auch die Nutzung von Antriebswärme aus einer solarthermischen Anlage, wodurch sich ebenfalls eine solare Kühlung umsetzen lässt. Die entsprechenden Flächen in Gebäudehülle und Grundriss müssen frühzeitig berücksichtigt werden.
- Bei Installation eines Erdkanals in Verbindung mit dem Lüftungskonzept wirkt dieser in den Sommermonaten als passives Kühlsystem.

Maschinelle Lüftung

In den meisten Fällen können Gebäude bei guter Planung über freie Fensterlüftung mit Frischluft versorgt werden. Für Wohngebäude sind verschiedene Anforderungen an Lüftungskonzepte definiert. DIN 1946 Raumlufttechnik – Teil 6: „Lüftung von Wohnungen“ unterscheidet hierbei zwischen:

- Lüftung zum Feuchteschutz: bauphysikalisch notwendiger Luftwechsel, Abführung der Raumluftfeuchte auch ohne Anwesenheit der Nutzer zur Vermeidung von Kondensat und Bauschäden
- reduzierte Lüftung: Sicherstellung des hygienischen Mindeststandards bei Abwesenheit der Nutzer
- Nennlüftung: Sicherstellung des hygienischen Mindeststandards und des Bautenschutzes bei Normalbetrieb, ggf. unter aktiver Mitwirkung der Nutzer (z. B. Öffnen des Fensters)
- Intensivlüftung: Abführung von Lastspitzen (z. B. Kochen, Duschen), ggf. unter aktiver Mitwirkung der Nutzer

Die Fensterlüftung erfordert keinen Energieaufwand, in der Heizperiode werden hierdurch jedoch hohe Wärmeverluste generiert, oftmals durch nicht sinnvolle Handhabung (z. B. Dauerkipplüftung). Eine maschinelle Lüftung ermöglicht hingegen eine Wärmerückgewinnung. Mithilfe eines Wärmetauschers wird die Wärme aus der Abluft an die Zuluft übertragen. Bei vielen Nutzungen, wie Veranstaltungsräumen oder großräumigen Büroflächen, ist eine raumlufttechnische Anlage ohnehin erforderlich bzw. sinnvoll, um eine ausreichende Frischluftversorgung zu gewährleisten.



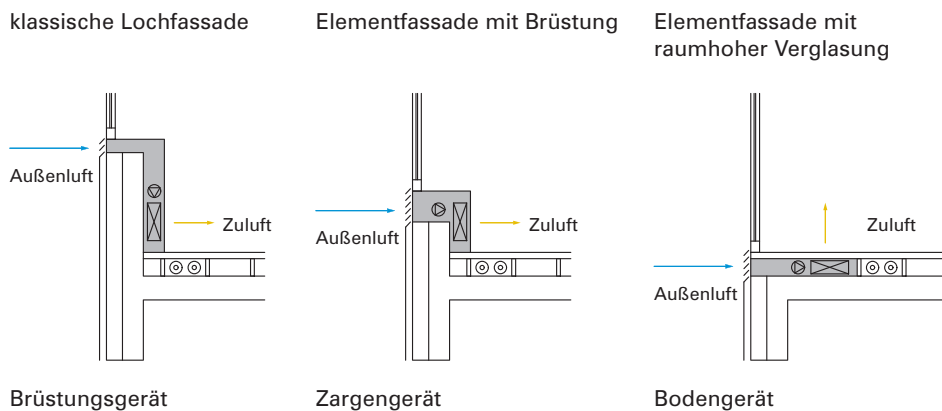


Abb. B.2.22: mögliche Konzepte für dezentrale maschinelle Fassadenlüftung mit Wärmerückgewinnung

Im Sinne der Energieeffizienz besteht die Optimierung in der Planung vor allem darin, den Energieaufwand für die Luftbeförderung zu minimieren. Zielführend sind hier kurze Verteilungswege und eine bedarfsgerechte Regelung, was mit üblichen Lüftungszentralen und den entsprechenden Kanalsystemen schwer zu erreichen ist. Günstige Randbedingungen bieten hierzu dezentrale Lüftungssysteme, die in die Außenhülle integriert werden (Abb. B.2.22). Diese Systeme haben aufgrund der zahlreichen Luftanschlüsse an der Fassade und des begrenzten Luftvolumenstroms direkte Auswirkungen auf die Planung des Baukörpers und der Raumtiefen. Im Wohnungsbau und insbesondere bei der Bestandssanierung sind auch in den Fensterrahmen integrierte Kleinlüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung eine mögliche Option. Auch besteht ggf. die Möglichkeit, in einer neu anzubringenden äußeren Wärmedämmung die Lüftungsleitungen zu integrieren.

dezentrale Lüftungstechnik

Die Planung des Lüftungskonzeptes hat neben dem Platzbedarf für Lüftungsgeräte und Verteilung vor allem Auswirkungen auf Außenluft- und Fortluftführung. Die ggf. erforderliche vertikale und horizontale Leitungsführung muss in der Entwurfsplanung frühzeitig berücksichtigt werden. Hilfreich sind hierbei Schacht- und Leitungskonzepte, in denen auch der Aufwand für Wartung und Instandhaltung erfasst wird.

Leitungskonzept

B.2.5 Umfeld und Außenraum energetisch nutzen

Bei der Entwicklung eines Energiekonzeptes ist es in vielen Fällen sinnvoll, auch die energetische Erzeugungs- und Bedarfssituation der näheren Umgebung einzubeziehen. Hierdurch lassen sich oftmals Synergieeffekte erschließen, die nur über eine Verbundlösung bzw. über ein Quartierskonzept möglich sind. Beispiele hierfür sind Abwärmepotenziale aus der Industrie, solarthermische Großanlagen mit saisonaler Speicherung, der direkte Verkauf von überschüssigem Solarstrom oder BHKWs im Quartier mit eigenem Nahwärme- oder ggf. Nahkältenetz.

Auch die Außenanlagen und das direkte Umfeld sollten in das Energiekonzept einbezogen werden (S. 84, Abb. B.2.23). Hierbei besteht unter Umständen das Potenzial, durch gezielte Bepflanzung eine Sonnenschutzfunktion herzustellen. Weiterhin sind Pflanzen, Wasserflächen und Oberflächen mit hohen Reflexionseigenschaften in der Lage, dem Wärmeinseleffekt im direkten Umfeld entgegenzuwirken, das Mikroklima zu verbessern und dadurch den Kühlbedarf zu senken.

Mikroklima

Biomasse

Abwärme

Solarenergie

Wind- und Wasserkraft

Geothermie

Auch für die regenerative Energieversorgung können oftmals unterstützende Potenziale erschlossen werden:

- Die Bepflanzung kann ggf. gezielt zur Biomasseproduktion für nachwachsende Energieträger dienen.
- Weiterhin empfiehlt es sich zu prüfen, ob Abwärmepotenziale in der direkten Umgebung, z. B. durch Industrieprozesse, Kühlsysteme oder Nahwärme genutzt werden können.
- Auch die Möglichkeit, über bauliche Anlagen im Außenbereich aktive Solartechnik gestalterisch und funktional zu integrieren, sollte geprüft werden (z. B. bei Carports, Überdachung von Wegen und Plätzen oder Schall- und Sichtschutzwänden).
- Ebenso sollte das Potenzial der Nutzung von Wind- oder Wasserkraft – falls auf dem Grundstück vorhanden – untersucht werden.
- Bei der geothermischen Nutzung ist zu beachten, dass Flächen über Erdkollektoren in der Regel nicht versiegelt werden dürfen. Des Weiteren dürfen keine tiefwurzelnden Pflanzen in der Nähe von Erdkollektoren und Erdsonden gepflanzt werden.

Eine solche übergeordnete Vernetzung bei der Entwicklung des Energiekonzeptes erfordert einen besonderen Aufwand bei der Informationsbeschaffung und Koordination. Neben den üblichen beteiligten Akteuren, wie Architekt, Fachplaner TGA und Bauphysiker, sind ergänzend je nach Konzept Landschaftsplaner, Stadtplaner, Stadtwerke, benachbarte Eigentümer, Geologen etc. erforderlich. Für diese Aufgaben gibt es kein standardisiertes Vorgehen, es ist notwendig, jeweils individuelle Konzepte zu entwickeln. Abb. B.2.23 zeigt beispielhaft verschiedene Optionen für die Planung.

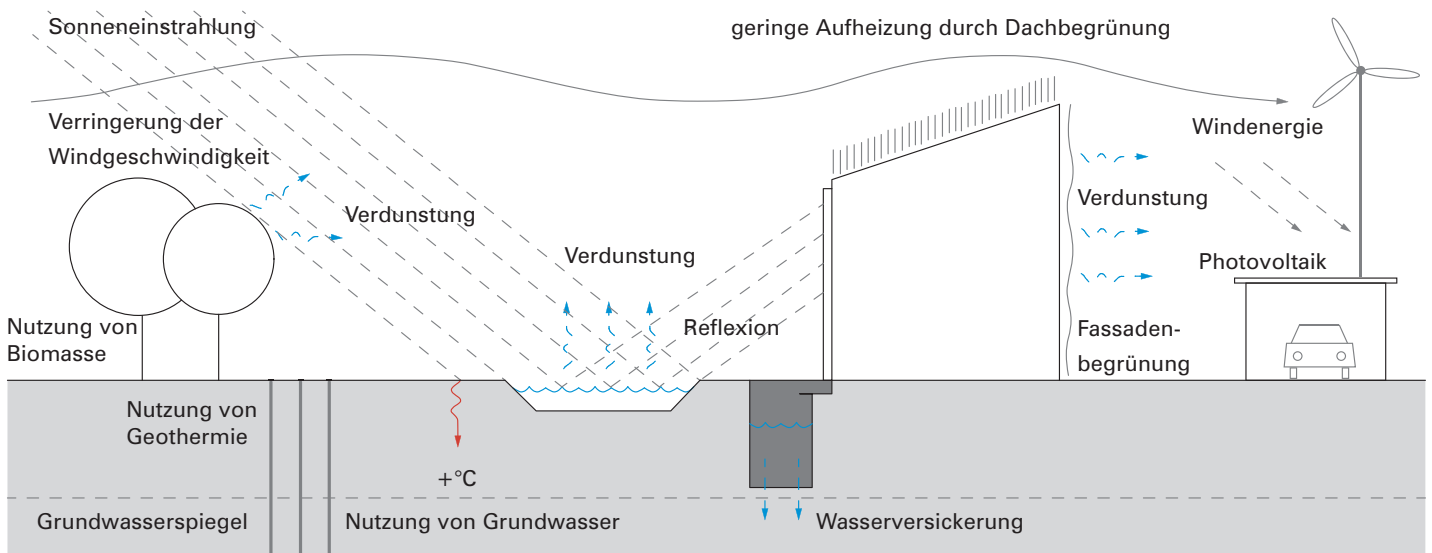


Abb. B.2.23: mikroklimatisch wirksame Elemente und Nutzung erneuerbarer Energie im Außenraum



Derzeit steht leider bei den meisten Bauvorhaben vornehmlich die Optimierung der Betriebsenergie im Fokus, da diese in der Regel im Vergleich zum Materialaufwand den deutlich höheren Anteil am Ressourcenbedarf im Lebenszyklus bedingt. Eine typische Umsetzung ist ein gesteigerter Materialeinsatz (z. B. durch eine verbesserte thermische Hüllqualität) zur Senkung des Energiebedarfs in der Nutzungsphase, die sich gerade bei langfristig genutzten Gebäuden im Lebenszyklus energetisch sicher amortisiert.

Spätestens mit Einführung des Niedrigstenergiegebäudes als gesetzlicher Mindeststandard für alle Neubauten im Jahr 2021 gewinnt der erforderliche Materialaufwand innerhalb der Planung spürbar an Bedeutung (Abb. B.3.1). Für die Ressourcenschonung als Ziel der Nachhaltigkeit wird dann der Materialaufwand zentraler Ansatzpunkt für die Umsetzung (Pkt. B.3.2). Der Energieaufwand für die Herstellung kann durch eine Ökobilanz abgebildet werden (Pkt. B.3.1 und S. 90, INFOBOX Ökobilanz). Sie kann eine wertvolle Grundlage für die Materialplanung bilden, wenn die Aspekte der Umnutzungsfähigkeit und Rückbauqualität in die Bilanz miteinbezogen werden.

Verhältnis zwischen Betriebs- und Herstellungsaufwand

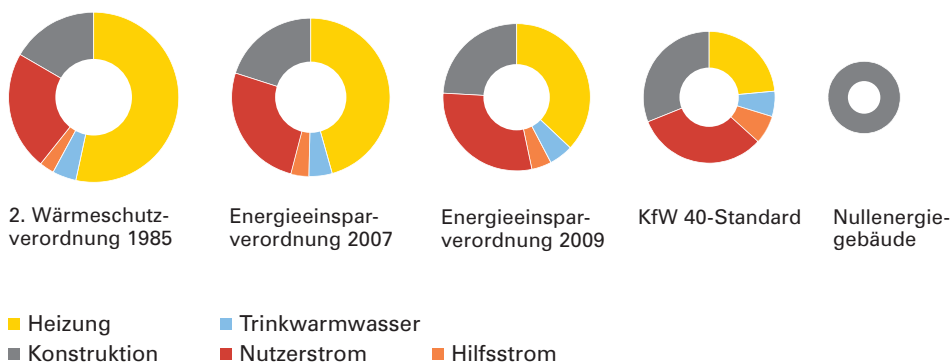


Abb. B.3.1: Entwicklung des Primärenergieinhalts von Gebäuden über Herstellung und Nutzung in Abhängigkeit der jeweils geltenden Energieeinsparverordnung

Die Betrachtung liefert auch einen Beitrag zur Diskussion über die Bestandsnutzung oder einen Abriss mit ggf. sogar verdichtetem Neubau. Eine Sanierung mit gleichwertigem Primärenergiebedarf im Betrieb wie ein Neubau, stellt im Sinne der Ressourcenschonung eindeutig die bessere Lösung dar. Die möglichst umfassende Weiternutzung von Bestandsbauteilen ist daher sinnvoll. Beispiele zeigen sogar, dass die Ökobilanz selbst bei einem weitgehenden Rückbau (z. B. auf den Rohbau oder auch nur Fundament und Fassade) vorteilhaft ausfallen kann. Betriebsenergierelevante Details (wie z. B. Wärmebrücken) sollten indessen nahe an den Neubaustandard heranreichen.

Sanierung oder Neubau

B.3.1 Ökobilanzierung initiieren

Materialkonzept

i Material- und Ökobilanzdaten:
ÖKOBAUDAT
www.ökobaudat.de
WECOBIS
www.wecobis.de

Ökobilanz-Tools:
 Deutschland: eLCA
www.bauteileditor.de
 Schweiz: Grisli
www.grisli.net (mit stark vereinfachtem Bauteilmodell)
 Österreich: eco2soft
<https://www.baubook.info/eco2soft>

Mit der Materialisierung des Entwurfes und der Entwicklung erster Regeldetails eröffnen sich schrittweise immer größere Handlungsfelder. Ein umfassendes Materialkonzept (INFOBOX Materialkonzept) betrachtet gleichermaßen konstruktive und bauphysikalische Aspekte, Behaglichkeit und Schadstofffreiheit sowie die durch das Material induzierten Umweltwirkungen.

In diesem Zusammenhang gilt es projektspezifisch zu entscheiden, wie die Optimierung der Umweltwirkungen in der Planung erfolgen soll. Gegliedert nach Aufwand und Tiefe der Bewertbarkeit gibt es dazu planerische Umsetzungsmöglichkeiten:

- Nutzung von Material- und Ökobilanzdaten zur Bewertung einzelner Baustoffe (z. B. ÖKOBAUDAT oder WECOBIS)
- Nutzung vergleichender Studien zur Bewertung von Bauteilen (z. B. hersteller-neutrale Fachartikel) (Abb. B.3.2)
- eigenständige Erstellung von Bauteilökobilanzen (z. B. mit unterschiedlichen Dauerhaftigkeiten zur Abbildung von Instandhaltungsprozessen) mittels Ökobilanz-Tools
- eigenständige Erstellung von Gebäudeökobilanzen mit gleichzeitiger Betrachtung von Materialaufwand und Betrieb mittels Ökobilanz-Tools

Aus dem Ökobilanz-Ergebnis einer einzelnen Variante, z. B. über den Kennwert Treibhauspotenzial $\times \text{kg CO}_2\text{-Äq}/(\text{m}^2\text{a})$, lassen sich nur bei Verfügbarkeit einer Referenz (z. B. Aufwand für die Baukonstruktion des Referenzgebäudes nach BNB) Rückschlüsse bzw. Einsparpotenziale ableiten. Daher sollten über Ökobilanz-Tools in der Regel unterschiedliche Entwurfsvarianten miteinander verglichen werden, um die jeweiligen Vor- und Nachteile abzuwägen.

Einfluss von unterschiedlichen Tragkonstruktionen

Erst hierbei werden z. B. die Vor- und Nachteile einer erhöhten Holznutzung offensichtlich. Beim Einsatz von Holz sinkt durch die Bindung von CO_2 das Treibhauspotenzial (GWP). Durch die thermische Verwertung des erneuerbaren Baumaterials nach der Nutzung sinkt ebenso der nicht erneuerbare Primärenergieinhalt. Es steigt jedoch der gesamte Primärenergieinhalt (PEI) der Konstruktion (Abb. B.3.2).

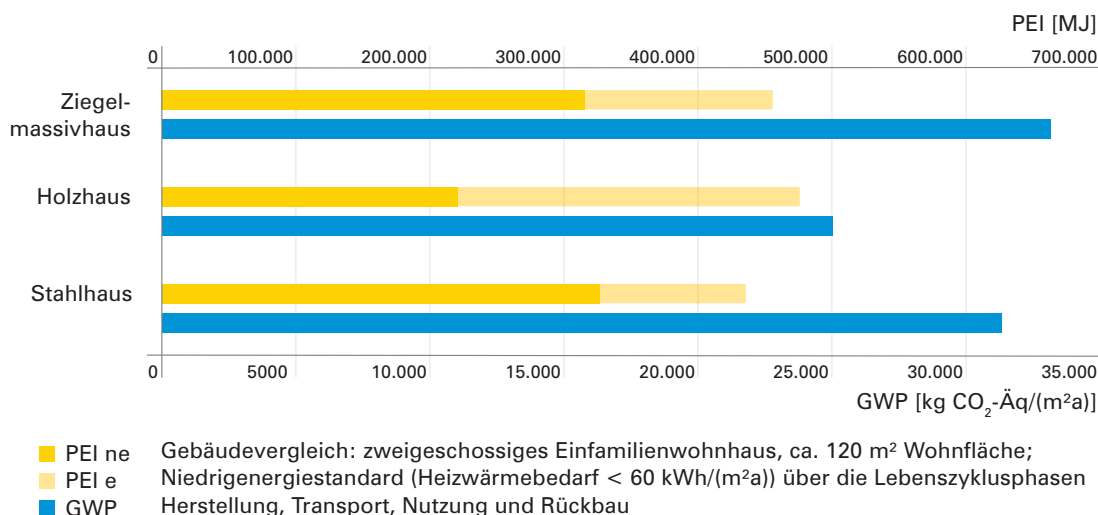


Abb. B.3.2: vergleichende Gebäudeökobilanz von Einfamilienwohnhäusern unterschiedlicher Konstruktionsweisen



Die Baustoffwahl ist eine wesentliche Kompetenz des Architekten. Zunehmend werden dabei die bestehenden funktionalen und gestalterischen Kriterien durch nachhaltigkeitsbezogene Faktoren ergänzt. Neuartig ist hierbei insbesondere die Betrachtung der Bauökologie (Ressourcenschonung und Umweltwirkungen des Bauens) und der Baubiologie (Behaglichkeitssteigerung und Schadstoffarmut).

Die Nutzung nachhaltiger Baustoffe ist ein häufig formuliertes Ziel im Bauen. Unter diesem Begriff müssen allerdings nachhaltig eingesetzte Baustoffe verstanden werden. Es sind nicht die Baustoffe selbst, sondern die jeweiligen Materialkonzepte, in die sie eingebunden werden, die im Baustoffbereich

über die tatsächliche Nachhaltigkeit eines Gebäudes entscheiden. So variieren z. B. in der Regel beim Bauen mit Holz die Umweltwirkungen aufgrund der an das Gebäude gestellten Anforderungen aus dem Brandschutz. Entsprechend zentral ist daher die Ausarbeitung eines Materialkonzepts für das zu planende Gebäude. Unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus von Baustoffen ergibt sich eine Vielzahl an Ansatzpunkten für eine Optimierung. Strategien können sich ausgehend vom übergeordneten Ziel der Nachhaltigkeit in verschiedene Richtungen entwickeln – seien es die Effizienzsteigerung in der Herstellung, ressourcenbezogene lokale Identitätsbildung oder Verbesserung und Verstärkung von Recyclingprozessen (Abb. B.3.3). Planer müssen dabei bewusst Schwerpunkte setzen.

Dimension	Konsistenz	Suffizienz	Effizienz	Optimierung von Lebenszyklen	
	natur- und gesundheitsverträgliche Gestaltung	Bedarfs-hinterfragung	funktionale Leistungssteigerung	Optimierung des Gebäude-lebenszyklus	Optimierung des Material-lebenszyklus
Gebäude	Umweltwirkung im Lebenszyklus reduzieren	Bedarf für Nutzungswandel beachten	Flächeneffizienz erhöhen	durch Wiederverwendung Neuproduktion senken	Rückbaubarkeit ermöglichen
Raumzone	gesundheitliche Unbedenklichkeit	Raumbedarf und Hüllfläche reduzieren (Kompaktheit)	betriebsoptimierte Gestaltung (reduzierte Betriebsenergie, vereinfachte Wartung und Instandhaltung)	Nutzungsneutralität	Dauerhaftigkeit optimieren
Raum		Ausstattungsqualität reduzieren		durch Instandhaltung Austauschbedarf reduzieren	
Bauteil	Anteil nachwachsender Rohstoffe erhöhen	Technisierungsgrad reduzieren	Konstruktions-effizienz	Nutzung von Standardmaßen	Vorfertigung/ Modularisierung
Werkstoff	Substitutionsrohstoffe nutzen	Detailanschlüsse reduzieren	technische Leistung der Werkstoffe erhöhen	Dokumentation optimieren	Verbundwerkstoffe vermeiden

Abb. B.3.3: beispielhafte Themen des ressourcenschonenden Bauens nach Strategien der Nachhaltigkeit (Effizienz, Konsistenz, Suffizienz) sowie unterschiedlichen Dimensionen

Gerade nach angestrebter Nutzung können unterschiedliche Optimierungsstrategien sinnvoll sein. Denn das Betriebsverhalten im Lebenszyklus bedingt, wie hoch der Ressourcenaufwand für die Bauwerksherstellung im Verhältnis zum Aufwand im Betrieb ist (S. 85, Abb. B.3.1). Je höher der Energieaufwand für den Gebäudebetrieb, desto stärker sollte der Materialeinsatz zu einer Senkung des Betriebsaufwands beitragen. Potenzielle Nutzungswechsel und die Nutzungsdauer definieren wiederum die Länge des zu betrachtenden Lebenszyklus. Für die Planungspraxis lohnt es sich daher, Gebäude nach Energiebedarf und Nutzungsflexibilität zu bewerten, um daraus sinnvolle Zielstellungen des Materialkonzepts abzuleiten (Abb. B.3.4 und B.3.5).

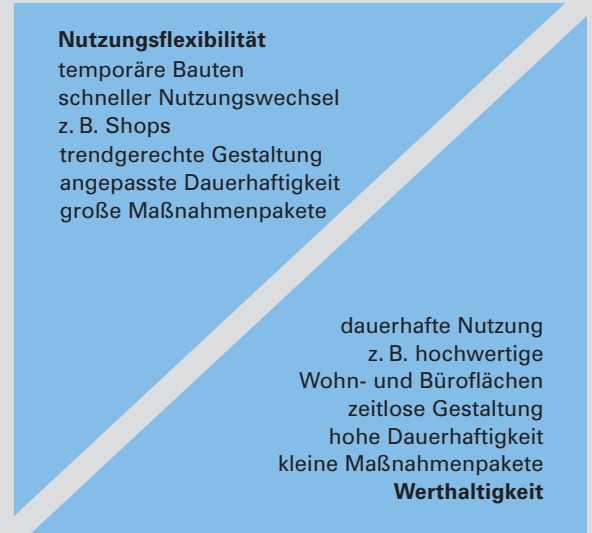


Abb. B.3.4 Abhängigkeit von Nutzungsflexibilität und Werthaltigkeit

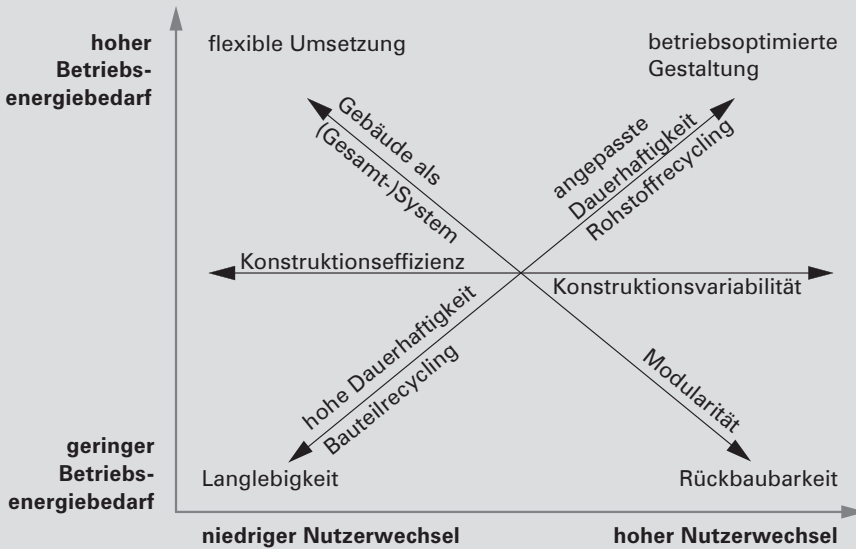


Abb. B.3.5: Möglichkeiten zur ökologischen Optimierung von Baukonstruktionen abhängig vom Betriebsenergiebedarf und dem Nutzungswechsel von Gebäuden

B

Für belastbare Aussagen ist es nicht immer erforderlich, das gesamte Gebäude zu erfassen. Ökobilanz-Tools lassen sich auch für den Vergleich von Bauteilen nutzen.

Dabei ist es wichtig, sich jeweils auf eine gleichwertige, präzise definierte „funktionelle Einheit“ zu beziehen (z. B. 1 m² Fassade mit identischen bauphysikalischen Eigenschaften) (Abb. B.3.6). Zudem ist darauf zu achten, dass im Rahmen der Optimierung nicht ungewollt Umweltwirkungen in andere Bauteile verschoben werden. Eine solche Verschiebung kann beispielsweise dann erfolgen, wenn bei einer Optimierung einer Deckenkonstruktion durch die größere Aufbauhöhe auch zusätzliche Fassadenflächen notwendig werden.

funktionelle Einheit

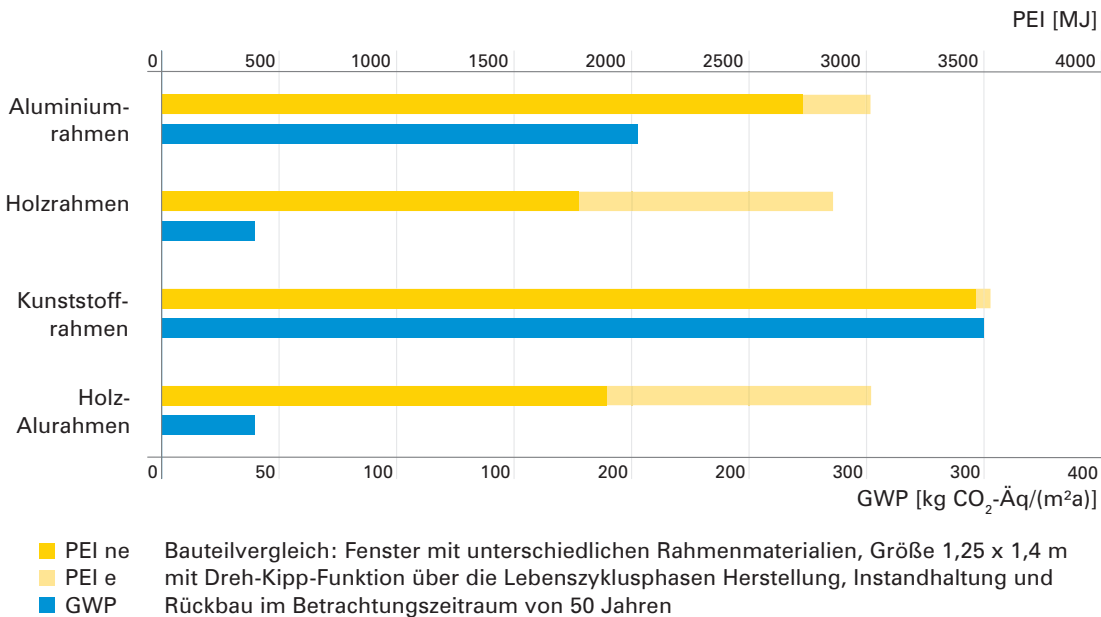


Abb. B.3.6: vergleichende Ökobilanz von Fenstern mit unterschiedlichen Konstruktionsmaterialien

B.3.2 Materialaufwand minimieren

Eine reduzierte Baumasse führt generell zu einem geringeren Ressourcenverbrauch und geringeren Umweltwirkungen. Der Materialaufwand lässt sich dabei schon durch konzeptionelle Maßnahmen im Zuge der Baukörpergestaltung und der Tragwerksplanung minimieren.

Baukörper

Bereits mit der Formgebung des Baukörpers werden wesentliche Randbedingungen zum späteren Materialaufwand getroffen. Grundsätzlich gilt, dass eine hohe Kompaktheit des Gebäudes (möglichst geringe Hüllfläche bei gegebenem Raumvolumen) und eine Optimierung der Nutzfläche im Verhältnis zum umbauten Volumen sowohl für die Ressourcenschonung als auch die Energieeffizienz und die Lebenszykluskosten förderlich sind. Mitunter lässt sich im Wohnungsbau z. B. der Primärenergieinhalt im Vergleich durch höhere Dichte um mehr als 50 % senken (S. 93, Abb. B.3.10). Weitere sinnvolle Maßnahmen im Zusammenhang mit der Formfindung sind:

- Vermeidung komplexer Formen, weil dadurch in der Regel ein geringerer Anteil an aufwendigen und materialintensiven Konstruktionsdetails entsteht.

Kompaktheit

einfache Formgebung

Die Ökobilanzierung (Life Cycle Assessment, LCA) ist eine Berechnungsmethode zur Erfassung von Emissionen, Ressourcenverbrauch und Energie über den Lebenszyklus. Die allgemeine Vorgehensweise der Ökobilanz ist in den Normen DIN EN ISO 14040 (Grundsätze und Rahmenbedingungen) sowie DIN EN ISO 14044 (Anforderungen und Anleitungen) beschrieben. Gebäude-Ökobilanzen unterteilen sich nach DIN EN 15978 in die Module Herstellung sowie Bau/Errichtung (Modul A), Nutzung (Modul B), Entsorgung (Modul C) sowie Wiederverwendung, Rückgewinnung und Recycling (Modul D) (S. 166, Abb. D.3.1).

Dabei werden einem Prozess oder einem Objekt (z. B. einem Gebäude) Inputflüsse (verwendete Rohstoff- und Energiemengen) und Outputflüsse (resultierende Abfall- und Emissionsmengen) zugeordnet und potenzielle Umweltwirkungen abgeleitet (z. B. die Umweltwirkung „Klimaerwärmung“ als Folge der Emission von Treibhausgasen). Die im Bauwesen üblichen Indikatoren sind in Abb. B.3.7 aufgeführt.

Teilweise wird anstelle des PEI auch der kumulierte Energieaufwand KEA (inklusive Transportprozesse zur Baustelle) oder die graue Energie (inklusive Wasserkraft) verwendet, die nicht gleichsetzbar sind.

Der Vergleich von einzelnen Bauteilen kann aus Datensätzen (z. B. ÖKOBAUDAT) direkt zusammengerechnet werden. In der Regel werden Ökobilanzen jedoch softwaregestützt erstellt, was eine schnelle Vergleichbarkeit mehrerer Varianten als Entscheidungsgrundlage für das Materialkonzept ermöglicht. In den Rechenprogrammen sind Datenbanken hinterlegt, die Kennwerte für die Umweltwirkungen von Bauprodukten beinhalten. Solche Input- und Outputströme enthalten z. B. die Datenbank ÖKOBAUDAT (D), die IBO Ökokennzahlen (AT) oder Umweltproduktdeklarationen (EPDs) von Bauproduktherstellern für ihre Bauprodukte gemäß DIN EN 15804. Nicht in allen Datensätzen sind jedoch alle Phasen nach DIN EN 15978 gleichwertig berücksichtigt. Hier ist insbesondere darauf zu achten, dass das Modul D (Gutschriften und Lasten

Wirkungskategorien oder Inputflüsse	Abkürzung	Einheit	Umweltwirkung
Treibhauspotenzial (über 100 Jahre)	GWP 100	kg CO ₂ -Äquivalent	Klimaerwärmung
Ozonabbaupotenzial	ODP	kg CFC-11-Äquivalent	Abbau der Ozonschicht
photochemisches Ozonbildungspotenzial	POCP	kg C ₂ H ₄ -Äquivalent	Sommersmog
Versauerungspotenzial	AP	kg SO ₂ -Äquivalent	Versauerung
Eutrophierungspotenzial	EP	kg PO ₄ ³⁻ -Äquivalent	Überdüngung
Primärenergieinhalt nicht erneuerbar	PEI ne	MJ oder kWh	fossiler Energieverbrauch
Primärenergieinhalt erneuerbar	PEI e	MJ oder kWh	erneuerbarer Energieverbrauch
abiotischer Ressourcenverbrauch erneuerbare Ressourcen	ADPE	kg SB-Äquivalent	erneuerbarer Ressourcenverbrauch
abiotischer Ressourcenverbrauch mineralischer Ressourcen	ADPF	MJ	mineralischer Ressourcenverbrauch
Frischwasserverbrauch	FW	m ³	Wasserverbrauch

Abb. B.3.7: bauübliche Wirkungskategorien und Inputflüsse, ihre Wirkungen und Einheiten

außerhalb der Systemgrenze) in allen Datensätzen gleichwertig behandelt wird.

Neben Berechnungsprogrammen (z. B. GaBi, Sima-Pro, Umberto, Open LCA) sind auch webgestützte Bilanzierungstools (z. B. SBS-Tool, eLCA) verfügbar. Speziell das frei verfügbare Tool eLCA des Bundes ermöglicht eine zielstrebige Bearbeitung (www.bauteil-editor.de).

Um bei Nachhaltigkeitszertifizierungen von Gebäuden zu vergleichbaren Ergebnissen zu kommen, werden in Deutschland für eine Ökobilanz (nach BNB oder DGNB) einheitliche Annahmen getroffen. Als Betrachtungszeitraum werden in der Regel 50 Jahre angesetzt. In dieser Zeit werden alle Umweltwirkungen über die Phasen Herstellung, Nutzung (inkl. Instandsetzung), Rückbau und Entsorgung berücksichtigt. Dazu werden alle Bauteile der Kostengruppe 300, definierte Bauteile der Kostengruppe 400 sowie der Energiebedarf für den Betrieb des Gebäudes (nach EnEV) einbezogen. Die summierten Umweltwir-

kungen werden auf die 50 Jahre verteilt als $[\text{Umweltwirkung}/(\text{m}^2_{\text{NGF}}/\text{a})]$ ausgewiesen. Um die technische Gebäudeausrüstung abzubilden, werden im „vereinfachten Verfahren“ die zentralen Wärme- und Kälteerzeuger sowie die Lüftung des Gebäudes betrachtet und ein Aufschlag von 20 % auf alle Bauteile berücksichtigt. Der Transport der Bauprodukte zur Baustelle wird nicht bilanziert, da er in der Regel eine untergeordnete Bedeutung hat.

Auswertungen von Ökobilanztools für die BNB-Zertifizierung zeigen die jeweiligen Umweltwirkungen des Gebäudes im Verhältnis zu einem Referenzwert, indem die Betriebsenergie aus dem Referenzgebäude nach EnEV abgeleitet wird und für die Konstruktion ein feststehender Wert pro m^2 angesetzt wird (S. 92, Abb. B.3.9).

Die Gewichtungen von Indikatoren einer Ökobilanz im Bauwesen unterscheiden sich international deutlich. Bei einer BNB- oder DGNB-Zertifizierung werden das Treibhauspotenzial, der nicht erneuerbare Primärenergieinhalt

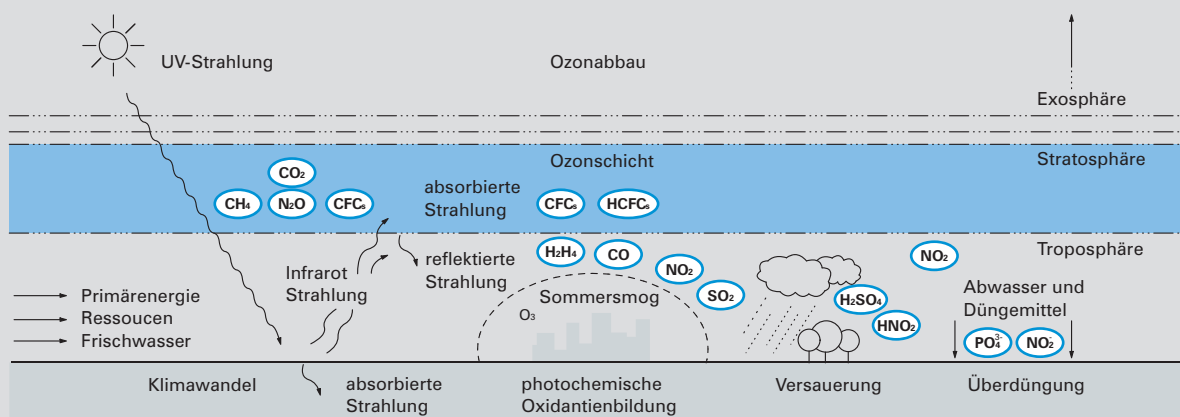


Abb. B.3.8: schematische Darstellung der zentralen Wirkungskategorien in einer Ökobilanz

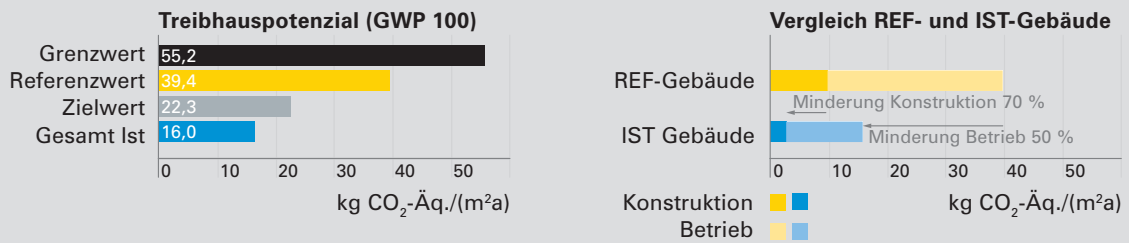


Abb. B.3.9: Auswertung eines Gebäudes nach DGNB-Zertifizierung für die Umweltwirkung Treibhauspotenzial (GWP 100)

sowie der Gesamtprimärenergieinhalt besonders hoch gewichtet. Sie können also als Leitindikatoren zur Bewertung dienen. Ökobilanzen im Rahmen einer Zertifizierung eignen sich besonders, um das optimierte Gebäude mit einer konventionellen Umsetzung zu vergleichen (Abb. B.3.9).

Der schweizerische Standard SNBS sieht für die Zertifizierung eine vereinfachte Ökobilanz vor, die die Gebäudeerstellung, den Gebäudebetrieb und die Mobilität umfasst. Dabei wird eine technische Gebäudelebensdauer von 60 Jahren angenommen. Für die Bewertung der Umweltwirkungen werden das Treibhauspotenzial GWP sowie der nicht erneuerbare Primärenergiebedarf PEI_{ne} verwendet. Das österreichische Bewertungssystem TQB

aggregiert drei Umweltwirkgrößen (nicht erneuerbarer Primärenergieinhalt – PEI_{ne}, Treibhauspotenzial – GWP, Versauerungspotenzial – AP) im sogenannten OI3-Indikator (Ökoindex 3). Dabei werden nur die Herstellungs- und Instandsetzungsphase betrachtet, während die Entsorgung mittels eines speziellen Entsorgungsindikators (bewertetes Abfallvolumen – EI) dargestellt wird.

Die nationalen Systeme haben dabei alle jeweils Vor- als auch Nachteile. Durch die Vielzahl der Indikatoren lässt sich aus der deutschen Bewertung eine hohe Anzahl an Rückschlüssen für die Planung und die Produktentwicklung ziehen. Eine reduzierte Kennwertanzahl wie beim Ökoindex 3 vereinfacht hingegen die Kommunikation im Planungsprozess.

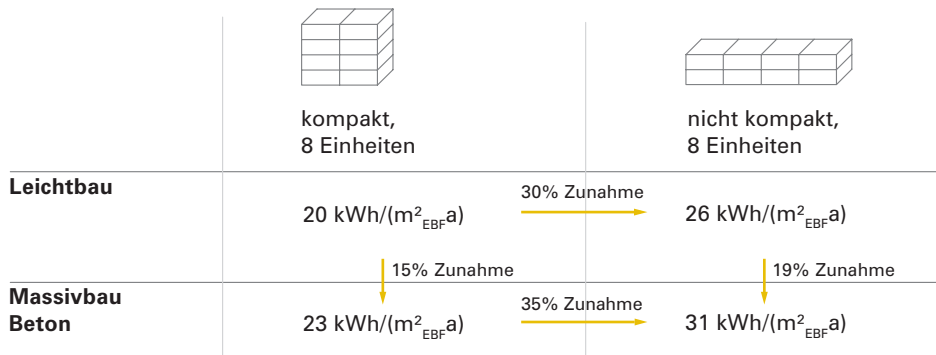


Abb. B.3.10: Vergleich der grauen Energie von kompakten und nicht kompakten Passivhäusern

- Reduzierung der Geschosshöhen auf ein notwendiges Maß (z. B. gemäß Arbeitsstättenrichtlinie), wobei ggf. Zielkonflikte in Bezug auf die Umnutzungsfähigkeit entstehen können (S. 111, B.5.2 Flexibilität).
- Minimierung bzw. Vermeidung von unterirdischen Baumassen, soweit diese nicht – z. B. bei Nachverdichtungen in Städten – zwingend erforderlich sind, da diese deutlich negative Auswirkungen auf die Ökobilanz für zumeist nachgeordnete Räume haben. Anfallender Erdaushub sollte auf dem Grundstück oder in der nahen Umgebung Wiederverwendung finden.
- Differenzierung zwischen Bereichen mit öffentlichem Personenverkehr (z. B. das Foyer), intensiv gemeinsam genutzten Bereichen (z. B. Flure, Gastronomie) und den eigentlichen Funktionsräumen nach dem Grad der zu erwartenden Belastung (Abb. B.3.11). Gerade bei intensiv genutzten Gebäuden (z. B. Schulen) ist es vorteilhaft, die Materialwahl auf Grundlage der späteren Beanspruchung zu überprüfen. Für ein vielgenutztes Foyer könnte dies z. B. bedeuten, bewusst einen besonders abriebresistenten, feucht zu reinigenden Boden einzusetzen und auf freistehende Stützen zur Verbesserung der Reinigungsfähigkeit zu verzichten. Im Detail können auch an Wänden in Abhängigkeit der Höhe (z. B. Abrieb durch anprallende Reinigungswagen) oder der Exponiertheit (z. B. an stark beanspruchten Ecken) Zonen für erhöhte Abriebsfestigkeit festgelegt und gestaltet werden.

abgestimmte Geschosshöhen

Baumasse unter Gelände

Differenzierung nach Materialbeanspruchung

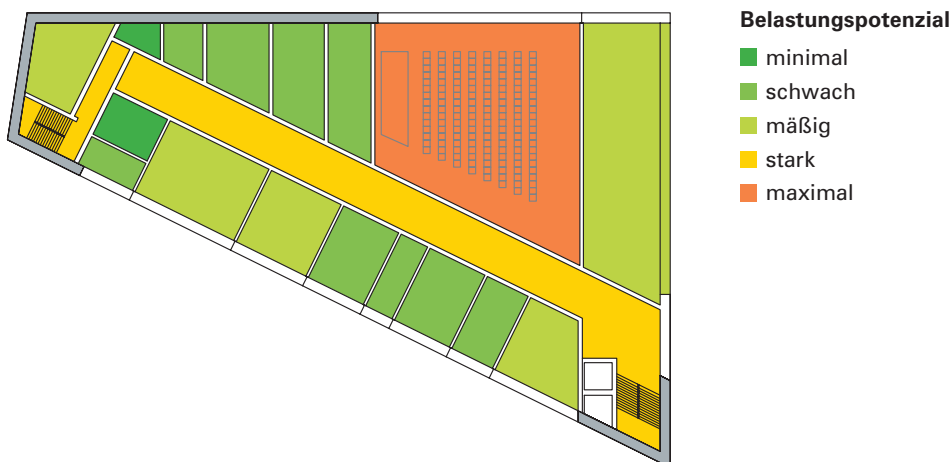


Abb. B.3.11: beispielhafte Darstellung eines Belastungsprofil von Nutzoberflächen (Beispiel St. Trinitatis in Leipzig)

Tragwerk

Die Tragwerksplanung übt den größten Einfluss auf den Ressourcenbedarf und die Umweltwirkungen bei der Herstellung des Gebäudes aus und wird maßgeblich in der Entwurfsphase bestimmt. In der Regel liegt der Anteil der Tragkonstruktion an den Umweltwirkungen des Gesamtgebäudes in der Herstellungsphase bei 50 % oder höher (Abb. B.3.12). Zur Reduzierung der Umweltwirkungen der Tragkonstruktion sollten folgende Aspekte überprüft werden:

Massereduktion

Spannweiten

Schallschutz

- Der Ressourcenverbrauch sinkt grundsätzlich mit Reduktion der Masse. Beim Entwurf sollte daher frühzeitig das Potenzial für Skelettbauten und Leichtbaukonzepte überprüft werden. So kann selbst bei Betonbauten durch Hohldielen oder Hohlkörperdecken (die sich besonders bei erhöhten Spannweiten eignen) die Materialeffizienz gesteigert werden.
- Vermeidung großer Spannweiten, deren Umsetzung in der Regel einen erhöhten Materialeinsatz erfordert (z. B. hoher Stahlanteil bei großen Auskragungen). Durch geringe Deckenspannweiten oder Durchlaufwirkung des Tragwerks lassen sich darüber hinaus die statischen Höhen und der Materialaufwand für die Deckenkonstruktionen reduzieren, soweit es die Grundrissgestaltung zulässt.
- Schallschutzanforderungen sollten bei der Tragwerksplanung von Beginn an Berücksichtigung finden. Werden im Wohnungsbau z. B. die Wohnungstrennwände tragend ausgebildet, so verfügen sie aufgrund der meist höheren Masse durchweg über bessere Schallschutzqualitäten als nicht tragende Wände und der zusätzliche Materialaufwand für Schallschutzmaßnahmen reduziert sich. Da dadurch jedoch auch die spätere Nutzungsflexibilität eingeschränkt werden kann, bedarf es hier einer intensiven Abwägung übergeordneter Ziele für das Gebäude. Konstruktionen, die aus einer Massivwand sowie einer schwingenden Vorsatzschale bestehen, ermöglichen dabei besonders hohe Schallschutzqualität bei geringen Umweltwirkungen.

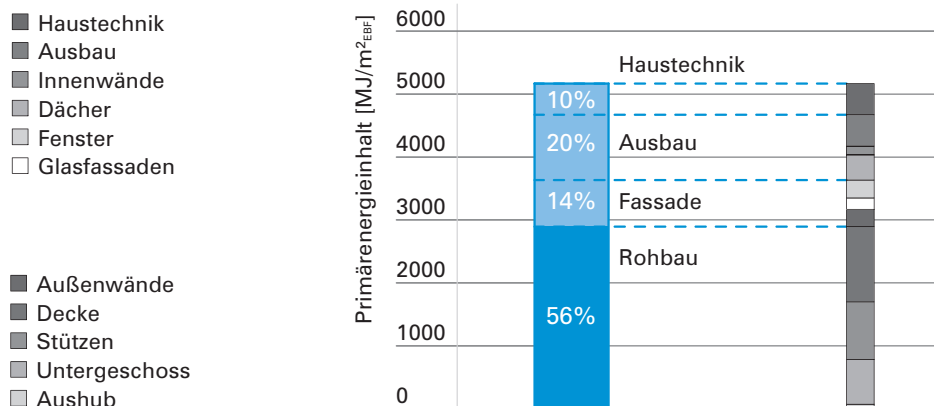


Abb. B.3.12: beispielhafte Darstellung des Primärenergieinhalts PEI ges eines Büro- und Verwaltungsgebäudes (Beispiel Forum Chriesbach in Dübendorf, CH)

B.3.3 Kreislaufoptimierte Materialien anstreben

Durch die Rückführung eingesetzter Baustoffe in den Materialkreislauf lassen sich die Umweltbelastungen langfristig senken. In den einzelnen Lebenszyklusphasen weisen Baustoffe jedoch sehr unterschiedliche Eigenschaften bzw. Verhalten auf. Einige ermöglichen eine besonders umweltschonende Herstellung (z. B. Spanplatten aus Recyclingholz), andere – zu meist aufwendigere Baustoffe – lassen einen besonders langen Nutzungszyklus zu (z. B. Schaumglas als Dämmung). Wieder andere bieten einen besonders wertvollen Ressourcenstrom nach der Nutzung (z. B. Metalle). Alle drei Wege stellen dabei eine Chance zur Optimierung dar.

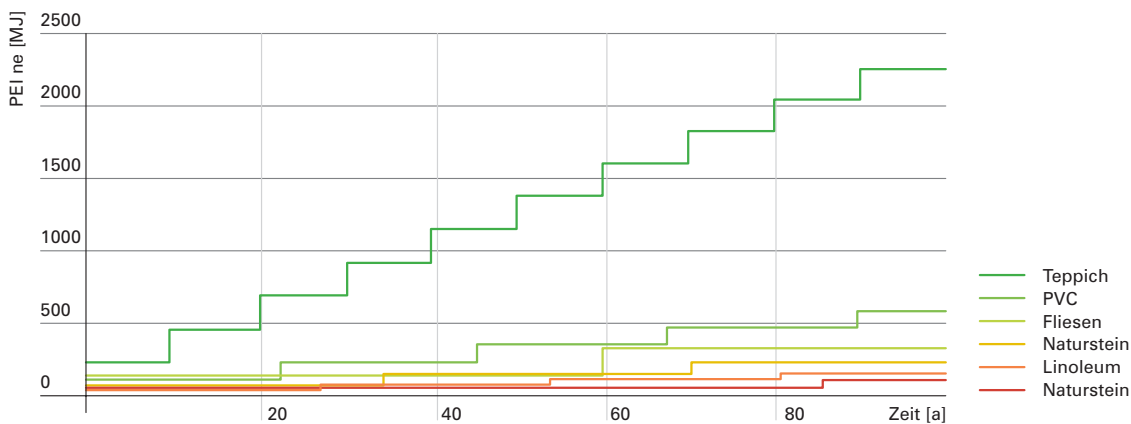


Abb. B.3.13: Dauerhaftigkeit unterschiedlicher Bodenbeläge im Vergleich

Dauerhaftes, instandhaltungsoptimiertes Bauen

Gebäude, deren Bauteile oder Funktionsschichten selten ausgetauscht werden müssen, verursachen geringere Umweltwirkungen in der Nutzungsphase. Demzufolge sollte die Materialwahl im Kontext von Langlebigkeit und Dauerhaftigkeit erfolgen. Stehen beispielsweise für eine Büronutzung unterschiedliche Bodenbeläge zur Auswahl, so geht aus Abb. B.3.13 hervor, dass bei einer angenommenen Nutzungsdauer von 50 Jahren Teppich fünfmal zu erneuern ist. Linoleum hat im Vergleich einen geringeren Primärenergiegehalt und muss nur zweimal in 50 Jahren ausgetauscht werden, da es eine höhere Dauerhaftigkeit aufweist. Darüber hinaus sind folgende Aspekte in der Planung zu prüfen:

- Einsatz bewährter und robuster Konstruktionsweisen, für die seitens der Planer und ausführenden Firmen ein entsprechender Erfahrungsschatz zur Umsetzung besteht.
- Modulare Bauteile (z. B. Element- und Vorhangfassaden) können in der Regel kleinteiliger und damit mit geringerem Aufwand saniert oder ersetzt werden (z. B. über spezifische Module im Sockelbereich bei Fassaden gegen Spritzwassereinfluss). Die Ressourceneffizienz einer Konstruktion steigt dabei in der Regel mit dem Vorfertigungsgrad, da die Bauteile besser an die tatsächlichen baukonstruktiven Bedarfe angepasst werden können und weniger Abfall entsteht. Neben dem Stahlbau, der z. B. bei Funktionsbauten, Hallen oder großen Bürogebäuden eingesetzt wird, hat sich auch der modulare Holzbau für Wohnungsbauten, Schulen und Kindertagesstätten, Büros und Industriebauten etabliert.
- Vermeidung von Integral- und Verbundbauteilen mit sehr unterschiedlicher Dauerhaftigkeit (z. B. beweglicher Sonnenschutz im Scheibenzwischenraum einer Verglasung).
- Überprüfung möglicher Austauschprozesse auf Abhängigkeiten zwischen dauerhaften und wenig dauerhaften Materialschichten sowie Abhängigkeiten zwischen zentralen Technikbauteilen und anderen Bauteilschichten.
- Bevorzugung und Wertschätzung regional etablierter Baustoffe bzw. Baukonstruktionen.

Nachwachsende Rohstoffe und Recyclingmaterialien

Durch den verstärkten Einsatz nachwachsender Baustoffe (z. B. über reine Holzkonstruktionen oder Holz-Beton-Verbundkonstruktionen) kann das Gebäude durch den im Holz gebundenen Kohlenstoff als CO₂-Speicher dienen. Hierbei sind folgende Aspekte zu beachten:

- Im Vergleich der verbreiteten Konstruktionsmaterialien erzielt Holz eine Reduktion der Umweltwirkungen von etwa 10–15 % (S. 96, Abb.

↓ Nutzungsdauer von Bauteilen:
www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebäudedaten/nutzungsdauern-von-bauteilen.html

robuste Konstruktion

modulares Bauen

Vermeidung unterschiedlicher Dauerhaftigkeiten

Austauschprozesse

Regionalität

Holzbau

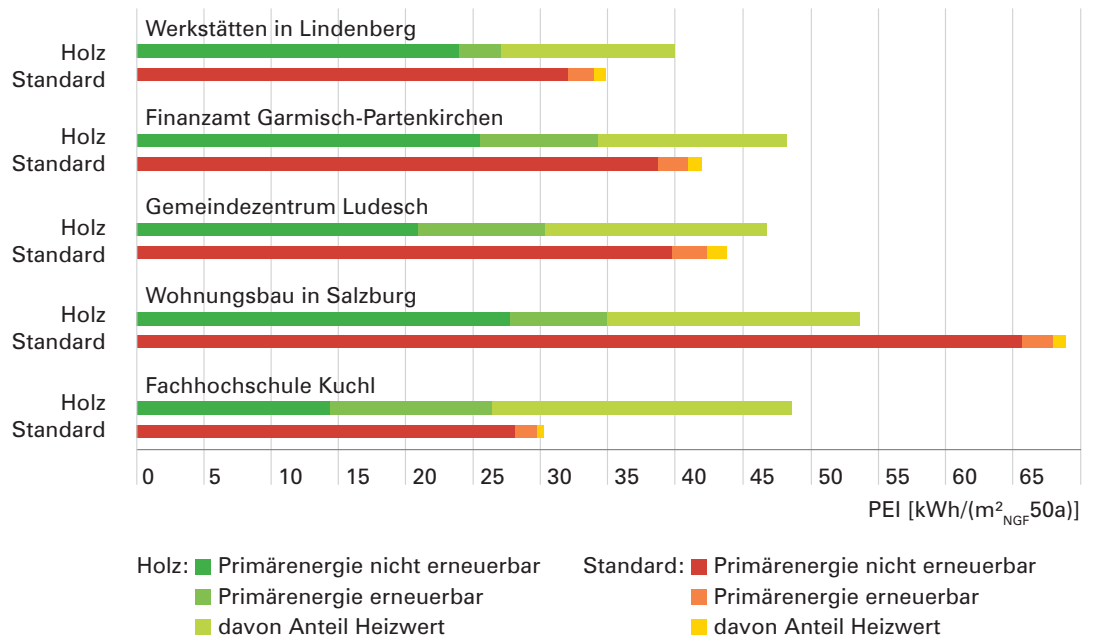


Abb. B.3.14: Vergleich des Primärenergieinhalts (PEI) unterschiedlicher Bürobauten bei Standardumsetzung und alternativer Umsetzung als Holzbau

CO₂-Speicherung

Schall- und Brandschutz

B.3.14). Speziell im Wohnungsbau (vor allem bei den Gebäudeklassen 1 bis 3 nach Musterbauordnung) kann die Verbesserung der Ökobilanzen nochmals deutlich stärker ausfallen, da hier geringere brandschutztechnische Maßnahmen erforderlich sind (S.85, Abb. B.3.2).

- Die Leistungsfähigkeit eines Bauwerks zur CO₂-Speicherung sinkt in der Regel mit der Anzahl der Bearbeitungsschritte in der industriellen Holzwerkstoffherstellung. Wirksam sind besonders wenig bearbeitete Holzprodukte (z. B. Konstruktionsvollholz – KVH) und massive Bauteile (z. B. Vollholzdecken).
- Brand- und Schallschutz können vorhandene Potenziale zur CO₂-Speicherung deutlich mindern. So stehen den ökologischen Vorteilen des Holzbaus bei Gebäuden über Gebäudeklasse 3 in der Regel erhöhte Anforderungen zum brandschutztechnischen Schutz der Tragkonstruktion gegenüber. Ökologische Vorteile bietet vor allem der Nachweis der Standsicherheit trotz Abbrand.

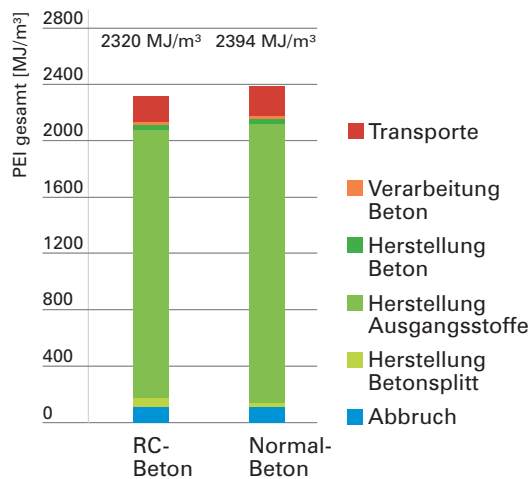


Abb. B.3.15: Vergleich des kumulierten Energieaufwands (KEA) von Recyclingbeton mit Normalbeton

Die Ökobilanz lässt sich ebenso durch den verstärkten Einsatz von Recyclingmaterialien verbessern. Hierzu sind folgende Aspekte zu überprüfen:

- Verfügbarkeit von Recyclingmaterialien am Standort (z. B. ortsansässiges Recyclingwerk). Die größte Recyclingfraktion im Bauen – Recycling-schotter – lässt sich z. B. im Fundamentbereich oder als Betonzuschlag (Abb. B.3.15) verwenden.
- Nutzbarkeit von anderen Zementen als Portlandzement (Abb. B.3.16). Die geringen Umweltwirkungen gehen mit einem geringeren Schwindverhalten einher (insbesondere bei Hochofenzement/CEM III), was weniger Dehnfugen im Gebäude notwendig macht und so ggf. den statischen Nachweis positiv beeinflusst.

Recyclingmaterialien

Beton

Zementart nach DIN EN 197-1			Hauptbestandteil neben Portlandzementklinker	GWP-Reduktion	
Hauptart	Benennung	Kurzzeichen	Art	Anteil [M.-%]	
CEM I	Portlandzement	CEM I		0%	0%
CEM II	Portlandhüttenzement	CEM II/AS CEM II/BS	Hüttersand (S)	6–20% 21–35%	ca. 13% ca. 27%
	Portlandpuzzolan-zement	CEM II/AP CEM II/BP	natürliches Puzzolan (P)	6–20% 21–35%	k. A. k. A.
	Portlandflugasche-zement	CEM II/AV CEM II/BV	kieselsäurereiche Flugasche (V)	6–20% 21–35%	k. A. k. A.
CEM III	Hochofenzement	CEM III/A	Hüttersand (S)	36–65%	ca 47%
		CEM III/B		66–80%	ca 65%
		CEM III/C		81–95%	k. A.
CEM IV	Puzzolan-zement	CEM IV/A	Puzzolan (D/P/Q/V)	11–35%	k. A.
		CEM IV/B		36–55%	k. A.
CEM V	Kompositzement	CEM V/A	Hüttersand (S) und Puzzolan (P/Q/V)	18–30%	k. A.
		CEM V/B		31–50%	k. A.

Abb. B.3.16: gebräuchliche Zementarten (Auswahl) und ihre Klassifizierung sowie mögliche Reduktion des Treibhauspotenzials (GWP) durch Hüttersand statt Portlandzement

B.3.4 Umweltinventar schonen

Zum Inventar der lokalen Umwelt zählen die Bestandteile Erdreich, Wasser, Luft sowie Flora und Fauna. Im Sinne der Nachhaltigkeit stellen sie fundamentale Grundlagen für die lokale Lebensqualität und sollten daher möglichst schonend genutzt werden. Gleichzeitig ist „Grün“ gerade in den Städten auch eine besondere Qualität. Die Begrünung eines Gebäudes (z. B. Dächer, Wände, Mauern, Zäune, Pergolen) dient nicht nur dem Bauwerk, sondern auch der Aufwertung der Umgebung, der Aufenthaltsqualität im gebauten Raum sowie der Verbesserung des Stadtklimas. Stadtviertel mit einem geringen Grünanteil können bioklimatische Belastungen hervorrufen, die z. B. aufgrund von Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen Einfluss auf die Gesundheit haben können.

Bei der Planung von Gebäuden und zugehörigen Außenanlagen sollte die Verringerung der Eingriffe, insbesondere in die Erdmassen- und Wasserbilanz, sowie die Ausbildung neuer Qualitäten zur Stärkung von gebautem Raum und Stadtklima Zielsetzung sein.

- Generell ist auf eine Minimierung der versiegelten Flächen zu achten.
- Alte Baumbestände sollten weitestgehend erhalten werden. Weiterhin ist im Sinne des ökologischen Gleichgewichts die Verwendung anpassungsfähiger, heimischer Pflanzenarten empfehlenswert. Planungen des Gebäudeumfelds sollten in Zusammenarbeit mit Landschaftsarchitekten erfolgen.

Flächenversiegelung
lokale Fauna

- Für eine pflanzengerechte und schadensfreie Gebäudebegrünung sollte diese frühzeitig und in Zusammenarbeit mit Fachunternehmen in die Gebäudeplanung integriert werden. Versickerungsbereiche, begrünte Flächen (z. B. Grünstreifen, Fassadenbegrünung, Gründächer) und Wasserflächen können ebenso die Auswirkungen zukünftiger Hitze- und Starkregenereignisse abmildern.
- Zum Ausgleich von Grünflächen, die häufig durch Neubauten verlorengehen, empfiehlt sich die Umsetzung eines Gründaches. Ein Teil des Regenwassers wird hierdurch zurückgehalten und durch Verdunstung wieder in den natürlichen Wasserkreislauf zurückgeführt. Die Verdunstungskühlung, die auch durch Fassadenbegrünung befördert werden kann, trägt zudem zur Verbesserung des Mikroklimas und zur Feinstaubbindung bei. Gründächer lassen sich auch mit der Installation von Photovoltaikelementen kombinieren.
- Um den Transport von Erdmassen zu reduzieren, sollten die natürliche Topografie des Grundstücks soweit möglich erhalten oder die Erdmassen innerhalb des Grundstücks verschoben werden.
- Sofern das auf den Dachflächen gesammelte Regenwasser nicht genutzt wird, sind Möglichkeiten der Versickerung und Vorhaltung von Retentionsflächen auf dem Grundstück zu prüfen und umzusetzen (Abb. B.3.17).
- Im Hinblick auf die Ressourceneffizienz ist der Wasserverbrauch zu reduzieren. Mögliche Maßnahmen sind etwa die Verwendung wasserloser Urinale sowie die Nutzung von Regen- oder Grauwasser. Hierfür ist eine Wasserzisterne mit Aufbereitungsanlage erforderlich.
- Falls eine dezentrale Abwasseraufbereitung angestrebt wird, sind die Einbindung in den Wasserhaushalt im Erdreich und der entsprechende Platzbedarf der Anlagen auf dem Grundstück zu prüfen.

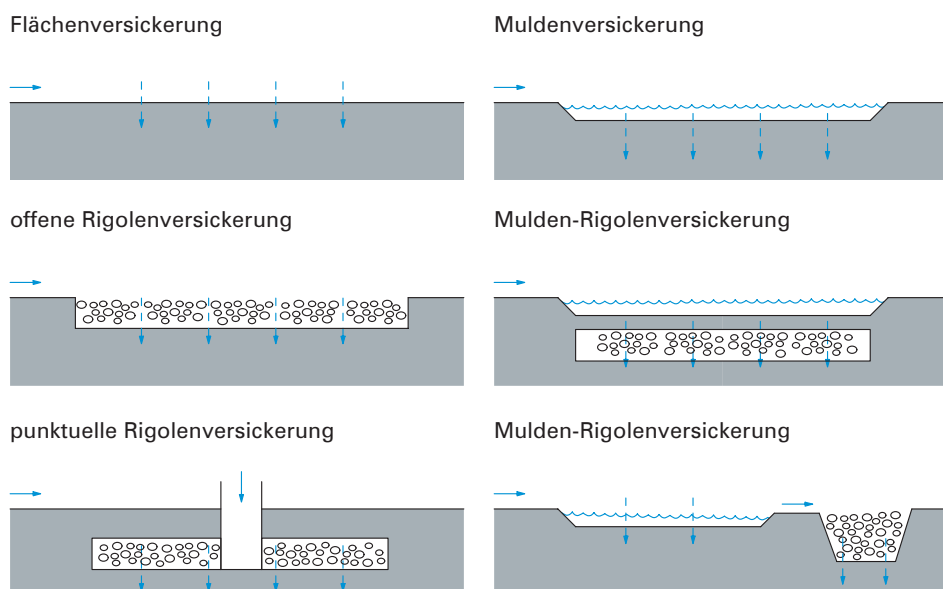


Abb. B.3.17: schematische Darstellung verschiedener Systeme zur Regenwasserversickerung

Die Reduktion von Schadstoffemissionen zielt im Sinne der Nachhaltigkeit auf die Behaglichkeit in Innenräumen für die Nutzer, den Gesundheitsschutz sowie den Schutz der lokalen Umwelt ab. In der Planungsphase sind die Ziele aus der Bedarfsplanung für die Schadstoffarmut des Gebäudes zu konkretisieren (Pkt. B.4.1) und in den Entwurfsprozess sowie das Materialkonzept zu überführen (Pkt. B.4.2).

B.4.1 Ziele für Schadstoffarmut konkretisieren

Ausgehend von der Definition der drei Klassen gemäß DIN EN 15251 (nicht schadstoffarmes Gebäude, schadstoffarmes Gebäude und sehr schadstoffarmes Gebäude) sind die Ziele in der Entwurfsphase – also spätestens in LPH 3 – mit dem Bauherrn zu konkretisieren und auf das Planungsvorgehen abzustimmen (S. 102, INFOBOX Bearbeitungsprozess für schadstoffarmes Bauen).

Als praxistaugliche Bearbeitungsgrundlage eignet sich das BNB Kriterium „Risiken für die lokale Umwelt“. Es zielt vorrangig auf den Schutz des Nutzers ab. Hierin sind die zu betrachtenden Bauteile sowie schadstofftechnische Anforderungen an die eingesetzten Baustoffe als Katalog definiert. Dabei werden fünf Qualitätsstufen voneinander unterschieden – je höher die Qualitätsstufe, desto schadstoffärmer ist das spätere Gebäude. Darüber hinaus geben Gütesiegel Aufschluss über schadstoffarme Baustoffe. Öffentliche Bauherren (z. B. Städte und Kommunen) machen teilweise auch eigene Vorgaben zur Schadstoffarmut einzelner Bauproduktgruppen.

! BNB Kriterium 1.1.6
„Risiken für die lokale Umwelt“
WECOBIS
www.wecobis.de

B.4.2 Schadstoffrisiken vermeiden

Nachträgliche Maßnahmen zur Beseitigung bereits eingebrachter Schadstoffe ins Gebäude sind aufwendig und kostenintensiv. Daher gilt es, einen Schadstoffeintrag in das Bauwerk möglichst von vorneherein zu vermeiden und mit möglichst emissionsarmen Materialien zu planen. Vor allem die Schadstoffgruppen der Besonders Besorgniserregenden Stoffe (Substances of Very High Concern – SVHC), der flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), der Schwermetalle sowie Formaldehyd benötigen besondere Aufmerksamkeit (S. 146, INFOBOX Schadstoffe im Bauwesen). Kinder und Jugendliche in der Wachstumsphase nehmen Schadstoffe verstärkt auf. Deshalb sollte der Aspekt des schadstoffarmen Bauens bei Schulen und Kindertagesstätten besondere Berücksichtigung finden.

Ebenso sinnvoll sind Raumluftmessungen nach Fertigstellung und vor Inbetriebnahme von Gebäuden, die frühzeitig im Planungsprozess als Ziel vereinbart werden sollten. Positiv auf die Schadstoffarmut der Raumluft in Gebäuden wirkt sich eine maschinelle Lüftung aus. Sie führt mögliche Schadstoffe zeitnah ab und trägt so dazu bei, die Schadstoffbelastung der Raumluft zu verringern (S. 127, C.2.3 Gebäudetechnik optimieren).

Im Rahmen der Entwurfsplanung sollten folgende inhaltliche Fragestellungen überprüft werden:

- Konstruktion und Materialien der Fassade bestimmen spätere Emissionen von Schadstoffen auf das Grundstück (z. B. über ausgewaschene Biozide aus Beschichtungen und Putzen). Da die eingesetzten Biozide insbesondere einer Veralkung der Fassade entgegenwirken sollen, sind im Rahmen des Materialkonzepts alternative baukonstruktive Lösung für das Problem zu entwickeln (z. B. Senkung des Feuchteaufkommens durch Regenschutz, Verringerung der Feuchtehaltung an der Fassade, Steigerung der Speicherkapazität der Vorsatzschale, Veränderung des pH-Werts der Fassade über basische Baustoffe wie Kalk). So verbessert z. B. eine Dickputzbeschichtung von WDVS die thermische und sorptive Speicherkapazität der Fassade und ermöglicht ein schnelleres Abtrocknen nach Befeuchtung (Abb. B.4.1).

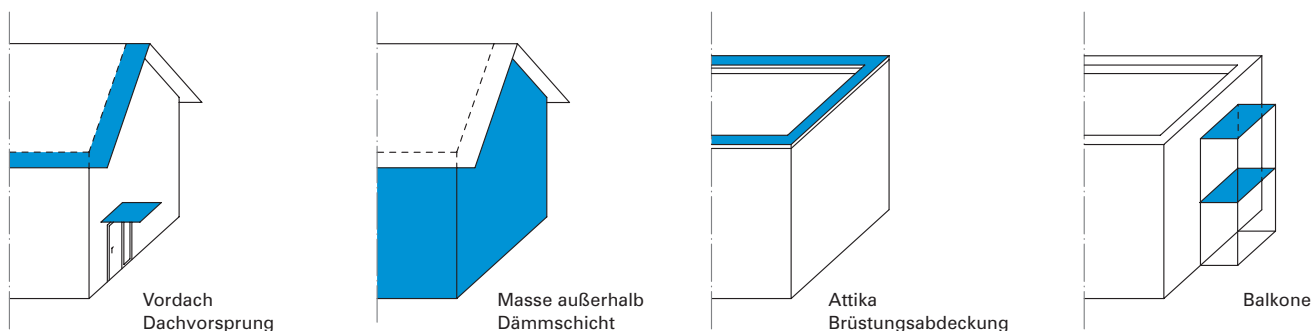


Abb. B.4.1: Beispiele zur Beeinflussung der Wasserhaltung bzw. Feuchteabfuhr an der Fassade

konstruktiver Holzschutz

Dachaufbau bei Flachdächern

i Radon-Belastung
<https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/radon/boden/radon-karte.html>

Zink- und Kupferdeckungen

Kältetechnik

TGA-Leitungen

- Für den Holzbau sollten alle Möglichkeiten des konstruktiven Holzschutzes überprüft und soweit möglich umgesetzt werden.
- Werden Dachkonstruktionen mit einer Windsicherung durch Auflast oder mechanische Befestigung angestrebt, können stark schadstoffhaltige Verklebungen in der Dachkonstruktion vermieden werden.
- Die lokale Belastung mit dem radioaktiven Schwergas Radon als natürliche Emission von Erdreich und Gestein lässt sich grob über Radonkarten ermitteln. Im Fall einer Belastung sollten Maßnahmen zur Radonabfuhr getroffen werden, indem z. B. ein kalter, durchlüfteter Keller ausgebildet und nur die oberirdischen Teile der Gebäudehülle luftdicht ausgeführt werden. Da auch eine Zwangsbelüftung hilft, liefert der Entwurf für das Beiblatt 5 zur DIN 1946-6 „Kellerlüftung“ Hinweise zur Umsetzung.
- Bei großflächigem Einsatz von Zink oder Kupfer an der Fassade oder als Dachdeckung sollten die durch Korrosion abgetragenen Schwermetalle nicht ins Erdreich oder das Abwasser gelangen. Hierzu muss frühzeitig eine Prüfung von Entwässerungsanforderungen an der Fassade erfolgen. Dies kann dazu führen, dass ein Schwermetallfilter bei der Planung des Abwassersystems berücksichtigt werden muss.
- Halogenierte bzw. teilhalogenierte Kältemittel sind in fast allen Standardprodukten für Kälteerzeugung über Kompressionskälte- und in Absorptionskältemaschinen zu finden. Um diese Risikostoffe zu vermeiden, sind in Abstimmung mit der TGA-Planung schadstoffarme Lösungen anzustreben (z. B. über die Kältemittel Kohlendioxid oder Propan).
- Produktgruppen mit erhöhten Schadstoffemissionen sollten frühzeitig vermieden werden. So lassen sich z. B. PVC-Rohre für die Abwassertechnik durch andere Kunststoffarten oder auch gusseiserne Rohre ersetzen. Beim Einsatz von Kältetechnik bietet eine Umsetzung mit Edelstahlrohren die Möglichkeit, auf die bei anderen Rohren notwendige, zumeist sehr schadstoffhaltige Beschichtung zu verzichten.



Das Thema einer umwelt- und gesundheitsbewussten Baustoffwahl gewinnt innerhalb der Wertschöpfungskette zunehmend an Bedeutung. Die fundierte Beurteilung und Auswahl von Bauprodukten ist daher eine der Kernaufgaben, denen sich Architekten und Planer vermehrt stellen müssen. Hierfür notwendige herstellerneutrale Informationen zu Umwelt- und Gesundheitsaspekten bereitzustellen, ist das Hauptanliegen von WECOBIS.

Das ökologische Baustoffinformationssystem WECOBIS startete im Jahr 2000 als Forschungsprojekt der Bayerischen Architektenkammer (ByAK), gefördert im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau. Es wird inzwischen als Kooperationsprojekt zwischen ByAK und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) betrieben, und laufend um neue und aktualisierte Daten ergänzt. Die Bayerische Architektenkammer und das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) stellen die Chefredaktion. Die inhaltliche Bearbeitung wird von einem internationalen Fachredaktionskreis durchgeführt.

WECOBIS gliedert Umwelt- und Gesundheitsaspekte anhand der Lebenszyklusphasen. Zusammen mit den zusätzlichen Informationen zu Planung, Ausschreibung, Umweltzeichen und Deklarationen und BNB Kriterien unterstützt WECOBIS dadurch die

- ganzheitliche Betrachtung von Baustoffen über alle Lebenszyklusphasen
- Entwicklung von Materialkonzepten für eine nachhaltige Planung
- Definition von Qualitätsniveaus im Planungsprozess bezüglich einer ökologischen Baustoff- und Materialauswahl.
- Vorauswahl von Bauproduktgruppen unter den Aspekten Umwelt und Gesundheit
- Integration baustoffrelevanter Kriterien des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB) in Planung und Ausschreibung

Die umfassenden Baustoffinformationen werden produktneutral und frei zugänglich über www.WECOBIS.de bereitgestellt.

- WECOBIS ist ein Webportal mit Baustoffinformationen für eine umwelt- und gesundheitsbewusste Material- und Produktauswahl. Es bietet Unterstützung bei Planung und Ausschreibung mit umfassenden produktneutralen Informationen zu Inhaltsstoffen, problematischen Emissionen in Lebenszyklusphasen, rechtlichen Anforderungen und Produktkennzeichnungen sowie materialökologischen Anforderungen und Textbausteinen für Planung und Ausschreibung.
- WECOBIS ist Bestandteil der Planungswerkzeuge (z. B. BNB), die zur Umsetzung des Leitfadens Nachhaltiges Bauen und zur Anwendung des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen im Bundesbau (BNB) eingesetzt werden.
- WECOBIS richtet sich an alle Baufachleute und Interessenten des Nachhaltigen Bauens – Architekten, Fachplaner, Bauausführende und Gebäudenutzer.



Abb. B.4.2

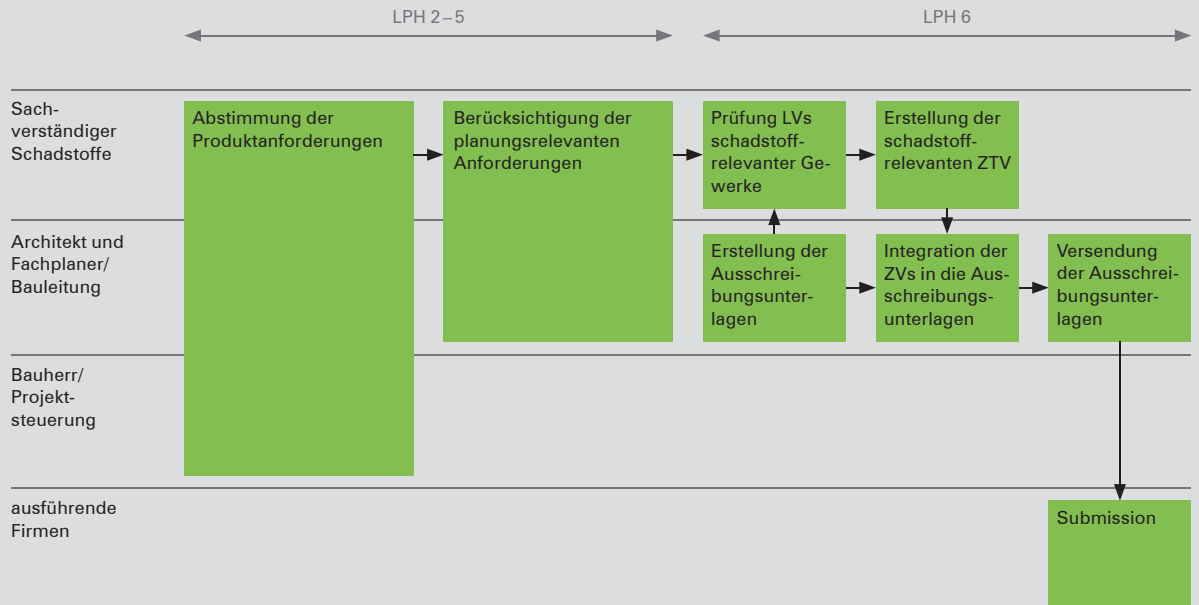
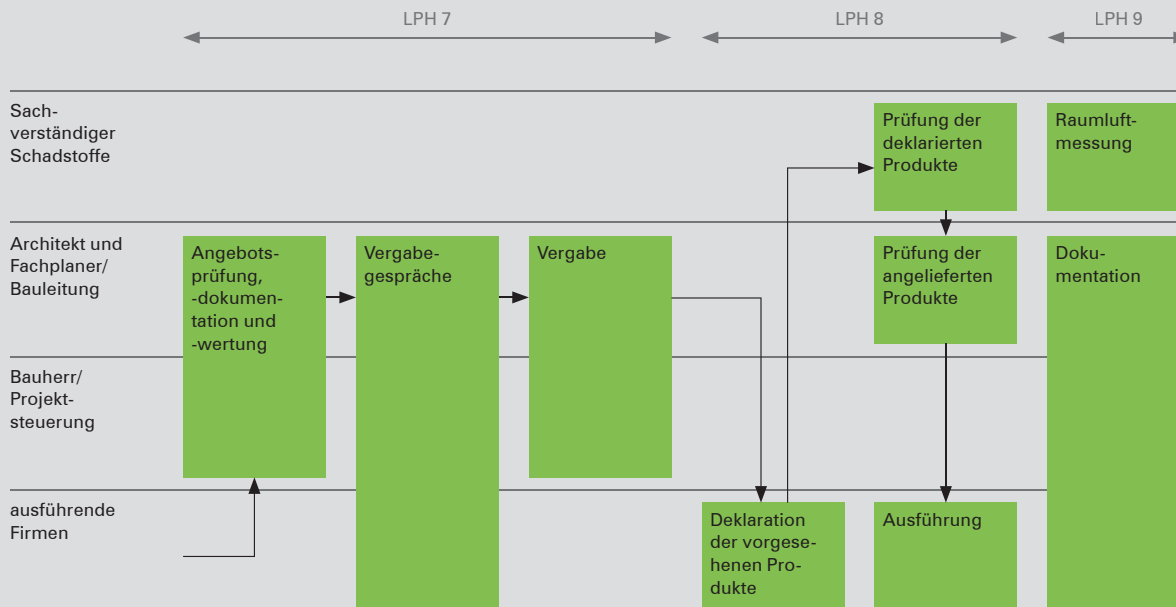


Abb. B.4.3: beispielhaftes Ablaufschema schadstoffarmer Planung; für kleinere Projekte ist dabei zu erwarten, dass die Leistungen des Sachverständigen für Schadstoffe durch den Architekten oder die Bauleitung übernommen werden müssen

Ein gezieltes und gesteuertes Vorgehen für schadstoffarmes Bauen ist trotz des wahrnehmbaren, gesteigerten Bedürfnisses nach gesunden Lebensverhältnissen noch nicht ausreichend im allgemeinen Planungsvorgehen verankert. Neben der inhaltlichen Definition, was Schadstoffarmut am Projekt bedeutet und welche Grenzwerte eine geringe Schadstoffbelastung versprechen, bedarf es zunächst der Integration der Arbeitsschritte und Methoden in den Planungsprozess. Gerade bei anspruchsvollen Zielen sollten diese ggf. durch Sachverständige unterstützt werden. Im Einzelnen sollten folgende Maßnahmen getroffen werden:

- LPH 0–3: Festlegung der Ziele für eine schadstoffarme Umsetzung
- LPH 2–5: Vermeidung von Schadstoffeinträgen im Innen- und Außenraum durch Bauprodukte mittels Prüfung besonderer Risikogruppen (z. B. Baugrund, Holzbau, Fassade, Innenraumbooberflächen)
- LPH 5–6: detaillierte Überprüfung von Konstruktionen und Materialien
- LPH 6: Überführung der Vorgaben für Produktqualitäten in Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen (ZTV) sowie Prüfung der Ausschreibungen auf Widersprüche zu den ZTV auf der Positionsebene



- LPH 7–8: Prüfung der durch den Bieter oder die ausführende Firma vorgeschlagenen Produkte auf Übereinstimmung mit den Materialvorgaben sowie Erstellung von Freigaben für die Baustelle
- LPH 8: Überprüfung der auf der Baustelle eingesetzten Produkte auf Übereinstimmung mit der jeweiligen Produktdeklaration (z. B. durch die Bauleitung oder eine externe Prüfung). Unterstützen lässt sich dies z. B. durch eine Baustellenschulung der ausführenden Firmen.
- LPH 9: Überprüfung des Erfolgs der schadstoffarmen Umsetzung durch eine Raumluftmessung

In der Planung wird der Begriff der Wirtschaftlichkeit häufig auf die Herstellungskosten reduziert. Viele Entscheidungen, die im Rahmen des Entwurfs getroffen werden, wirken sich jedoch nicht nur auf die Herstellungskosten des Gebäudes, sondern auch auf zukünftige Kosten während seiner gesamten Nutzungsdauer aus. Daher sind bei Entscheidungen im Entwurf jeweils auch die Konsequenzen für die Nutzungsphase sowie für den Um- und Rückbau zu betrachten. Durch eine lebenszyklusorientierte Betrachtung der Kosten (Pkt. B.5.1) und die Identifizierung von Maßnahmen zur Kostensenkung (Pkt. B.5.2) kann die Gesamtwirtschaftlichkeit eines Gebäudes deutlich verbessert werden.

B.5.1 Lebenszykluskosten berechnen

i Berechnungsmethoden:

GEFMA 220
„Lebenszykluskostenrechnung im FM“

BNB Kriterium 2.1.1
„Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus“

VDI 2067-1
„Wirtschaftlichkeit gebautechnischer Anlagen – Grundlagen und Kostenberechnung“

Als Lebenszykluskostenberechnung (Life Cycle Costing, LCC) wird eine ökonomische Betrachtung bezeichnet, die alle Phasen des Lebenszyklus des untersuchten Objekts umfasst (S. 106, INFOBOX Lebenszykluskostenberechnung). Ein Gebäude mit niedrigen Herstellungskosten kann über die gesamte Lebensdauer deutlich höhere Kosten aufweisen als ein Gebäude mit höheren Herstellungskosten (Abb. B.5.1 links). In manchen Fällen machen die Folgekosten sogar den weitaus größten Anteil an den Lebenszykluskosten aus (Abb. B.5.1 rechts). Umgekehrt geht eine Reduzierung der Nutzungskosten häufig mit höheren Herstellungskosten einher. So gilt es jeweils, Investitionsmehrkosten und spätere Kosteneinsparungen gegeneinander abzuwägen und die wirtschaftlichste Lösung über den gesamten Lebenszyklus zu ermitteln.

Nachhaltige Gebäude weisen häufig höhere Planungs- und Herstellungskosten auf als konventionelle Gebäude; durch die geringeren Nutzungskosten sind die Gesamtkosten über den Lebenszyklus jedoch niedriger (Abb. B.5.1 links). Im Sinne einer nachhaltigen Planung sollten daher alle wesentlichen Entscheidungen im Entwurfsprozess auf Basis der Lebenszykluskosten getroffen werden.

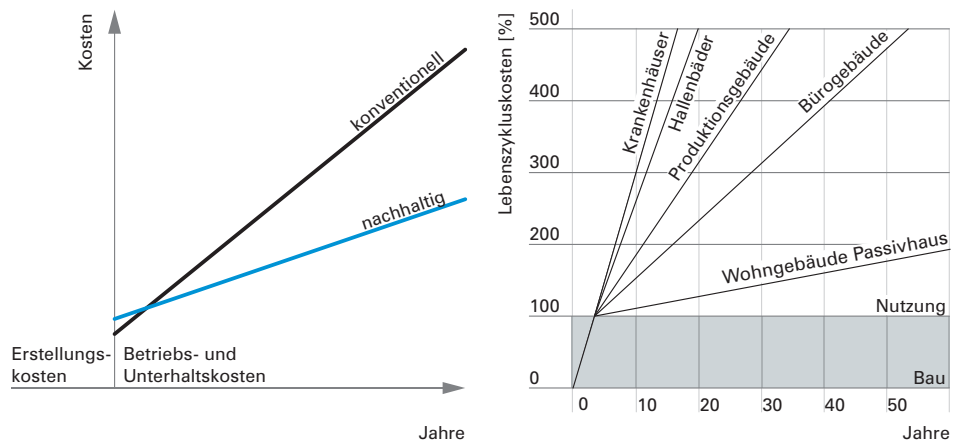


Abb. B.5.1: Lebenszykluskosten bei konventioneller und lebenszyklusoptimierter Planung (links) Lebenszykluskosten unterschiedlicher Gebäudenutzungen (rechts)

Nach HOAI sind die Planer dem Prinzip der Wirtschaftlichkeit verpflichtet. Sie definiert jedoch nicht, auf welche Phasen des Lebenszyklus sich diese Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen beziehen. Seitens der Akteure auf den Immobilienmärkten nimmt das Interesse an einer lebenszyklusorientierten Kostenbetrachtung immer mehr zu. Idealerweise sollten hier auch die Rückbaukosten berücksichtigt werden. Dies ist in der Praxis jedoch noch nicht etabliert, da der Ermittlungsaufwand sehr hoch und eine Festlegung des zukünftigen Wertes der verbauten Ressourcen höchst spekulativ ist.

B.5.2 Maßnahmen zur Kostensenkung identifizieren

Je nach Gebäudenutzung und -standard fällt das Verhältnis der einzelnen Lebenszykluskostengruppen zueinander unterschiedlich aus. Während bei der Baukonstruktion (KG 300 nach DIN 276) die Herstellungskosten in der Regel den größten Anteil ausmachen, fallen bei den technischen Anlagen (KG 400 nach DIN 276) die Nutzungskosten oft höher aus (Abb. B.5.2). Bei energieintensiven Gebäuden wie Labor- und Produktionsgebäuden oder solchen mit einem niedrigen energetischen Standard wirken sich die Energiekosten besonders stark auf die Lebenszykluskosten aus. Dies bedeutet, dass bei jeder Baumaßnahme die Kostentreiber individuell zu ermitteln sind und der Schwerpunkt bei den Maßnahmen zur Kostensenkung entsprechend zu setzen ist. Ziel ist jeweils, die Summe der Kosten über alle Lebenszyklusphasen so gering wie möglich zu halten.

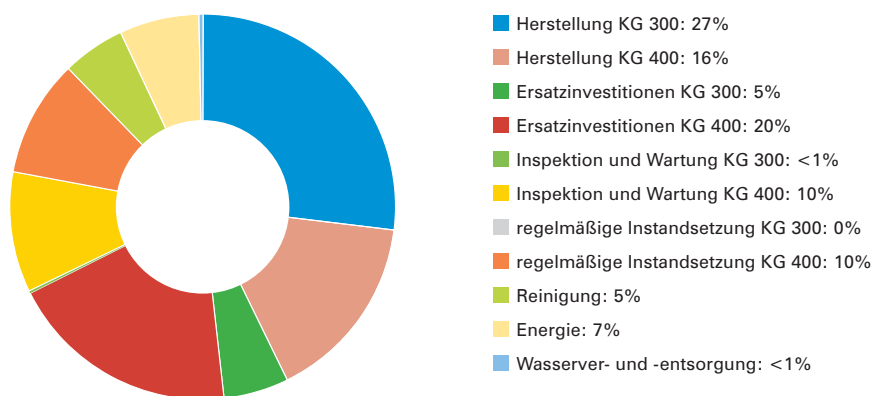


Abb. B.5.2: beispielhafte Verteilung der Lebenszykluskosten eines Bürogebäudes, Berechnung nach BNB_BN 2015, Kostengruppen nach DIN 276

Die Optimierungspotenziale über die verschiedenen Phasen des Lebenszyklus tangieren viele Themen des Entwurfs. Üblicherweise werden im Rahmen von Bauaufgaben vor allem Einsparpotenziale im Bereich der Herstellungskosten ermittelt. In manchen Fällen führen diese gleichzeitig zu niedrigeren Nutzungskosten (beispielsweise durch Reduktion von Fassadenflächen), häufiger jedoch bewirken sie höhere Nutzungskosten (beispielsweise bei Einsparung von Wärmedämmung). So sollten bei der Ermittlung von Einsparpotenzialen im Bereich der Herstellungskosten jeweils die Auswirkungen auf die Nutzungskosten und idealerweise auch auf die Rückbaukosten untersucht werden. Weiterhin sollten auch gezielt Maßnahmen zur Reduktion der Nutzungs- und Rückbaukosten ermittelt werden. Da diese Maßnahmen meist höhere Investitionskosten mit sich bringen, gilt es sicherzustellen, dass die über den Lebenszyklus resultierenden Einsparungen höher sind als die Investitionsmehrkosten. Im Folgenden werden beispielhaft verschiedene Möglichkeiten zur Optimierung der Lebenszykluskosten aufgezeigt:

Die Lebenszykluskosten umfassen alle Kosten, die über die Lebensdauer eines Gebäudes von der Projektvorbereitung bis zum Rückbau entstehen. ISO 15686 „Hochbau und Bauwerke – Planung der Lebensdauer“ unterscheidet zwischen Lebenszykluskosten im weiteren Sinn, sog. Whole Life Cost (WLC) und Lebenszykluskosten im engeren Sinn, sog. Life Cycle Cost (LCC). Letztere beinhalten folgende Komponenten, die je nach Regelwerk unterschiedlich bezeichnet und zugeordnet werden:

- Baukosten (einschl. Planungskosten)
- Ver- und Entsorgungskosten (z. B. Energie, Wasser)
- Reinigungskosten
- Instandhaltungskosten
- Rückbau- und Entsorgungs- bzw. Recyclingkosten

Zu den Lebenszykluskosten im weiteren Sinn zählen darüber hinaus:

- externe Kosten, die nicht vom Bauherrn bzw. Eigentümer getragen werden (z. B. Kosten für Umweltbelastungen)
- gebäudeunabhängige Kosten (z. B. Verwaltungskosten, Gebühren)
- Einnahmen und Erträge (z. B. Mieteinnahmen)

Eine Lebenszykluskostenberechnung kann für das gesamte Gebäude oder für einzelne Teilbereiche bzw. Gebäudekomponenten (Bauteile, einzelne Bauteilschichten oder technische Systeme) erstellt werden. Für eine Entscheidungsfindung im Planungsprozess ist die Betrachtung verschiedener Varianten sinnvoll. Beim Vergleich einzelner Teilbereiche ist darauf zu achten, dass die Berechnung alle Komponenten erfasst, in denen sich die Varianten voneinander unterscheiden. Abb. B.5.3 zeigt beispielhaft zwei Wärmeversorgungsvarianten. Berücksichtigt wurden hier jeweils die Wärmeerzeugungssysteme und der Energiebedarf über den Betrachtungszeitraum. Im Vergleich zu Variante 1 weist Variante 2 zwar deutlich höhere Investitionskosten auf, durch die wesentlich geringeren Energiekosten ist sie über die gesamte Nutzungsdauer betrachtet jedoch kostengünstiger.

Für die Berechnung der Lebenszykluskosten stehen verschiedene Methoden zur Verfügung. Je nach Zielsetzung sind jedoch unterschiedliche Ansätze sinnvoll. Es können sowohl statische als auch dynamische Verfahren zum Einsatz kommen. Bei statischen Verfahren werden die einzelnen Kosten bzw.

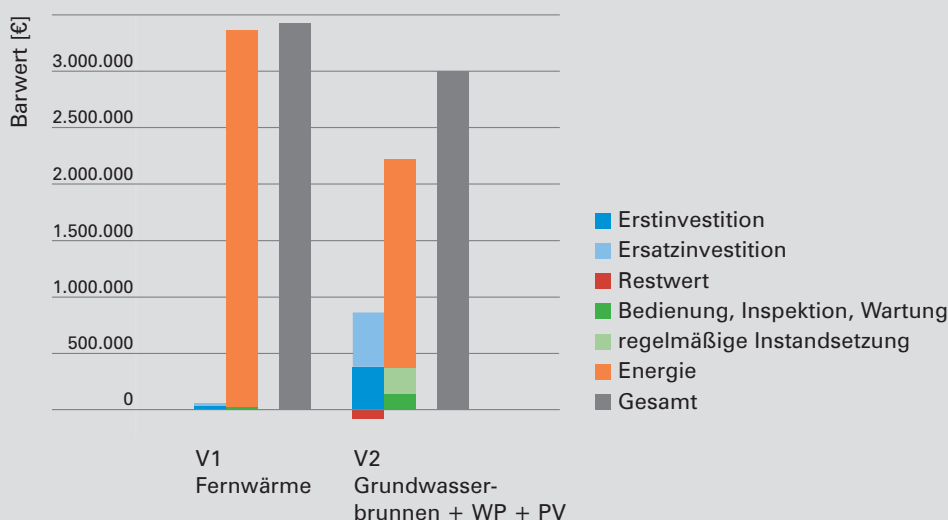


Abb. B.5.3: Vergleich verschiedener Wärmeversorgungsvarianten nach VDI 2067-1
Randbedingungen: Betrachtungszeitraum = 50 Jahre, Energiepreissteigerung/a = 4,8%, Diskontierungszinssatz = 3,5%

Erträge ohne Berücksichtigung ihres Entstehungszeitpunktes aufsummiert. Statische Verfahren zeichnen sich durch eine einfache Anwendung aus, liefern im Gegenzug jedoch keine genauen Ergebnisse. Bei dynamischen Verfahren werden Kosten, die zu einem späteren Zeitpunkt anfallen, über eine Preissteigerungsrate auf den Wert des jeweiligen Zeitpunktes hochgerechnet (Abb. B.5.4, Schritt 1). Anschließend werden diese Kostenwerte über einen Diskontierungszinssatz auf den Gegenwartswert, den sog. Barwert heruntergerechnet (Abb. B.5.4, Schritt 2). Bei der Barwertmethode (auch Kapitalwertmethode genannt) wird die Summe der Barwerte aller Kosten betrachtet. So eignet sich diese Methode beispielsweise zum Vergleich der Lebenszykluskosten verschiedener Varianten (Abb. B.5.3). Ebenso lässt sie sich zum Vergleich verschiedener Gebäude und deren Bewertung heranziehen, wie es in Zertifizierungssystemen, z. B. im BNB und DGNB, der Fall ist.

Im Gegensatz zur Barwertmethode werden bei der Annuitätsmethode nach VDI 2067-1 „Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Grundlagen und Kostenberechnung“ die Investitionskosten bzw. die Summe aller Barwerte mithilfe des Annuitätsfaktors in gleichmäßige jährliche Zahlungen (= Annuitäten) umgerechnet (Abb. B.5.4, Schritt 3). Auf diese Weise ist eine jahresbezogene Gegenüberstellung von einmaligen bzw. unregelmäßigen Investitionskosten und jährlichen Einnahmen bzw. Einsparungen und somit eine jährliche Ermittlung von Überschüssen möglich (S. 108, Abb. B.5.5). Über die sog. Amortisationsmethode kann die Amortisationsdauer einer Investition ermittelt werden. Typischerweise wird diese Methode im Bereich von Photovoltaikanlagen angewendet (S. 109, Abb. B.5.8).

Lebenszykluskostenberechnungen bilden immer ein fiktives Szenario mit einem hohen spekulativen Anteil ab. Die der Berechnung

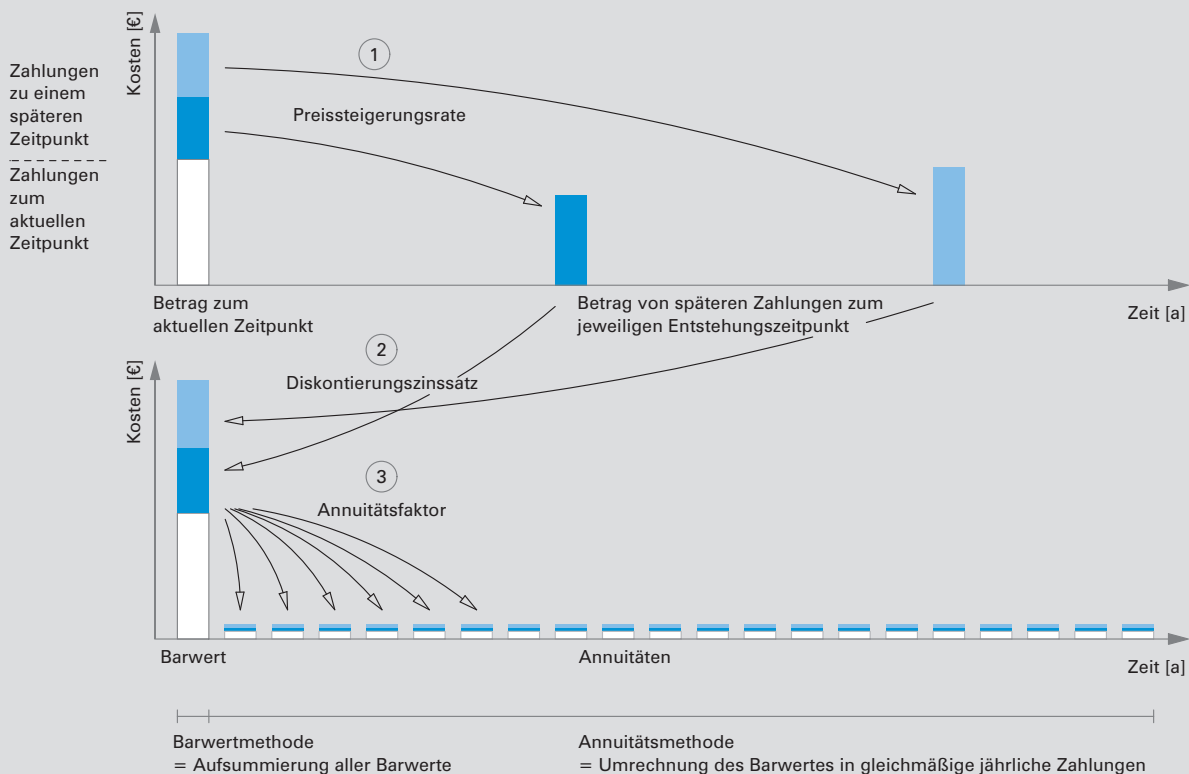


Abb. B.5.4: dynamische Berechnungsverfahren

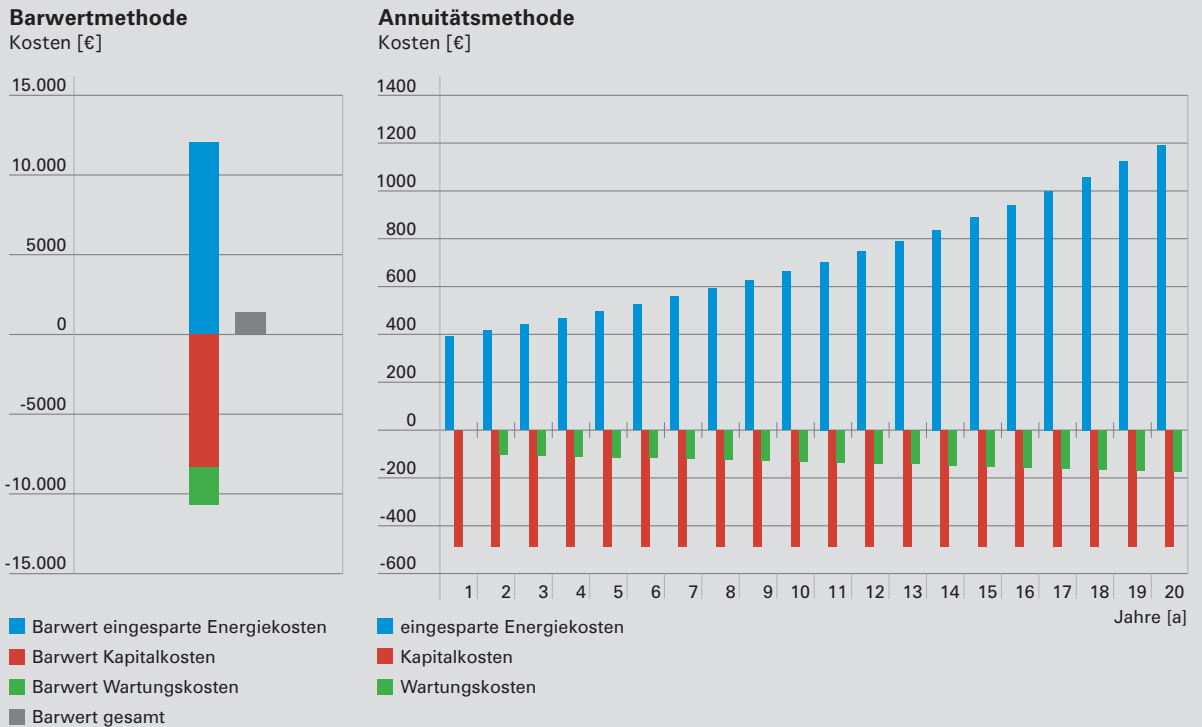


Abb. B.5.5: Gegenüberstellung von Kosten und Einsparungen einer Solarthermieanlage
Randbedingungen: Betrachtungszeitraum = 20 Jahre, Energiepreissteigerung/a = 6%, Diskontierungszinssatz = 1,5%

zugrunde gelegten Verfahren und Randbedingungen haben einen maßgeblichen Einfluss auf die Höhe und Aufteilung der Lebenszykluskosten und sollten daher immer klar benannt werden. Zu den Randbedingungen zählen die betrachteten Kosten (Systemgrenze), der Betrachtungszeitraum, die Preissteigerungsraten und der Diskontierungszinssatz, der Aufwand für regelmäßige Instandhaltung, die Nutzungsdauer der einzelnen Bauteile und TGA-Komponenten sowie Kostenkennwerte für Reinigung, Ver- und Entsorgung. Je höher beispielsweise der gewählte Diskontierungszinssatz, desto geringer wirken sich spätere Zahlungen auf die Lebenszykluskosten aus.

Die Randbedingungen werden für jede Berechnung individuell definiert. Je genauer die Eingangsparameter (z. B. Herstellungskosten) bzw. je mehr objektspezifische Parameter für

das untersuchte Objekt zum Zeitpunkt der Berechnung bekannt sind (z. B. Energiekosten, Zinssatz aufgrund von Finanzierungsbedingungen), desto weniger spekulativ wird das Ergebnis. Für unbekannte Parameter (Preissteigerung, Nutzungsdauer) müssen Annahmen getroffen werden. Diese sind möglichst neutral zu wählen.

Die Bewertung der Lebenszykluskosten eines Gebäudes erfolgt entweder durch die Gegenüberstellung der Kosten verschiedener Gebäude oder durch einen Vergleich mit fixen Benchmarks. Um eine Vergleichbarkeit der Kosten verschiedener Gebäude zu gewährleisten, müssen einheitliche Berechnungsmethoden und Randbedingungen zugrunde gelegt und eine einheitliche Bezugsgröße für die berechneten Lebenszykluskosten gewählt werden. In der GEFMA 220 „Lebenszykluskosten-

Berechnungsgrundlagen

betrachtete Kosten

Herstellungskosten nach DIN 276

- KG 300 (Baukonstruktion)
- KG 400 (Technische Anlagen)
- KG 500 teilweise (Außenanlagen)

Nutzungskosten nach DIN 18960 (Barwert):

- KG 300 (Betrieb: Ver- und Entsorgung, Reinigung, Inspektion, Wartung und Instandsetzung)
- KG 400 (Instandsetzung: regelmäßige Instandsetzung und Ersatzinvestitionen von Baukonstruktion und technischen Anlagen)

Rückbau- und Entsorgungskosten:

- derzeit zurückgestellt

Randbedingungen

Betrachtungszeitraum	50 Jahre
jährliche Preissteigerungsraten	
• Bau- und Dienstleistungen	2,0 %
• Energie	5,0 %
Diskontierungszinssatz	1,5 %

Abb. B.5.6: Berechnungsgrundlagen gemäß BNB_BN 2015

Benchmarks für Bürogebäude (Barwert LCC*)

Referenzwert (netto)

Zielwert (netto) $\leq 4800 \text{ €/m}^2_{\text{BGF}}$
 $\leq 3300 \text{ €/m}^2_{\text{BGF}}$

* Preisstand 4. Quartal 2014, über Baupreisindex zu aktualisieren

Abb. B.5.7: Benchmarks gemäß BNB_BN 2015

Kassenbestand (kumulierter Cash Flow)

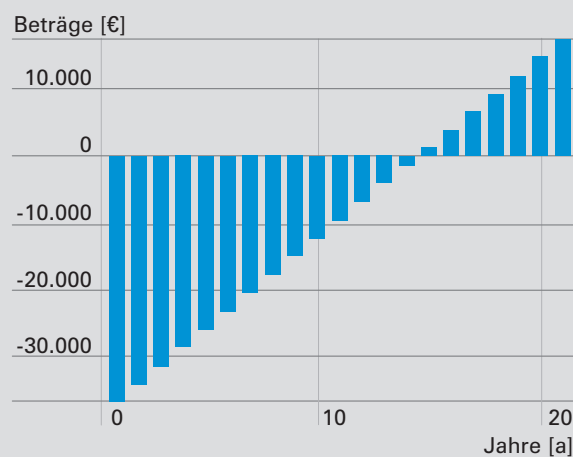


Abb. B.5.8: beispielhafte Wirtschaftlichkeitsberechnung einer Photovoltaikanlage

berechnung im FM“ wurde beispielsweise ein einheitlicher Standard zur Ermittlung der Lebenszykluskosten von Immobilien festgelegt. Ebenso wird im BNB eine einheitliche Berechnungsmethode definiert (BNB Kriterium 2.1.1 „Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus“, Abb. B.5.6).

Zur Bewertung von Lebenszykluskosten liefert das Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKI) Kostenkennwerte für Bau-, Betriebs- und Instandsetzungskosten für verschiedene Gebäudenutzungen (BKI Bau- und Nutzungskosten). Ebenso gibt der Deutsche Verband für Facility Management GEFMA jährliche Benchmarking-Berichte für Nutzungskosten heraus (GEFMA 950 „FM Benchmarking Bericht“). Im BNB werden fixe Benchmarks (Referenzwerte und Zielwerte) für verschiedene Nutzungen

definiert (BNB Kriterium 2.1.1 „Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus“, Abb. B.5.7).

Für eine Lebenszykluskostenberechnung stehen zahlreiche Programme zur Verfügung. Der Deutsche Verband für Facility Management GEFMA bietet ein excel-basiertes Rechentool an; das BNB stellt hierfür ein kostenfreies, ebenfalls excel-basiertes Tool zur Verfügung (www.bnb-nachhaltigesbauen.de). Programme wie LEGEP, Solar-Computer oder BKI Energieplaner enthalten entsprechende Module. Zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit von gebäudetechnischen Systemen gibt es eigene Programme, wie z. B. PV*SOL für Photovoltaikanlagen. Je nach Betrachtungsgegenstand und Ziel gibt es unterschiedliche Möglichkeiten zur Darstellung der Ergebnisse von Lebenszykluskostenberechnungen (S. 106, Abb. B.5.3, B.5.5 und B.5.8).

Flächeneffizienz

Herstellungs- und Nutzungskosten eines Bauwerks werden maßgeblich vom umbauten Volumen beeinflusst. Daher birgt die Minimierung des umbauten Volumens nicht nur in ökologischer, sondern auch in ökonomischer Hinsicht ein wichtiges Optimierungspotenzial. So ist bei der Umsetzung des Raumprogramms eine effiziente Nutzung der Gebäudeflächen unter Berücksichtigung der gesetzlichen Rahmenbedingungen anzustreben (z. B. ausreichende Flurbreiten hinsichtlich Brandschutz und Barrierefreiheit). Gleichzeitig soll eine hohe Nutzungsqualität und Nutzerzufriedenheit gewährleistet werden, die jedoch nicht zwangsläufig vom hierfür vorgesehenen Flächenangebot abhängig ist (S. 116, C.1.1 Aufenthaltsqualitäten innen und außen konkretisieren). Eine Optimierung der Flächeneffizienz kann durch folgende Maßnahmen erfolgen:

Flächenreduzierung

Geschosshöhe

Nutzflächenanteil

BNB Kriterium 2.2.1 „Flächeneffizienz“

Mehrfachnutzung

- Reduzierung des umbauten Volumens: Je nach Gebäudenutzung kann eine Reduzierung der Gebäudeflächen auf unterschiedliche Weise erfolgen. Grundsätzlich ist bei allen Gebäudenutzungen darauf zu achten, gut möblierbare Räume zu schaffen und nicht nutzbare Flächen wie z. B. Kurven oder spitze Winkel zu vermeiden. Aus wirtschaftlicher Sicht ist die Geschosshöhe auf das optimale Maß zu begrenzen. Neben den Baukosten können hierdurch Energiekosten für Heizung und Kühlung eingespart werden. Auf der anderen Seite schränkt eine niedrige Geschosshöhe die Nutzungsflexibilität des Gebäudes und die technische Ausstattung ein. Hier gilt es abzuwägen, welcher Aspekt im Einzelfall höhere Priorität hat.
- Erhöhung des Nutzflächenanteils an der Gesamtfläche: Dies bedeutet im Umkehrschluss eine Minimierung der Verkehrs- und Funktionsflächen, z. B. durch die Vermeidung von langen und überdimensionierten Verkehrswegen, einhüftigen Erschließungen oder undefinierten Flächen.
- Mehrfachnutzung und Synergieeffekte: Bei der Umsetzung des Raumprogramms ist zu prüfen, ob Flächen, die nicht dauerhaft genutzt werden, sich auch für andere Nutzungen verwenden lassen. Dies setzt unterschiedliche Nutzungszeiten und ähnliche Anforderungen an die Lage und Beschaffenheit der Räume voraus (Größe, Oberflächen etc.). In Schulen kann beispielsweise das Foyer oder die Mensa gleichzeitig als Veranstaltungsraum dienen. In diesem Fall sind ausreichend Lagerflächen vorzusehen. Klassenzimmer und Sportflächen können abends von Dritten (z. B. Volkshochschule, Vereine) genutzt werden. Um dies zu ermöglichen, sollten diese so positioniert sein, dass sie vom Eingang aus ohne Durchquerung von anderen nicht öffentlichen Bereichen erreichbar sind. Ebenso sollte der Zugang zu Toiletten gewährleistet sein.

durchschnittliche Fläche pro Person in Deutschland

Wohngebäude (Statistisches Bundesamt 2011)	43 m ² Wfl.
Bürogebäude (Jones Lang LaSalle 2009)	33 m ² MF-G*

* Mietfläche für gewerblichen Raum

Abb. B.5.9: durchschnittliche Fläche pro Person in Deutschland

Mindestanforderungen an lichte Raumhöhen

Regelwerk	Raumtyp	Grundfläche	lichte Höhe
BayBO	Aufenthaltsräume	keine spez. Angabe	2,40 m
ASR	Arbeitsräume	≤ 50 m ²	2,50 m
		> 50 m ²	2,75 m
		> 100 m ²	3,00 m
		> 2000 m ²	3,25 m

Abb. B.5.10: Mindestanforderungen an lichte Raumhöhen



Flexibilität

Ziel ist es, zukünftige Änderungen der Gebäudestruktur, der technischen Ausstattung und der Flächennutzung ohne größere bauliche Maßnahmen zu ermöglichen, um eine langfristige Nutzung des Gebäudes zu gewährleisten und dessen Wertstabilität zu sichern. Wirken sich die zur Zielerreichung erforderlichen Maßnahmen negativ bzw. unverhältnismäßig auf die Herstellungskosten aus, muss eine Abwägung zwischen der Wahrscheinlichkeit des Eintretens des entsprechenden Szenarios, dem Mehrwert der Maßnahme und den Mehrkosten erfolgen. Sinnvolle Maßnahmen zur Gewährleistung der Flexibilität können sein:

- Ein flexibles Stützenraster und die Ausführung von Innenwänden als nicht tragende Wände lassen verschiedene Raumgrößen, Konzepte und Nutzungen zu. Bei Wohngebäuden ist es bei größeren Wohneinheiten sinnvoll, nutzungsneutrale Räume in ähnlicher Größe zu planen. Bei Bürogebäuden sind für eine hohe Nutzungsflexibilität ein sich wiederholendes, modular aufgebautes Trag- und Fassadenraster und ein aufeinander abgestimmtes Primär-, Sekundär- und Ausbauraster empfehlenswert. Einheitliche Geschosshöhen erhöhen ebenfalls die Flexibilität. Eine lichte Raumhöhe von mindestens 2,75 m lässt beispielsweise sowohl Einzel- als auch Gruppenbüros bis 100 m² zu (Abb. B.5.10).
- Die Berücksichtigung von Nutzlastreserven in den statischen Berechnungen ermöglicht Aufstockungen und Umnutzungen mit mehr Flächenlast. Gleichzeitig hat dies jedoch einen erhöhten Materialaufwand der tragenden Bauteile zur Folge.
- Das Gebäude sollte barrierefrei geplant werden bzw. eine einfache Nachrüstbarkeit gewährleisten (S. 55, B.1.4 Barrierefreiheit planen).
- In größeren Gebäuden bietet es sich an, Erschließungskerne, Sanitärschächte und Technikräume so zu positionieren, dass sie eine Unterteilung der Fläche in kleinere Nutzungseinheiten ermöglichen (Abb. B.5.11). Dies ist beispielsweise im Bereich des Büro- und Wohnungsbaus sinnvoll. Auch im Einfamilienhaus ist die Überlegung einer späteren Teilung der Wohneinheit miteinzubeziehen, sodass die potenzielle neue Einheit ohne eine Durchquerung des restlichen Hauses zugänglich ist. Im Bürobaubereich müssen mögliche Unterteilungen von Flächen auch bei der Planung der Rettungswege berücksichtigt werden.
- Für eine höhere Flexibilität im Bereich der Gebäudetechnik können Platzreserven in den Technikräumen, Schächten und Hohlrumbaedern bzw. abgehängten Decken vorgehalten werden.
- Für den Austausch von großen TGA-Komponenten ohne baulichen Aufwand sollten Flure und Türöffnungen eine ausreichende Breite aufweisen, um den Abtransport und Neueinbau von Komponenten zu ermöglichen.

1 BNB Kriterium 2.2.2
„Anpassungsfähigkeit“

flexibles Tragwerk

Nutzlastreserven

Barrierefreiheit

Positionierung von
Erschließungskernen,
Sanitärschächten
und Technikräumen

Platzreserven TGA

Austauschbarkeit der TGA

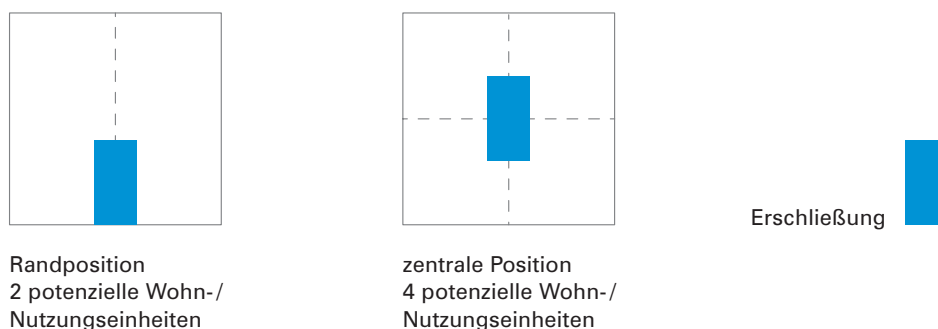


Abb. B.5.11: Anzahl der potenziellen Nutzungseinheiten in Abhängigkeit der Lage des Treppenhauses

- Um eine Änderung der Raumgrößen zuzulassen, sind flexible Leitungsnetze und Übergabesysteme im Bereich der Heizung, Kühlung und Lüftung vorzusehen. Bei Übergabesystemen wie Fußbodenheizungen ist die Steuerung beispielsweise häufig nur für größere Bereiche möglich, sodass im Fall einer Teilung von Räumen nicht jeder Raum separat steuerbar ist.

1 BNB Kriterium 4.1.3
„Reinigung und Instandhaltungsfreundlichkeit“

1 Glas- und Fassadenreinigung:
www.bgbau-medien.de/html/pdf/i_glas_neu.pdf

Reinigung

Der Entwurf sollte hinsichtlich der Reinigungskosten optimiert werden. Fensterflächen sollten vorzugsweise von innen, zumindest aber von außen ohne zusätzliches teures Gerät zu reinigen sein. Für die opaken Fassadenbereiche sind schmutzunempfindliche bzw. reinigungsfreundliche Materialien zu wählen (Abb. B.5.12). Auch im Innenbereich können pflegeintensive Oberflächen zum wesentlichen Kostenfaktor in der Nutzungsphase werden. Daher sollte der Aspekt der Reinigung und Pflege zwingend im Materialkonzept berücksichtigt werden (S. 87, INFOBOX Materialkonzept). Im Grundriss sollten unzugängliche Nischen oder freistehende Stützen mit geringem Abstand zur Wand vermieden werden.

Instandhaltung

Der Terminus „Instandhaltung“ stellt einen Überbegriff dar, der die Wartung, Inspektion und Instandsetzung umfasst (Abb. B.5.13):

- Instandhaltung: Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Istzustandes sowie zur Bewahrung und Wiederherstellung des Sollzustandes
- Inspektion: Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Istzustandes
- Wartung: Maßnahmen zur Bewahrung des Sollzustandes
- Instandsetzung: Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes

Fassadenmaterial	Haustyp zweigeschossig		Haustyp zehngeschossig	
	Reinigungszykl. [a]	Index ¹ [%]	Reinigungszykl. [a]	Index ¹ [%]
Aluminiumbekleidungen				
Oberfläche anodisch oxidiert (geschliffen)	2	700	1	1600
Oberfläche stückbeschichtet	2	310	2	400
Oberfläche bandbeschichtet	2	310	2	400
Kupferbekleidungen	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Zinkbekleidungen	3	470	k. A.	k. A.
emaillierte Stahlblechbekleidungen	1	310		400
Naturwerksteinbekleidungen				
mit offener oder geschlossener Fuge	20	100	20	100
Glasbekleidungen				
rückseitig emailliert	1	440	1	240
rückseitig emailliert und metalloxidbeschichtet	0,25	1750	0,25	960
Betonwerksteinbekleidungen mit Vorsatz	12	680	12	1280
großformatige Betonfertigteile	12	680	12	1280
Klinkervorsatzschale, zweischaliges Mauerwerk	20	420	20	620
Holz- oder Holzwerkstoffbekleidungen²				
Massivholzschalung, deckend beschichtet	5	170	-	-
Massivholzschalung, Kernholz, unbeschichtet	10	20	-	-
Fassadenplatten aus Holzwerkstoff	10	100	-	-
Faserzementplatten				
großformatig	2	310	2	200
kleinformatig	10	380	k. A.	k. A.

¹ im Verhältnis zu Naturstein (= 100%)

² nach Angaben der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung (DGfH)

Abb. B.5.12: Reinigungsaufwand unterschiedlicher Fassadenmaterialien

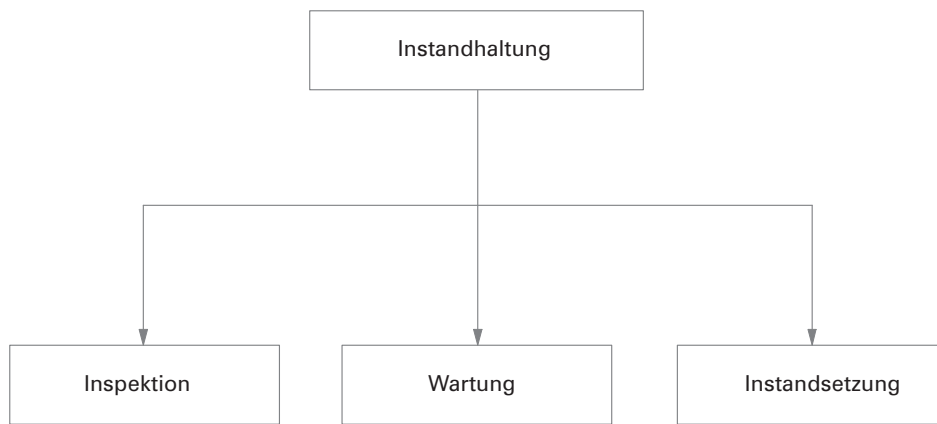


Abb. B.5.13: Bereiche der Instandhaltung gemäß DIN 31051 und VDI 2067

Die Instandhaltung sollte frühzeitig in der Planung berücksichtigt werden. Es ist daher zwingend notwendig, den Aspekt der Wartungsfreundlichkeit von Bauteilen und -komponenten in das Materialkonzept aufzunehmen (S. 87, INFOBOX Materialkonzept). Für eine lange Lebensdauer der Tragkonstruktion sind die Verwendung wartungsarmer Konstruktionen und die Vermeidung komplexer Geometrien wichtig, die in der Regel eine Vielzahl von individuellen Fügepunkten und Detailausbildungen mit sich bringen und daher eine höhere Anfälligkeit für Bauschäden und Mängel aufweisen. Wartungsintensive Konstruktionen, Bauteile und technische Systeme sollten soweit wie möglich reduziert werden. Die Zugänglichkeit von instandhaltungsrelevanten Bauteilschichten und technischen Komponenten für Inspektion, Wartung und Austausch muss sichergestellt, d. h. vorausschauend geplant werden. Die Wahl der Materialien und technischen Systeme ist jeweils an die vorgesehene Nutzungsdauer und -intensität anzupassen. Um eine hochwertige Verwertung der Baustoffe zu ermöglichen und die Rückbau- und Entsorgungs- bzw. Recyclingkosten zu senken, sind eine einfache Rückbaufähigkeit und Trennbarkeit der einzelnen Bauteilschichten und technischen Komponenten anzustreben. Die rechtzeitige Prognose der Instandhaltungskosten bildet eine wesentliche Entscheidungsgrundlage für oder gegen mögliche technische Lösungen.

Energiebedarf

Der Energiebedarf stellt derzeit ein wesentliches Einsparpotenzial über den Lebenszyklus eines Gebäudes dar. Er lässt sich durch die Optimierung des Entwurfs und die Nutzung erneuerbarer Energien reduzieren (S. 64, B.2 Energiekonzept entwickeln). Auch im Bestand bietet der Energiebereich ein hohes Optimierungspotenzial. Investitionsmehrkosten und Energieeinsparungen sind jeweils gegeneinander abzuwägen. Energetische Maßnahmen sind intelligent mit notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen zu kombinieren, um die Sowiesokosten zu nutzen. Zur Verfügung stehende Fördermittel sollten in die Betrachtung miteinbezogen werden.

Wasserbedarf

Ziel ist sowohl die Reduzierung des Trinkwasserbedarfs als auch des Abwasseraufkommens. Dies ist durch die Nutzung von Regen- und Grauwasser oder die Rückhaltung und Versickerung von Regenwasser möglich (S. 97, B.3.4 Umweltinventar schonen). Die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmen sollte im Vorfeld analysiert werden. Die Nutzung von Regenwasser zur Bewässerung der Außenanlagen ist beispielsweise oft ohne großen finanziellen Aufwand möglich. Bei einer Versickerung des Niederschlagswassers auf dem Grundstück entfallen die Gebühren für die Einleitung von Niederschlagswasser.

i Nutzungsdauer von Bauteilen:
www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebäudedaten/nutzungsdauern-von-bauteilen.html

i Nutzungsdauer und Instandhaltungsaufwand der TGA: VDI 2067-1
 „Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Grundlagen und Kostenberechnung“
 AMEV
 „TGA-Kosten Betreiben 2013“
[www.amev-online.de/AMEVInhalt/Organisation/TGA-Kosten Betreiben/tga2013.pdf](http://www.amev-online.de/AMEVInhalt/Organisation/TGA-Kosten%20Betreiben/tga2013.pdf)

i Suchhilfe des BINE Informationsdienstes:
www.energiefoerderung.info

i BNB Kriterium 1.2.3 „Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen“

In der Ausführungsplanung ist eine Einflussnahme auf grundsätzliche Nachhaltigkeitsziele nur noch begrenzt möglich. Vielmehr geht es darum, die angestrebten Nachhaltigkeitsqualitäten in Zusammenhang mit den funktionalen und gestalterischen Vorstellungen realisierungsgerecht auszuarbeiten, sodass in der Ausschreibung möglichst keine bzw. geringe Qualitätsverluste zu verzeichnen sind.

Wie in den vorangegangenen Leistungsphasen bedarf es der kontinuierlichen Qualitätssicherung und Anpassung, soweit sich einzelne Nachhaltigkeitsziele in der angedachten Form als nicht umsetzbar erweisen.

Die Schwerpunkte während der Ausführungsplanung liegen in der Gewährleistung des anvisierten Nutzerkomforts, beim Detaillieren des energetischen Konzepts, der Optimierung des Materialeinsatzes unter der Prämisse, Schadstoffarmut sicherzustellen sowie in der Minimierung der Lebenszykluskosten hinsichtlich Reinigung und Instandhaltung.

C Ausführungsplanung





116 c.1 Funktionalität und Komfort vervollständigen

- 116 C.1.1 Aufenthaltsqualitäten innen und außen konkretisieren
- 117 C.1.2 Barrierefreiheit gewährleisten
- 118 C.1.3 Behaglichkeit und Sicherheit weiterentwickeln



122 c.2 Energiekonzept detaillieren

- 122 C.2.1 Energiekennwerte überprüfen
- 122 C.2.2 Bauteile optimieren
- 124  [Energiesimulation](#)
- 127 C.2.3 Gebäudetechnik optimieren
- 130  [Monitoringkonzept](#)




132 c.3 Materialkonzept konkretisieren

- 132 C.3.1 Materialaufwand in der Konstruktion minimieren
- 134 C.3.2 Instandhaltung und Reinigung optimieren
- 137 C.3.3 Recycling vorbereiten
- 139 C.3.4 Bauteile integral optimieren
- 142 C.3.5 Trinkwasserbedarf und Abwasser reduzieren



144 c.4 Schadstoffarm planen

- 144 C.4.1 Schadstoffarmut nach Bauteilen optimieren
- 144 C.4.2 Anforderungen an schadstoffarme Produkte festschreiben
- 146  [Schadstoffe im Bauwesen](#)



149 c.5 Lebenszykluskosten minimieren

- 149 C.5.1 Lebenszykluskostenberechnung fortschreiben
- 149 C.5.2 Maßnahmen zur Kostensenkung identifizieren

Um die langfristige Nutzerzufriedenheit sicherzustellen, sind im Zuge der Ausführungsplanung die Aufenthaltsqualitäten innen und außen (Pkt. C.1.1), die Barrierefreiheit (Pkt. C.1.2) sowie Behaglichkeit und Sicherheit (Pkt. C.1.3) zur Ausführungsreife weiterzuentwickeln. Die funktions-tüchtige Erschließung als wesentlicher Nachhaltigkeitsaspekt in diesem Themenbereich ist vorher in der Entwurfsphase auszubilden (Pkt. B.1.1). Auch die zentralen Planungsaspekte zur umweltgerechten Mobilitätsinfrastruktur (Pkt. B.1.2) sollten zu diesem Zeitpunkt bereits im Projekt verankert sein. Detaillierungen zur Elektromobilität (Lademöglichkeiten) bzw. zur Ausstattung der Fahrradstellplätze (Witterungsschutz, Beleuchtung und Diebstahlschutz) bilden einen selbstverständlichen Bestandteil der üblichen Werkplanung.

C.1.1 Aufenthaltsqualitäten innen und außen konkretisieren

Die im Entwurf angelegten kommunikationsfördernden Elemente sind in der Ausführungsplanung zu differenzieren. Dabei ist zu prüfen, ob zusätzliche Bereiche im Innen- oder Außenbereich zur Aneignung durch den Nutzer ausgebildet werden können, um die Identifikation mit dem Projekt weiter zu stärken.

Aufenthaltsqualitäten im Gebäude

Zur Ausstattungsqualität der Innenräume bei Nichtwohngebäuden zählen unter anderem:

- Kommunikationszonen und Gemeinschaftsanlagen (z. B. erweiterte Flurzonen, Pausenbereich, Teeküchen etc.) weisen unterschiedliche Sitzplatzangebote auf. Sichtbeziehungen durch verglaste Wand- oder Türelemente erhöhen die Aufenthaltsqualität.
- Erschließungsflächen können ggf. ohne Einschränkungen möbliert und genutzt werden, sofern alternative Rettungswege vorhanden sind. Erhöhte thermische, akustische oder schallschutztechnische Anforderungen tragen zudem zu einer flexiblen Nutzung bei.

Die Nutzerzufriedenheit im Wohnungsbau ergibt sich – nach den Empfehlungen des NaWoh-Qualitätssiegels – unter anderem durch folgende Merkmale:

- Wohnbereiche: Neben der flexiblen Möblierbarkeit ist die Hauptwohnfunktion mit einem direkten barrierefreien Zugang zu einem Freibereich ausgestattet.
- Koch- und Essbereiche: Der Essbereich lässt sich um mind. 50% in Bezug auf die Normalbelegung der Wohnung erweitern.
- Stau- und Trockenraum: Es sind ausreichend Stellmöglichkeiten für Hochschränke vorhanden, ggf. auch weitere Abstellräume außerhalb der Wohnung (Keller oder Dachboden). Eine Möglichkeit zur Lufttrocknung von Wäsche innerhalb oder außerhalb der Wohnung ist vorhanden.

Aufenthaltsqualitäten im Außenraum

Die Ausstattungsmerkmale im Bereich der Außenraumflächen für Pausen-, Spiel- und Gemeinschaftsflächen (z. B. Sitzmöglichkeiten, Sonnenschutz, Schutz gegen Niederschlag etc.) sind konkret zu planen bzw. zu detaillie-

Sitzplatzangebote,
Sichtbeziehungen

flexible Nutzbarkeit von
Erschließungsflächen

1 Qualitätssiegel
Nachhaltiger Wohnungsbau:
www.nawoh.de

Möblierbarkeit, Bezug
Freibereiche

Erweiterbarkeit Essbereich

Stellmöglichkeiten,
Lufttrocknung

Pausen-, Spiel- und
Gemeinschaftsflächen

ren. Bei Nichtwohngebäuden können Fitness- und Bewegungsgeräte oder Stromversorgung und WLAN für Außenarbeitsplätze den Nutzerkomfort zusätzlich erhöhen.

C.1.2 Barrierefreiheit gewährleisten

Auf Grundlage der Entwurfsplanung sind die Ziele für die motorische, visuelle, taktile und akustische Barrierefreiheit fortzuschreiben und in ausführungsreife Lösungen zu überführen (z. B. Türen und Fenster, Leitsystem, Schwellenfreiheit etc.). Dabei ist das Zwei-Sinne-Prinzip zu berücksichtigen. Da die vielschichtigen Regelungen nur prinzipiell und nur Abschnitte der DIN 18040 Teile 1–2 gesetzlich verankert sind, bieten die Beratungsstellen Barrierefreiheit der Bayerischen Architektenkammer für Bauherren und Planer kostenlose Informationen und persönliche Beratung (S. 54, INFOBOX Barrierefreiheit). Je nach Projektgröße und Aufgabenstellung sind u. a. folgende Planungsaspekte während der Ausführungsplanung zu vertiefen:

- Bedarf und Anordnung eines Orientierungs- und Leitsystems für den Innen- und Außenbereich
- Material- und Farbkonzept für visuelle und taktile Kontraste innen und außen
- Klärung des Bedarfs für auditive Ausstattung (z. B. Hörgeräteunterstützung in Versammlungsräumen)
- Definition der barrierefreien Ausstattung der Aufzüge (z. B. Erreichbarkeit der Tastenfelder, Bedienbarkeit)
- Abgleich des Brandschutzkonzeptes mit der barrierefreien Erschließung

Leitsystem

Material- und Farbkonzept

auditive Ausstattung

Ausstattung des Aufzugs

Brandschutzkonzept

Derzeit werden nur etwa 10% der Wohnungen barrierefrei und 1% rollstuhlgerecht im Sinne der DIN 18040 ausgeführt. Um die Nutzbarkeit für alle Menschen mit vertretbarem Aufwand größtmöglich zu fördern, wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes der „ready“-Standard entwickelt.

i „ready – Planungsgrundlagen zur Vorbereitung von altersgerechten Wohnungen“
www.forschungsinitiative.de/publikationen

Leitkriterien	Maßnahmen
absatzfreie Zugänge	<ul style="list-style-type: none"> • Aufzug • Flächen leicht nutzbar und verkehrssicher • Erschließung außerhalb und innerhalb des Gebäudes • Zugänglichkeit der privaten Wohnung und aller Gemeinschaftsflächen
ausreichende Größen	<ul style="list-style-type: none"> • Breite von Türen, Fenstertüren, Fluren • Bad, Dusche, Balkon • Bewegungsflächen • Bedienhöhen (Türen, Fenster, Heizung, Elektro, Briefkasten) • Wohnung besuchergeeignet für Rollstuhl/Rollator
Anpassbarkeit bei Bedarf	<ul style="list-style-type: none"> • alle Ebenen schwellenfrei vorbereitet • Handlauf beidseitig vorbereitet • Bad/WC, Größe vorbereitet • Dusche bodengleich vorbereitet • Küche und Essplatz/Wohnraum, Kombination vorbereitet • Individualraum, Größe vorbereitet
Attraktivität und Sicherheit	<ul style="list-style-type: none"> • Treppe geradläufig • Sonnenschutz regelbar • Treppe bequem, natürliche Belichtung/Belüftung • Handläufe Treppe beidseitig, Wohnung (z. B. Flur) griffsicher vorbereitet • Wohnungsfenster mit geringer Brüstungshöhe
Automatisierung	<ul style="list-style-type: none"> • geringer Kraftaufwand zur Bedienung von Fenstern und Türen • Hauptzugänge (Hauseingang, Tiefgarage) automatisiert

Abb. C.1.1: die fünf „ready“-Leitkriterien und -Maßnahmen für das Wohnen im Alter

Er zielt darauf ab, Wohnungen für veränderte Lebenssituationen im Alter baulich vorzubereiten und umfasst drei Ausbaustufen: „ready“ (Mindeststandard, besuchergerecht), „ready plus“ (empfohlener Standard) und „all ready“ (Komfortstandard). Einige der in Abb. C.1.1 (S. 117) dargestellten „ready“-Leitkriterien sind bereits frühzeitig zu planen – überwiegend sind die Maßnahmen jedoch im Zuge der Ausführungsplanung zu detaillieren.

C.1.3 Behaglichkeit und Sicherheit weiterentwickeln

In der Ausführungsplanung sind die normierten, physikalisch messbaren Behaglichkeitskriterien (z. B. Raumlufttemperatur, Beleuchtungsstärke, Geräuschpegel) hinsichtlich ihrer konkreten baulichen Umsetzung zu validieren. Sofern ein Monitoring vorgesehen ist, bietet es sich an, die definierten projektspezifischen Behaglichkeits-Kennwerte frühzeitig in das Monitoringkonzept zu übertragen (S. 130, INFOBOX Monitoringkonzept).

i DIN EN ISO 7730
„Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit“

hohe
Oberflächentemperatur

Kaltluftabfall vermeiden

Kühlflächen beachten

i Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin:
„Handbuch der thermischen Behaglichkeit – Sommerlicher Kühlbetrieb“
www.baua.de

Strahlungsasymmetrie
vermeiden

Simulation einbeziehen

Thermischer Komfort

Der thermische Komfort ist für die Behaglichkeit von besonderer Bedeutung. DIN EN ISO 7730 liefert wesentliche Grundlagen für die Analyse und Bewertung von Behaglichkeit in Gebäuden. Für die Optimierung in der Ausführungsplanung sind hier folgende Aspekte relevant:

- Generell beeinflusst der U-Wert von Bauteilen (und die Bauteilschlüsse) die innere Oberflächentemperatur. Ein niedriger U-Wert und eine hohe Wärmebrückenfreiheit wird also immer auch zu einer erhöhten Behaglichkeit in der Heizperiode beitragen.
- In Bestandsgebäuden mit großflächigen Verglasungen kann es neben dem ungünstigen Strahlungsaustausch durch die niedrigen Oberflächentemperaturen auch zu einem Kaltluftabfall kommen. Übermäßige Luftbewegungen können sich ungünstig auf die thermische Behaglichkeit auswirken und müssen ggf. durch geeignete Wärmeübergabesysteme abgemindert werden.
- Im Falle einer Kühlung müssen die zum Betrieb des Gebäudes erforderlichen Oberflächentemperaturen bestimmt werden. Für eine hohe Behaglichkeit im Sommer sollten diese nicht zu niedrig angesetzt werden (z. B. min. 17°C am Fußboden). Grundsätzlich wirken große Kühlflächen mit geringer Differenz zur Raumlufttemperatur (z. B. bei Bauteilaktivierung der Decke) günstiger als kleine Flächen mit großer Differenz (z. B. Kühlsegel).
- Neben den absoluten Temperaturen der umgebenden Oberflächen hat auch die zu erwartende Temperaturdifferenz unterschiedlicher Bauteile (Strahlungsasymmetrie) sowohl in der Heiz- als auch in der Kühlperiode Einfluss auf die Behaglichkeit. Eine Festlegung der oberen und unteren Grenze der Bauteiltemperatur stellt sicher, dass sich die angestrebte thermische Behaglichkeit auch in kritischen Räumen (z. B. Eckbüro) entsprechend einstellen wird. Grenzwerte hierzu finden sich auch in DIN EN ISO 7730.
- Bei anspruchsvollen Bauvorhaben kann es erforderlich sein, die bauphysikalischen Kennwerte im Planungsstadium detailliert zu betrachten. Als wesentliches Tool zur Bewertung der thermischen Behaglichkeit und für die integrale Planung bietet sich eine dynamisch-thermische Gebäudesimulation an (S. 124, INFOBOX Energiesimulation).

Visueller Komfort

Als visuellen Komfort bezeichnet man neben guten Randbedingungen zur Tageslichtnutzung eine behagliche Beleuchtungssituation durch ausgewogene Lichtverhältnisse ohne wesentliche störende Einflüsse (z. B. durch Blendung) und eine individuellen Anpassbarkeit. Folgende Aspekte sollten



im Rahmen der Ausführungsplanung vor allem in Gebäuden mit anspruchsvollen Sehaufgaben (Bürogebäude, Lehrgebäude etc.) beachtet werden:

- Überprüfung der Verglasung auf möglichst hohen Tageslichtdurchgang (z. B. Lichttransmissionsgrad $\tau_{vis} > 0,65$ bei Dreifachverglasung) sowie eine hohe Farbneutralität (z. B. Farbwiedergabeindex der Verglasung $R_a > 90$, auch bei Sonnenschutzsystemen von Bedeutung)
- Ein gleichmäßig ausgeleuchteter Raum wirkt auf den Menschen generell heller. Helle Raumboflächen unterstützen dabei die gleichmäßige Lichtverteilung im Raum. Gerade in Bereichen mit hohem Leuchtdichtekontrast (insbesondere zwischen Verglasung, Fensterrahmen und -laibung sowie Fensterstürzen) sollten dunkle Materialoberflächen vermieden werden (z. B. Leuchtdichtekontrast nach DIN 5031-3 „Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik“ zwischen 0,4 und 0,6).
- Für eine nutzungsbezogene funktionale Ausleuchtung der Arbeitsflächen sollte die Art der Beleuchtung überprüft werden (direkte, indirekte oder direkt-indirekte Beleuchtung). Dabei sind insbesondere die sich einstellenden Kontraste zu beachten. Für die Beleuchtung sind eine hohe Farbneutralität (R_a) und geringe Blendung (z. B. entsprechend Arbeitsstättenrichtlinie – ASR) einzuhalten.
- Zur zielgerichteten Regelbarkeit sollten Sonnen- und Blendschutz getrennt ausgeführt werden. Bewährt haben sich individuell steuerbare außen liegende Sonnenschutzlamellen in Verbindung mit innen liegenden Blendschutzscreens, die von unten nach oben geführt werden. Planungshinweise für Bürogebäude sind bei der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin zu finden.
- Für eine hohe Planungssicherheit liefert eine begleitende Tageslichtsimulation belastbare Entscheidungsgrundlagen (S. 124, INFOBOX Energiesimulation).

Akustischer Komfort

Der akustische Komfort ist vor allem im Wohnungsbau, der auch als Regenerationsort dienen soll, von großer Bedeutung. Die VDI 4100 „Schallschutz von Wohnungen“ definiert für den Wohnungsbau drei unterschiedliche Schallschutzstufen, die gemeinsam mit dem Bauherrn abgesprochen werden können. Hierbei handelt es sich nicht mehr um den gesetzlich geschuldeten Mindestschallschutz nach DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“, sondern um ein höheres Schallschutzniveau, das jedoch zeitgemäßen Komfortansprüchen entspricht. Auf Grundlage dieser Zieldefinitionen sollten aufbauend auf dem Schallschutzkonzept der Entwurfsplanung bei der weiteren Vertiefung folgende Aspekte beachtet werden:

- Überprüfung der Bauteile entsprechend den Schallschutzanforderungen sowie der notwendigen Schallminderungskennwerte gegenüber Außenlärm
- Überprüfung der Kennwerte für Bauteile zwischen unterschiedlichen Nutzungseinheiten (Trittschall, Körperschall über Tragkonstruktion etc.)
- Überprüfung der gebäudetechnischen Installation auf mögliche Körperschallübertragung
- bei besonderen Anforderungen an die Raumakustik (z. B. bei Bürogebäuden, Unterrichtsräumen) Überprüfung der zu erreichenden Nachhallzeiten und der erforderlichen Schallabsorptionskennwerte

Im Rahmen der baukonstruktiven Planung sollten die Schallminderungskennwerte für Bauteile und die Schallabsorptionskennwerte der Oberflächen in Abwägung mit dem materiellen Aufwand festgelegt werden. Hilfreich in der Bearbeitung für hohe schallschutztechnische Qualität sind dabei folgende Maßnahmen:

- Vermeidung von großen Hohlräumen in Bauteilen, Verbindung von steifen Schichten durch mäßig weichfedernde Schichten

Kennwerte der transparenten Bauteile

Reflexionseigenschaften im Raum

Lichtqualität des Kunstlichts

Sonnen- und Blendschutz

↓ Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: „Tageslichtnutzung und Sonnenschutzmaßnahmen an Büroarbeitsplätzen“ www.baua.de

Tageslichtsimulation

Bauakustik extern

Bauakustik intern

Bauakustik Haustechnik

Raumakustik

Begrenzung der Schallübertragung

Vermeidung von Resonanz

Vorsatzschalen

Entkopplung

Flankenübertragung

- Vermeidung von Resonanz in Bauteilen durch Ausbildung unterschiedlicher Bauteildicken oder Konstruktionsmaterialien
- Optimierung schallschutztechnischer Bauteile durch die Anordnung einer zusätzlichen biegeweichen Vorsatzschale
- bei mehrschaligen Konstruktionen möglichst geringe konstruktive Verbindung der einzelnen Schichten
- Prüfung und Reduktion der Schallübertragung im Bereich von Bauteilflanken:
 - Prüfung der Einbausituation von Wandanschlüssen an Fassaden, Fenstern und Türen sowie wandintegrierten technischen Bauteilen in Bezug auf die Schallübertragung
 - bei mehrschaligen Konstruktionen Einsatz von Trennfugen oder Aussparungen im Bereich des Wandanschlusses (z. B. bei Abhangdecken und Systemböden)

Da schallschutztechnische Maßnahmen in der einfachsten Bearbeitungsebene (z. B. nach DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“) den Schallschutz vorrangig über die Bauteilmasse definieren, können hieraus ggf. Nachteile in Bezug auf die Materialoptimierung resultieren (S. 85, B.3 Ressourcenschonendes Materialkonzept entwickeln).

Raumlufthomfort

Eine wesentliche Bedingung für die Behaglichkeit in Innenräumen ist eine ausreichende Frischluftversorgung. Die Zufuhr von Frischluft ist immer mit Luftbewegung verbunden, die im Idealfall vom Nutzer nicht wahrgenommen werden sollte. Optimierungsansätze sind hierbei:

- Anhand einer rechnerischen Ermittlung des genauen Frischluftbedarfs in den einzelnen Räumen kann die lüftungsbezogene Behaglichkeit überprüft werden. Für Wohngebäude schafft ein detailliertes Lüftungskonzept nach DIN 1946-6 „Raumlufthomfort – Teil 6: Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung“ die Grundlage für eine nutzergerechte, lüftungstechnische Auslegung des Objekts. Einfach nutzbare Tools für die Berechnung nach DIN 1946-6 bieten z. B. das ift Rosenheim oder der Bundesverband für Wohnungslüftung e.V. an. Insbesondere bei anspruchsvoller Nutzung (z. B. Büros, Schulen) eignet sich ergänzend zum Lüftungskonzept auch eine detaillierte CO₂-Simulation des Raumes zur Bewertung und Optimierung der Luftqualität.
- Für angenehme Innenraumbedingungen ist neben einer geringen Luftbewegung auch die Temperaturdifferenz der einströmenden Luft gegenüber der Innenraumtemperatur von Bedeutung. Bei raumlufthomforttechnischen Anlagen sollten daher im Zuge der Detailplanung die Position der Luftauslässe, die maximale Strömungsgeschwindigkeit sowie die minimal und maximal zulässigen Zulufttemperaturen überprüft werden, um Zuglufterscheinungen zu vermeiden.

Steuerungsoptionen und Bedienmöglichkeiten

Nur der jeweilige Nutzer ist der Experte seiner persönlichen Behaglichkeit. Entsprechend sollte durch das Gebäude und die Gebäudesteuerung die Möglichkeit zur individuellen Regulierung von raumklimatischen Faktoren gegeben werden (bezogen auf Einzelpersonen oder auch ggf. Nutzergruppen mit gleichen Randbedingungen). Das lässt sich z. B. unterstützen durch:

- eine individuelle Regelung der Systeme für Heizung, Lüftung, Kühlung und Beleuchtung
- die individuelle Regelbarkeit von Sonnen- und Blendschutz
- die ergänzende Regelung der Lüftung über offenbare Fenster beim Einsatz von Raumlufthomforttechnik

Prüfung des Frischluftbedarfs

i kostenlose Planungstools für Wohnraumlüftung:

Bundesverband Wohnraumlüftung e.V.: Planungstool Lüftungskonzept
www.wohnungslueftung-ev.de

ift Rosenheim GmbH: Rechentool – Bestimmung des notwendigen Luftvolumenstroms für den Wohnungsbau
www.ift-rosenheim.de

Zulufttemperatur und Luftzug



Nicht immer ermöglicht es eine solche Regelungstechnik jedem Einzelnen, die Steuerung seines eigenen Bereichs ohne Abhängigkeiten von anderen Personen vorzunehmen. Bei Bürogebäuden ist es daher förderlich, z. B. einzelne Tischgruppen als kleinste zu regelnde Einheit festzulegen. Die dort sitzenden Personen interagieren im Arbeitsalltag ohnehin miteinander und können somit individuelle, für die Kleinsteinheit sinnvolle Randbedingungen selbst festlegen. Die Differenzierung der Regelungstechnik muss ggf. mit den Anforderungen an Flexibilität einzelner Nutzungseinheiten bzw. deren Teilbarkeit abgestimmt werden.

Sicherheit

Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit bzw. des Sicherheitsempfindens tragen dazu bei, tatsächliche Gefahrenpotenziale bestmöglich zu vermeiden, bei Übergriffen größtmögliche Sicherheit zu gewährleisten und das Schadensausmaß im Eintrittsfall weitgehend zu reduzieren. Neben der guten Einsehbarkeit und Orientierung, die es bereits in den vorherigen Planungsphasen herzustellen galt, bieten in der Ausführungsplanung folgende Aspekte Optimierungsansätze:

- Eine gute Ausleuchtung von Pkw- und Fahrradstellplätzen, der Aufenthaltsflächen im gebäudenahen Außenraum sowie der Hauptwege und Eingangsbereiche – ggf. mittels Bewegungsmeldern – trägt zur Stärkung des Sicherheitsempfindens bei.
- Die Zugangsbedingungen und -sicherungen lassen sich beispielsweise durch einbruchhemmende Türen und Fenster (klassifiziert nach resistance classes „RC“ > 4 entsprechend DIN EN 1627 „Prüfnorm für Fenster, Türen, Vorhangfassaden, Gitterelemente, Abschlüsse“) oder Roll- bzw. Schiebeläden erhöhen.
- Rundsprechanlagen, Notrufsäulen, Videoüberwachung oder Alarmanlagen vermitteln dem Nutzer ein erhöhtes Gefühl von Sicherheit und implizieren, dass in einer Gefahrensituation Hilfe erreichbar und verfügbar ist. Zudem werden mögliche Täter abgeschreckt. Hinweise sind zu finden in DIN EN 50131-1 „Anforderungen für Alarmanlagen, Einbruch- und Überfallmeldeanlagen“.

Beleuchtung

präventive
Schutzeinrichtungen

Sicherheitseinrichtungen

Vor Beginn der Ausführungsplanung sollten im Hinblick auf die Energieoptimierung die wesentlichen Randbedingungen geklärt, die Ziele konkretisiert sowie die Kubatur und der Grundriss optimiert worden sein (S. 64, B2 Energiekonzept entwickeln). Bei der Weiterführung des Energiekonzeptes liegen die inhaltlichen Schwerpunkte auf der regelmäßigen Überprüfung der wesentlichen Kennwerte (Pkt. C.2.1), der Optimierung der Gebäudehülle im Detail (Pkt. C.2.2) sowie bei der Detaillierung der Anforderungen an die technischen Komponenten zur Energieversorgung (Pkt. C.2.3).

C.2.1 Energiekennwerte überprüfen

Aktualisierung der EnEV-Berechnung

Nachweis nach EEWärmeG

Bei der Konkretisierung des Entwurfs in der Ausführungsplanung kommt es in der Regel zu Präzisierungen und Anpassungen im Detail, die auch Einfluss auf die energetische Bewertung haben können. Auch Änderungen der Geometrie, der Nutzungszonen oder der Baukonstruktion sind in dieser Bearbeitungsphase nicht unüblich. Es ist daher empfehlenswert, die Berechnung der vereinbarten Zielgrößen regelmäßig zu aktualisieren und zu überprüfen. Das betrifft in erster Linie den Nachweis nach Energieeinsparverordnung (EnEV), dessen finale Berechnung erst nach Fertigstellung des Gebäudes erfolgt. Ebenso trifft dies auf die Anforderungen nach dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) zu, sowie auf ergänzende Berechnungen wie Passivhausnachweis, Wärmebrückenberechnung, Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes etc.

In diesem Kontext entstehen oftmals Fragestellungen, die einer genaueren Betrachtung bedürfen und ggf. weitere Simulationen erfordern. Anlass kann beispielsweise die detaillierte, rechnerische Ermittlung der maximalen Raumtemperaturen sein oder die Ertragsprognose von Solaranlagen. Je nach Fragestellung stehen hierfür entsprechende Simulationstools zur Verfügung (S. 124, INFOBOX Energiesimulation).

C.2.2 Bauteile optimieren

Energiekennwerte optimieren

In der Ausführungsplanung wird die energetische Qualität der Gebäudehülle abschließend festgelegt. In Anlehnung an das zuvor definierte Energiekonzept sollten die Ziele überprüft und konkretisiert werden. Neben Materialwahl und Konstruktion der Details rücken nun zahlreiche Kennwerte in den Fokus, die für die energetische Qualität des Gebäudes von Bedeutung sind (Abb. C.2.1). Optimierungen betreffen in der Regel alle energetisch relevanten Komponenten der opaken und transparenten Bauteile sowie alle solaraktiven Elemente.

Opake Bauteile

U-Werte festlegen

Wesentlich für einen niedrigen Energiebedarf ist die Optimierung der Gebäudehülle hinsichtlich einer durchgehenden Dämmschicht und ihrer thermischen Qualität (U-Wert). Dies geschieht in den opaken Bereichen insbesondere über die Definition der Bauteilaufbauten bzw. der Dämmstärken. In der Ausführungsplanung erfolgt die genaue Definition des Dämmkonzeptes und der zum Einsatz kommenden Materialien. Folgende Aspekte sind hierbei häufig relevant:



Kennwert	Einheit	Aussage
Lambda (λ)	W/(mK)	Wärmeleitfähigkeit eines Materials
U-Wert	W/(m ² K)	Wärmedurchlass eines Bauteils (auch Fenster)
Psi (Ψ)	W/(mK)	längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient, zur detaillierten Berechnung von Wärmebrücken (ggf. auch: χ , punktueller Wärmedurchgangskoeffizient)
spezifische Wärmekapazität (c)	J/(kgK)	Fähigkeit eines Materials, Wärme zu speichern
Gesamtenergiedurchlassgrad (g)	%	Energiedurchlass eines transparenten Bauteils im Verhältnis zur Solarstrahlung auf das Bauteil
Abminderungsfaktor (f_c)	%	Wirksamkeit eines Sonnenschutzsystems zur Berechnung des g-Wertes
Lichttransmissionsgrad (TL)	%	Anteil der Strahlungsdurchlässigkeit eines transparenten Bauteils im sichtbaren Wellenlängenbereich
Farbwiedergabeindex (R_a)	%	Farbwiedergabeeigenschaft einer Verglasung (auch zur Bewertung von Kunstlicht sowie Sonnen- und Blendenschutz)
Reflexionsgrad	%	Anteil des auftretenden Lichts, das von einer Fläche reflektiert wird
Tageslichtquotient	%	Anteil der horizontalen Beleuchtungsstärke in einem Raum im Verhältnis zum Außenraum

Abb. C.2.1: wichtige Kennwerte, die in der Ausführungsplanung abschließend untersucht und optimiert werden

- Die Wahl der Dämmmaterialien und deren Kennwerte muss in Abstimmung mit statischen, feuchtetechnischen und brandschutztechnischen Anforderungen erfolgen.
- Alternativ oder ergänzend zur spezifischen Dämmschicht können auch andere Bauteilschichten mit geringer Wärmeleitfähigkeit (z. B. Porenbeton, Lochziegel, Wärmedämmputze und manche Bekleidungen) einen Beitrag zur Reduzierung des U-Wertes der Außenwand leisten.
- Ökologische Dämmstoffe haben meist eine ungünstigere (höhere) Wärmeleitfähigkeit (= λ -Wert) als konventionelle Dämmstoffe, sodass für die gleiche Dämmwirkung eine größere Dämmstärke erforderlich ist. Dafür liegt ihr Vorteil in ihrer ressourcenschonenden Herstellung und Recyclingfähigkeit.
- Im Fall von Innendämmung muss eine sorgfältige Überprüfung des Feuchteschutzes im Bauteil erfolgen.
- Im Fall von größeren Dämmstärken ist bei Vorhangfassaden die Verfügbarkeit thermisch geeigneter Fassadenanker zu berücksichtigen.
- Im Dach oder Fassadenbereich können durch sehr große Dämmstärken erhöhte konstruktive und statische Anforderungen entstehen.
- Eine nachträgliche Dämmung von Bestandsgebäuden bewirkt neben der Energieeinsparung auch eine Erhöhung der inneren Oberflächentemperaturen (Behaglichkeit), die im Rahmen der Detaillierung berechnet werden kann.
- In das Dämmkonzept sollte im Gebäudebestand möglichst die gesamte Gebäudehülle einbezogen werden. Einzelmaßnahmen, z. B. nur die Dämmung des Daches oder nur der Austausch von Fenstern, verändern die anteiligen Wärmeflüsse und Oberflächentemperaturen im Gebäude und können dadurch an Stellen zu Kondensatbildung führen, wo dies vorher nicht üblich war.

Neben den Bauteilflächen rücken in der Ausführungsplanung auch die Bauteilanschlüsse (z. B. Wand zu Bodenplatte, Fensterrahmen zu Wandöffnung etc. sowie Auskragungen und Durchdringungen) in den Fokus. Wenn sie eine deutlich geringere Dämmqualität aufweisen als der Rest der Gebäudehülle,

[Dämmstoffanforderungen](#)

[ökologische Dämmstoffe](#)

[Innendämmung](#)

[Vorhangfassaden](#)

[statische Anforderungen](#)

[Behaglichkeit](#)

[durchgehende Dämmebene](#)

[Wärmebrücken vermeiden](#)

Simulationsprogramme bilden modellbasiert die energetische Leistungsfähigkeit eines Gebäudes mit dem Ziel ab, eine maximale Behaglichkeit bei minimalem Energiebedarf zu erreichen. Sie unterstützen den Planungsprozess und erhöhen die Planungssicherheit. Für den gesamten Entwicklungsprozess eines Energiekonzepts stehen verschiedene Softwaresysteme (EnEV-Tools wie der BKI Energieplaner, thermisch-dynamische Systeme wie TRNSYS oder IDA-ICE, Tageslichtsimulation wie Relux etc.) zur Verfügung, in denen das Gebäude, einzelne Räume oder Bauelemente als virtuelles Modell

mit den für die jeweilige Fragestellung relevanten energetischen Eigenschaften abgebildet wird. Der Einsatz einer speziellen Simulationssoftware erfolgt in der Regel nur bei größeren Gebäuden (Bürogebäude mit Atrien, Schulen, Veranstaltungsräumen etc.). Hier bestehen bei detaillierterer Optimierung teilweise erhebliche Einsparpotenziale. Aber auch bei kleinen Gebäuden, wie etwa einem Einfamilienhaus, können spezifische Detailuntersuchungen sinnvoll sein. Beispiele hierfür sind Ertragsprognosen von Solarsystemen oder die Überprüfung der Effizienz von Speicherkonzepten.

Berechnung / Simulation			Auswertung Bewertung Nachweis	CAD-Verknüpfung bildgebend filmgebend
statische Planungshilfen	Anwendung	Ergebnisse		
Heizlast	Ermittlung der maximalen Heizleistung im ungünstigsten Fall zur Dimensionierung der Nutzenübergabe und Wärmeerzeugung	Normheizlast [W]	● ●	
Kühllast	Ermittlung der maximalen Kühllast im ungünstigsten Fall zur Dimensionierung der Nutzenübergabe und Kälteerzeugung	Kühllast [W]	● ●	
Jahresenergiebedarf	Ermittlung der Jahresenergiemengen für verschiedene Energiedienstleistungen nach definierten Rechenmethoden	Heizwärmebedarf [kWh/(m ² a)] Primärenergiebedarf [kWh/(m ² a)] für Heizung, Trinkwasser, Lüftung, Beleuchtung, Kühlung	● ● ●	●
dynamische Planungshilfen				
thermische Simulation	Ermittlung des thermodynamischen Verhaltens von Bauteilen und Gebäuden zur Bewertung von Komfortbedingungen, Jahresenergiemengen und Energieleistungen	Heizlast [W], Kühllast [W], Lufttemperatur [°C], Oberflächentemperatur [°C]	●	● ● ● ●
Tageslichtsimulation	Ermittlung der Beleuchtungssituation von Räumen und Gebäuden zur Tages- und Kunstlichtoptimierung	Verschattungs-/Besonnungsdauer, Leuchtdichteverteilung, Beleuchtungsstärken	●	● ● ● ●
Strömungssimulation	Ermittlung der Raum- und Gebäudedurchströmung zur Bewertung von Komfortbedingungen, d. h. Schadstoffkonzentration und Luftgeschwindigkeiten	lokale Luftgeschwindigkeiten, dynamische Luftwechselrate	●	● ● ● ●
Anlagensimulation	Ermittlung des Energieertrags der Gebäudetechnik zur energetischen Bewertung und Auslegung der Komponenten sowie zur Optimierung der Regelungstechnik	Stromertrag von Photovoltaikanlagen, Erträge von solarthermischen Anlagen, Effizienz von Wärmepumpen, Effizienz von Kraft-Wärme-Kopplung	● ●	●
Verschattungssimulation	Ermittlung der Fremd- und Eigenverschattung in Stadträumen für Einzelgebäude und Innenräume	Licht- und Schattenverläufe in Tages- und Jahreslauf		● ● ● ●

Abb. C.2.2: Übersicht und Anwendungsfelder für die Energiesimulation

Simulationsprogramme ermöglichen es, sowohl den Energiebedarf von Gebäuden als auch die energetischen Auswirkungen alternativer Planungsentscheidungen quantitativ zu ermitteln. Die Vielzahl der gängigen Softwareprogramme bietet für alle Fragestellungen spezialisierte Anwendungen (Abb. C.2.2), z. B. Analyse des Energiebedarfs, Temperaturbetrachtungen in Innenräumen, strömungstechnische Berechnungen oder Ertragsprognosen technischer Systeme. Prinzipiell unterscheidet man statische und dynamische Berechnungsmethoden. Statische Simulationen setzen einfache Berechnungsalgorithmen um. Sie dienen zur punktuellen Berechnung von Extremwerten (z. B. Heiz- und Kühllast) oder zur vereinfachten Ermittlung von Jahresenergiesummen (z. B. Jahresprimärenergiebedarf nach EnEV oder Heizwärmebedarf nach Passivhausprojektierung). Die Ergebnisse basieren auf vereinfachten Kennwerten.

Dynamische Simulationen dagegen haben das Ziel, die Energieströme in Gebäuden unter den veränderlichen inneren und äußeren Lasten realitätsnah abzubilden. Unter Einfluss variabler Parameter ermitteln sie in definierten Zeitschritten den Energiefluss und berücksichtigen so z. B. die Speicherfähigkeit von Bauteilen, ein sich änderndes Nutzerprofil oder den Tages- und Jahresverlauf der Solarstrahlung. Die Ergebnisse werden meist im Stundenrhythmus berechnet und haben daher eine wesentlich bessere Aussagekraft als beispielsweise die EnEV-Berechnung, die auf monatlichen Bilanzen basiert. Neben Analysen zum thermischen Verhalten des Gebäudes lassen sich über dynamische Simulationen auch die Beleuchtungssituation und Luftbewegungen in Räumen simulieren.

Beim Einsatz der Planungshilfen steigt die Aussagekraft der Ergebnisse mit zunehmendem Detaillierungsgrad der Randbedingungen, was im Planungsprozess einen entsprechenden Informationsstand erfordert. Statische Berechnungen ermöglichen über vereinfachte Angaben einen schnellen Einstieg und eine grobe Abschätzung des energetischen Verhaltens. Bei detaillierten Fragestellungen können dann dynamische Simulationen eingesetzt werden, beispielsweise:

- Verschattungsanalyse durch umgebende Bebauung
- Einfluss der Öffnungsgrößen auf die Tageslichtnutzung

- Einfluss des Sonnenschutzes auf die Kühllast
- Einfluss der Kühlleistung auf die sommerliche Raumtemperatur
- Temperaturschichtung in einem Atrium etc.

Je nach Fragestellung und Berechnungsmethode werden Simulationsprogramme für die Bewertung von Einzelbauteilen, Gebäuden und Planungsalternativen eingesetzt. Darüber hinaus dienen die Ergebnisse der Auslegung bzw. Dimensionierung von Komponenten der Gebäudetechnik oder auch der Erstellung von Nachweisen.

Die Anwenderfreundlichkeit von Simulationsprogrammen wird wesentlich durch die Oberflächenstruktur und Dateneingabe bestimmt. Insbesondere die Einbindung in CAD-Systeme bietet Synergiepotenziale. Die Datenausgabe ermöglicht:

- unterschiedliche Kennwertausgaben, z. B. Heizlast, Kühllast, Jahresprimärenergiebedarf etc.
- grafische Ergebnisdarstellungen, z. B. Tagesverlauf der Raumtemperatur, Jahresverlauf der solaren Energieerzeugung etc.
- bildhafte Ergebnisdarstellung, wie Leuchtdichteverteilung an den Oberflächen, Temperaturschichtung im Raum (Abb. C.2.3), Isothermenverlauf in Bauteilen, lokale Luftgeschwindigkeiten im Raum etc.

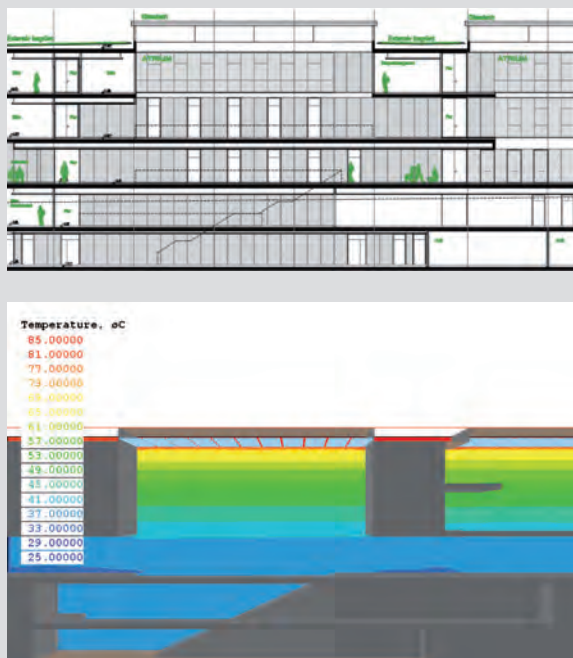


Abb. C.2.3: beispielhaftes Ergebnis der Strömungssimulation eines Atriums

entstehen Wärmebrücken, die neben erhöhten Wärmeverlusten vor allem zu niedrigen Oberflächentemperaturen und Feuchteschäden durch Kondenswasser führen können.

Eine lückenlose, dreidimensional umlaufende thermische Hülle ist das Ziel einer energieoptimierten Planung. Bei energetisch anspruchsvollen Konzepten, wie z. B. einem Passivhaus, ist eine komplett wärmebrückenfreie Konstruktion üblich. Dies ist bei Sanierungsprojekten im Bestand oftmals nicht oder nur mit unverhältnismäßigem Aufwand möglich. Hier lautet das Ziel, die in der Regel vorhandenen Wärmebrücken durch Dämmmaßnahmen oder konstruktive Eingriffe weitestgehend zu reduzieren (Abb. C.2.4).

Ergänzend zur thermischen Qualität wird in der Detailplanung z. B. durch gezielte Planung geeigneter Anschlüsse eine luftdichte Gebäudehülle konzipiert, um ungewollte Wärmeverluste und das Eindringen von Feuchtigkeit in die Konstruktion zu vermeiden. Als Grundlage sollte ein Luftdichtheitskonzept erstellt werden, das im Rahmen der Ausführungsplanung detailliert wird. Es ist empfehlenswert, die Ausführungsqualität anhand eines Luftdichtheits-tests (S. 162, INFOBOX Blower-Door-Test und Thermografie) zu überprüfen. Bei Maßnahmen im Bestand ist es sinnvoll, den Luftdichtheits-test vor und nach den Sanierungsarbeiten durchzuführen, um Ist- und Sollzustand vergleichen und die Qualität der ausgeführten Maßnahmen nachweisen zu können.

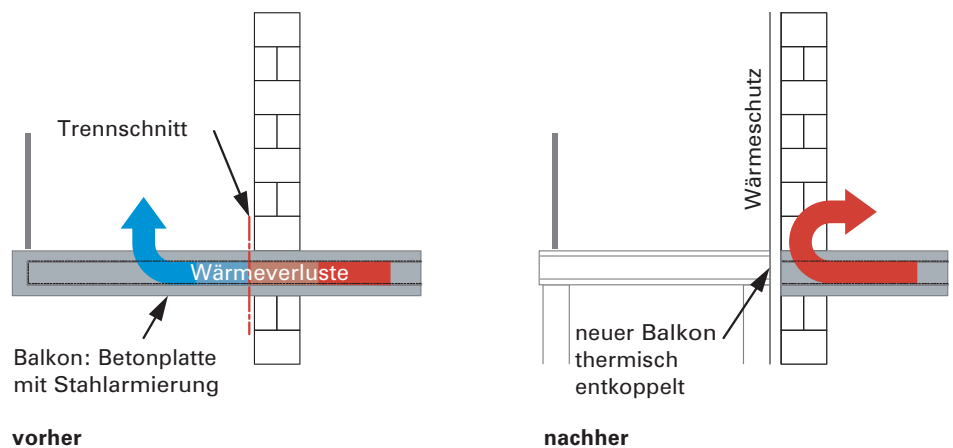


Abb. C.2.4: Beispiel Reduktion von Wärmebrücken in der Bestandssanierung

Transparente Bauteile

Da die transparenten Bereiche der Gebäudehülle im Allgemeinen eine deutlich schlechtere Dämmqualität als die opaken Bereiche aufweisen und regelmäßig große Flächenanteile in der Gebäudehülle einnehmen, ist bei der Wahl der Verglasungen vor allem auf folgende Aspekte zu achten:

- Eine hohe energetische Qualität (= niedriger U-Wert) wird durch Dreifachverglasungen mit Gasfüllung und thermisch optimiertem Randverbund erreicht ($U_g < 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$).
- Die Verglasung sollte gleichzeitig einen hohen Energiedurchlass (= hoher g-Wert, z. B. 0,55 bei Dreifachverglasung) zur Erhöhung der solaren Gewinne in der Heizperiode aufweisen.
- Eine gute Farbwiedergabe beeinflusst den Nutzerkomfort und den visuellen Komfort (hoher R_a -Wert).

- Neben der Glasfläche wirken sich der Rahmenanteil und die thermische Qualität von Rahmen und Öffnungsflügel auf die Wärmeverluste aus. Hier sind Rahmen mit geringen U-Wert ($U_f < 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) vorteilhaft, z. B. weisen Holzrahmen gegenüber Aluminiumrahmen in der Regel bessere Werte auf.

thermisch hochwertiger
Rahmen

Ergänzend zur Verglasung muss auch der Sonnenschutz konkretisiert werden. Die energetische Eigenschaft wird hier primär über den Energieabminderungsfaktor (f_c -Wert) dokumentiert. In Verbindung mit dem g-Wert der Verglasung kann der Gesamtenergiedurchlassgrad (g_{tot}) des transparenten Bauteils zur Überprüfung des sommerlichen Wärmeschutzes ermittelt werden. Im Idealfall sollte der Sonnenschutz so gestaltet sein, dass

Sonnenschutz

- er den Einlass der direkten Sonne im Winter ermöglicht und im Sommer verhindert,
- die Sichtbeziehungen nach außen auch bei aktiviertem Sonnenschutz gewährleistet,
- bei horizontalen Lamellensystemen beispielsweise der obere Bereich separat eingestellt werden kann und zusätzlich der Lichtlenkung dient.

Gebäudeintegrierte Solartechnik

Solartechnische Systeme sind zwar primär Komponenten der Gebäudetechnik, im Idealfall werden sie jedoch so integriert, dass sie auch Funktionen der Gebäudehülle übernehmen. Sowohl opake als auch transparente Bereiche der Gebäudehülle können durch Photovoltaik zur Stromerzeugung und durch Solarkollektoren zur Warmwassererzeugung und/oder Heizungsunterstützung genutzt werden. Beispiele hierfür sind opake Flächen in der Fassade, an Balkonbrüstungen, an Sonnenschutzelementen und Dächern. Photovoltaik kann zudem auch in transparente Fassaden- und Dachbereiche wie Wintergärten und Atriumdächer integriert werden (S. 75, Solare Aktivierung).

Mehrfachfunktion

Eine konstruktive Integration von Solartechnik kann bei der Gebäudehülle durch Entfall alternativer Bauteile Kosten einsparen und zugleich positiv zur gestalterischen Qualität des Gebäudes beitragen. Nach der grundsätzlichen Entwurfsentscheidung, solar aktivierte Flächen vorzusehen, besteht in der Ausführungsplanung die Herausforderung, eine technisch umsetzbare und gestalterisch hochwertige Lösung zu entwickeln. Dies ist vielfach nur möglich, wenn frühzeitig mit konkreten Produkten geplant wird und deren spezifische Eigenschaften dann explizit ausgeschrieben werden.

konstruktive Integration

C.2.3 Gebäudetechnik optimieren

Nach der grundsätzlichen Festlegung des technischen Systems zur Energieversorgung in der Entwurfsplanung werden in der Ausführungsplanung die Einzelkomponenten konkretisiert. Ziel der Planung ist eine unter Abwägung aller Planungsaspekte optimierte Gesamteffizienz der Anlagentechnik.

Typische Optimierungsansätze sind im Folgenden exemplarisch aufgeführt:

- Definition der Anforderungen an Komponenten der Wärme- und ggf. Kälteerzeugung für einen hohen Wirkungsgrad (z. B. COP-Wert bei Wärmepumpen)
- Minimierung der Leitungslängen und Optimierung der Dämmqualität für die Wärme- und ggf. Kälteversorgung im vertikalen und horizontalen Verlauf
- Anpassung der Vorlauftemperaturen an den Wärmeerzeuger durch geeignete Übergabesysteme (z. B. Fußbodenheizung mit geringen Vorlauftemperaturen bei Wärmepumpen)
- Bei maschineller Lüftung: Optimierung der Kanalführung, d. h. geringe Längen und große Querschnitte für geringen Druckwiderstand

technische Kennwerte

Leitungslängen

Vorlauftemperaturen

Druckverluste

Kennwert	Einheit	Aussage
COP (coefficient of performance)		Wirkungsgrad bei Wärmepumpen oder Kältemaschinen unter Normbedingungen; je größer, desto besser. Ein Wert von 4 bei Wärmepumpen bedeutet, dass mit 1 kWh Strom 4 kWh Wärme erzeugt werden können
JAZ (Jahresarbeitszahl)		analog zu COP, jedoch bezogen auf die mittlere Effizienz über ein Jahr im realen Betrieb inkl. Hilfsenergie
SFP (specific fan power)	Ws/m ³	Effizienz von Lüftungsgeräten; je geringer, desto besser; spezifischer Stromverbrauch, um eine bestimmte Luftmenge zu befördern
Luftwechselrate	1/h	dem Raum in einer Stunde zugeführte Frischluftmenge bezogen auf das Raumvolumen
Wärmerückgewinnungsgrad	%	Anteil der aus der Abluft zurückgewonnenen Wärme
Vorlauftemperatur	°C	maximal erforderliche Temperatur im Heizkreis (bzw. minimale im Kühlkreis), um die erforderliche Wärmeleistung im Raum abzugeben
Eigenverbrauchsquote	%	Anteil der direkt im Gebäude genutzten Energie im Verhältnis zur Gesamterzeugung, z. B. bei einer Photovoltaikanlage. Die Differenz wird in das öffentliche Netz eingespeist
Autarkiegrad	%	Anteil der selbst erzeugten Energie im Verhältnis zum Gesamtbedarf
spezifische Heizlast	W/m ²	maximal erforderliche Wärmeleistung zur Aufrechterhaltung der Solltemperatur
spezifische Kühllast	W/m ²	maximal erforderliche Kälteleistung (Wärmeabfuhr) zur Aufrechterhaltung der Solltemperatur

Abb. C.2.5: wichtige Kennwerte zur Optimierung der Energietechnik in der Ausführungsplanung

- Auswahl von Lüftungssystemen mit hoher Effizienz (z. B. SFP-Wert bei Lüftungsgeräten)
- Integration von Wärmerückgewinnung mit hoher Effizienz in Lüftungssysteme
- Auswahl von Leuchtmitteln mit hoher Effizienz, d. h. hohe Lichtausbeute bei geringem Stromverbrauch und langer Lebensdauer (z. B. LED-Systeme)
- Definition der Anforderungen an Solarsysteme mit hohem Wirkungsgrad
- Prüfung und Optimierung des Einsatzes von Speichersystemen zur Erhöhung des Eigenversorgungs- bzw. Autarkiegrades
- Vermeidung von Verschattungen solaraktiver Systeme durch technische Aufbauten und Elemente der Freiflächenplanung.

Steuerung/Regelung

i Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV): „Hinweise für Planung, Ausführung und Betrieb der Gebäudeautomation in öffentlichen Gebäuden“ www.amev-online.de

Weitere wichtige Optimierungspotenziale liegen in einer sorgfältigen Planung der Steuerungs- und Regelungssysteme. In der Praxis liegen hier oftmals wesentliche Gründe für einen ineffizienten Gebäudebetrieb. Meist sind zahlreiche unterschiedliche Kommunikationsstandards gebräuchlich, eine Übersicht gibt Abb. C.2.6. Im Rahmen der Ausführungsplanung muss die geplante Sensorik detailliert werden, wie z. B. Bewegungs- oder Präsenzmelder für Beleuchtung, CO₂-Sensoren für die Lüftungstechnik, Strahlungssensoren für die Steuerung des Sonnenschutzes. Es gilt hier, in Abhängigkeit von Gebäudegröße und Typologie sinnvoll abzuwägen – zwischen einer vollumfänglichen und mit hoher Detailtiefe ausgestatteten Gebäudeautomation mit hoher autonomer Funktionalität und Transparenz, aber auch entsprechend hoher Anzahl möglicher Fehlerquellen, und einem möglichst einfachen technischen System. Als Hilfestellung bei der Planung und Vergabe dienen ggf. die Hinweise des Arbeitskreises Maschinen- und



Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen. Grundsätzlich sind die Reduktion von technischen Komponenten und die Verwendung möglichst einheitlicher Kommunikationssysteme empfehlenswert.

In diesem Zusammenhang ist im Sinne der Qualitätssicherung in der Ausführungsplanung die Schaffung einer Grundlage für den späteren Gebäudebetrieb von großer Bedeutung. Neben der Planung von günstigen Randbedingungen für Reinigungs-, Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen ist auch die Entwicklung eines Monitoringkonzeptes empfehlenswert (S. 130, INFOBOX Monitoringkonzept).

Monitoring

Kommunikationsstandard	Erläuterung	typische Einsatzbereiche
KNX	Konnex-Bus, Weiterentwicklung der Feldbusse EIB, BatiBus und EHS	Heizungsregelung, Beleuchtung, Jalousien, Sicherheitstechnik
Modbus	Modbus TCP nach Norm IEC 61158	technische Komponenten
BACnet	Building Automation and Control networks	Heizungs-, Lüftungs-, Klimatechnik (Geräteüberwachung)
LON	Local Operating Network	technische Komponenten
EIB	europäischer Installationsbus nach EN 50090	Heizungsregelung, Beleuchtung, Jalousien, Sicherheitstechnik
SMI	Standard Motor Interface	elektrische Antriebe (z. B. Jalousien, Rolläden)
DALI	Digital Addressable Lighting Interface	Beleuchtung

Abb. C.2.6: beispielhafte Kommunikationsstandards in der technischen Gebäudeausrüstung und typische Anwendungsfälle

Ein Monitoring dient im Sinne der Qualitätssicherung der Überprüfung, ob die Komponenten der Gebäudetechnik und das Gesamtsystem der technischen Gebäudeausrüstung der geplanten Funktion und dem berechneten Energiefluss entsprechen. Ein umfassendes Monitoring schafft Transparenz über die Funktionsweise des Gebäudes und ermöglicht eine systematische Optimierung. Es dient nicht nur der ökologischen Bewertung, sondern liefert auch wichtige Hinweise zur Behaglichkeit und dient ggf. als Grundlage für ein Energiecontrolling, durch das ein wirtschaftlicher Betrieb sichergestellt wird (S. 179, E.2.1 Energiecontrolling organisieren).

Die Grundlage für eine systematische und aussagekräftige Überprüfung bildet zunächst ein Monitoringkonzept. Es wird im Idealfall analog zum Energiekonzept in einem interdisziplinären Prozess entwickelt und beschreibt Art und Umfang der Messdatenerfassung und Datenaufzeichnung. Das Monitoringkonzept wird meist vom Fachplaner für technische Gebäudeausrüstung im Zusammenhang mit der Planung der Gebäudeleittechnik (GLT) erstellt. Im Sinne einer Qualitätssicherung oder bei besonders hohen Anforderungen kann es ggf. sinnvoll sein, ein zusätzliches Unternehmen für die Konzeption und Durchführung des Monitoring einzubinden. Neben der technischen Umsetzung müssen auch die späteren Prozesse zur

Auswertung der Daten und ggf. die Kommunikation mit dem Betreiber des Gebäudes geklärt werden. Entscheidend für die geplante Auswertung sind die in der Ausführungsplanung definierten Vorgaben, da eine spätere Datenerfassung im Betrieb durch die Nachrüstung von Messtechnik oftmals nicht mehr oder nur mit erheblichen Mehrkosten möglich ist. Es sollte daher frühzeitig geklärt werden, welchen Zielen das Monitoring dienen soll und welcher Grad an Detailliertheit und technischer Ausstattung, an Sensorik und Systemen zur Datenaufzeichnung erforderlich ist. Eine Orientierung bietet hierfür die VDI 6041 „Technisches Anlagenmonitoring“. Wie in Abb. C.2.7 dargestellt, unterscheidet sie zwischen drei Arten des technischen Monitorings.

Anlagenmonitoring

Im Anlagenmonitoring stehen die Erfassung und Auswertung von Betriebszuständen einzelner technischer Komponenten im Fokus. Primäre Ziele sind die Überwachung und ggf. Korrektur der planmäßigen Funktionsweise sowie die Ermittlung der Effizienz der technischen Gebäudeausrüstung. Das Anlagenmonitoring ist insbesondere in der Phase der Inbetriebnahme von Bedeutung und kann im Anschluss zur dauerhaften Betriebsüberwachung eingesetzt werden. Die Bandbreite ist entsprechend der technischen Gebäudeausrüstung enorm und reicht von einer einfachen

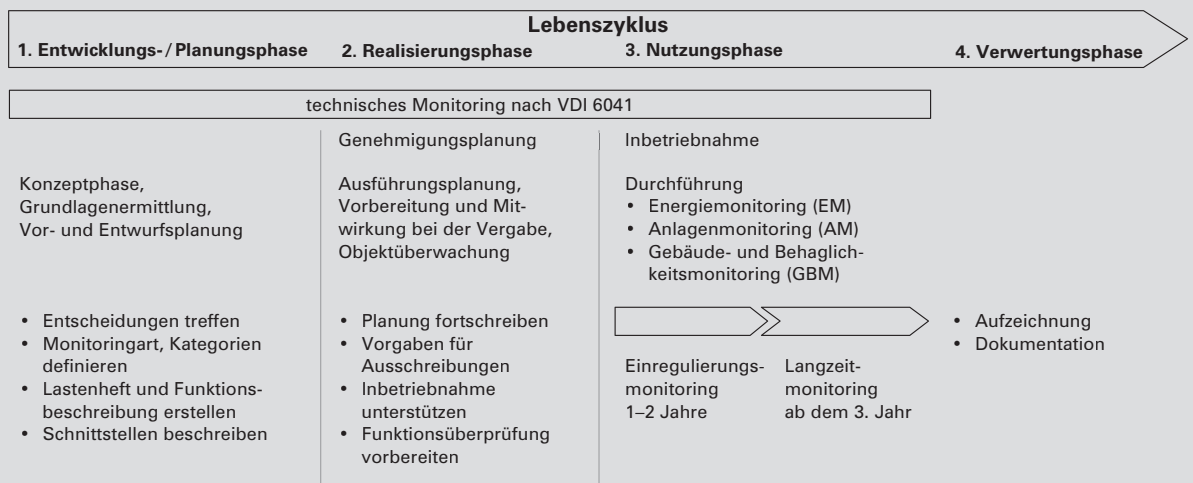


Abb. C.2.7: Teilaspekte eines Monitoringkonzeptes über die Leistungsphasen

Überprüfung der Heizkostenabrechnung bis zur komplexen, busbasierten und fernüberwachten Gebäudeleittechnik.

Energiemonitoring

Im Energiemonitoring sind im Gegensatz zum Anlagenmonitoring nicht die spezifischen Betriebszustände von Interesse, sondern die jeweiligen Verbräuche an Energie bzw. Energieträgern. Mit der Erfassung und Auswertung der Daten lässt sich überprüfen, ob der zuvor berechnete Energiebedarf oder die prognostizierten Energieerträge in der Praxis erreicht werden. Üblich ist bislang allein die Erfassung des Gesamtverbrauchs. Um bei abweichenden Daten hilfreiche Hinweise auf die Ursachen zu erhalten, sind meist zusätzliche Aufwendungen für ergänzende Messtechnik (z. B. Stromzähler nach Verbrauchergruppen, zusätzliche Wärmemengenzähler) erforderlich. Die Installation, die Datenerfassung und die Auswertung stellen Sonderleistungen dar, die sich je nach Gebäudegröße, energetischem Anspruch oder Zielsetzung in Art und Umfang individuell gestalten lassen. Für ein umfangreiches Energiemonitoring bietet der „Leitfaden für das Monitoring von Demonstrationsbauten“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie eine Hilfestellung.

Behaglichkeitsmonitoring

Die dritte Kategorie üblicher Monitoringmethoden fokussiert das eigentliche Ziel aller Energie- und Gebäudetechnikkonzepte: Das Behaglichkeitsmonitoring überprüft im Betrieb, inwiefern behagliche Innenraumbedingungen geschaffen und dauerhaft sichergestellt werden können. Es erfasst die wesentlichen Kennwerte bezüglich bauphysikalischer Parameter sowie Daten zum Nutzerverhalten. Dazu zählen beispielsweise Raumtemperatur, Raumluftfeuchte, CO₂-Konzentration oder Beleuchtungsstärke. Das Nutzerverhalten lässt sich beispielsweise über das Erfassen der Anwesenheit, die Einstellungen der Raumsolltemperatur, das Öffnen der Fenster oder den Kunstlichteinsatz abbilden. Im Idealfall ergänzt eine systematische Nutzerbefragung die reine Datenerfassung (S.178, INFOBOX Nutzerzufriedenheit). Diese Art des

Monitorings muss sensibel geplant und umgesetzt werden, da es sich insbesondere bezüglich des Nutzerverhaltens um sehr persönliche Daten handelt. In der Praxis geschieht ein umfangreiches Behaglichkeitsmonitoring daher meist im Zusammenhang mit Forschungsprojekten mit ausdrücklicher Zustimmung der Nutzer und sozialwissenschaftlicher Begleitung.

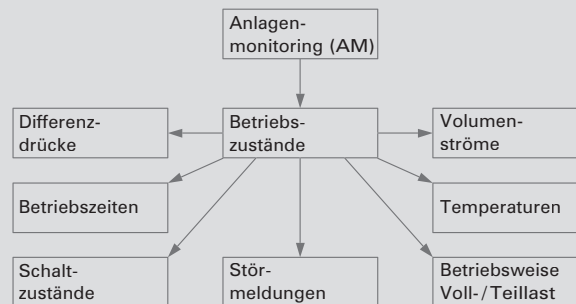


Abb. C.2.8: Kennwerte des Anlagenmonitorings

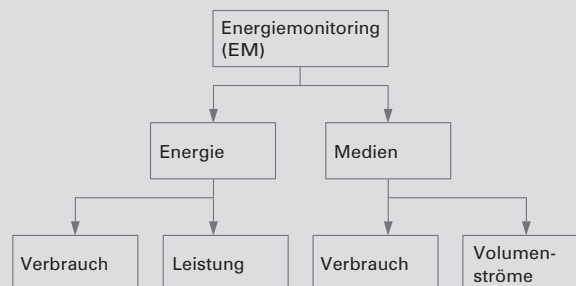


Abb. C.2.9: Kennwerte des Energiemonitorings

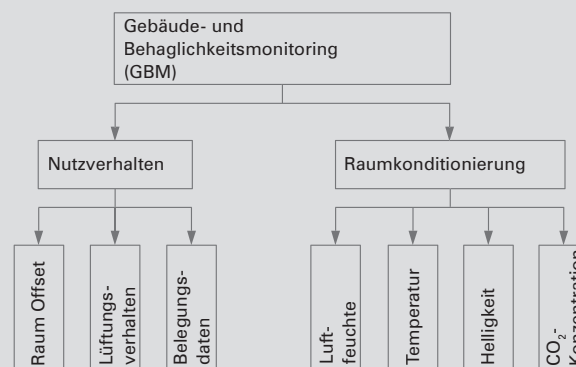


Abb. C.2.10: Kennwerte des Behaglichkeitsmonitorings

Nachhaltiger Materialumgang zielt auf die Ressourcenschonung und reduzierte Umweltwirkungen durch das Bauen ab. Übergeordnete oder gestaltprägende Materialentscheidungen sollten dazu bereits in der Entwurfsphase getroffen worden sein (S. 85, B.3 Ressourcenschonendes Materialkonzept entwickeln).

In der Ausführungsplanung gilt es nun, das Materialkonzept zu konkretisieren. Mit dem steigenden Detaillierungsgrad im Planungsverlauf sind die Material- und Konstruktionsentscheidungen hinsichtlich ihrer Wirkung im Lebenszyklus zu prüfen. Im Gegensatz zum Entwurf sind in der Werkplanung dabei weniger gestaltprägende, aber genauso wirksame Entscheidungen zu treffen. Die Einflüsse von Planungsentscheidungen auf Ressourcenverbrauch und Umweltwirkungen sind z. B. mittels Ökobilanz nachweisbar (Pkt. C.3.4 und S. 90, INFOBOX Ökobilanz).

Ziele der Planung sind eine ressourceneffiziente Herstellung (Pkt. C.3.1) und ein geringer Instandhaltungsaufwand in der Nutzungsphase des Gebäudes, ein reduzierter Reinigungsaufwand (Pkt. C.3.2), ein Um- und Rückbau mit Rückführung der Baustoffe in den Materialkreislauf (Pkt. C.3.3) sowie eine reduzierte Belastung lokaler Ressourcen wie Wasser (Pkt. C.3.5).

c.3.1 **Materialaufwand in der Konstruktion minimieren**

Durch die Konkretisierung der Materialien bis ins Detail lässt sich in der Ausführungsplanung erstmals die Ökobilanz des Gebäudes mit allen Bauteilen über den Lebenszyklus erfassen. Es gilt bei der Bauteiloptimierung z. B. materialsparend zu arbeiten, verstärkt Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen zu nutzen, die Baustoffe möglichst materialeffizient einzusetzen oder einen geringeren Instandhaltungsbedarf und bessere Recyclingmöglichkeiten der Materialien zu ermöglichen. Den Vergleich von individuellen Materialschichten, Bauteilen und Gebäudekonstruktionen im Projekt ermöglicht z. B. das öffentlich zugängliche Tool eLCA des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). Zunächst lassen sich aber übergeordnete Einflüsse auf die Ökobilanz überprüfen:

- Die generelle Minimierung von Anschlusspunkten (z. B. flächige Vorsatzwände statt einzelner Abkofferungen) und des damit einhergehenden konstruktiven Aufwands (z. B. der Verzicht auf verdeckte Regenrinnen) schlägt sich fast immer auch in geringeren Umweltwirkungen bei der Bauteilherstellung nieder und zeigt in der Regel auch in der Nutzungsphase einen reduzierten Bedarf in der Instandhaltung.
- Die horizontalen Bauteile der Tragkonstruktion bedingen größere Umweltwirkungen als die vertikale Lastabtragung. Entsprechend ist die Reduzierung der Deckenstärke (z. B. durch geringe Spannweiten) vorteilhaft in der Ökobilanz. Klassische Plattenbauteile erzeugen durch die statisch wenig relevante Bauteilmasse im Bauteilinneren erhöhte Materialaufwendungen, die mit steigender Spannweite überproportional zunehmen. Eine konstruktive Optimierung kann durch die Vergrößerung der statisch wirksamen Höhe etwa durch Durchlaufträger, Unterzugkonstruktionen, Hohlkästen oder Hohlkörperdecken erfolgen. Gerade bei Hallenkonstruktionen können solche Maßnahmen den Entwurf prägen.

i eLCA
www.bauteileditor.de

Vereinfachung der
 Konstruktion

Tragkonstruktion optimieren



- Bei der Technikintegration von Lüftungsleitungen und Leerrohren sollte darauf geachtet werden, dass diese möglichst nicht in den Auflagerbereichen der Decken angeordnet sind und so einen erhöhten Bedarf an Bewehrungsstahl als Sicherheit gegen Durchstanzen verursachen. Bei einachsiger weitgespannter Konstruktion eignet sich Technikintegration in Feldmitte auch zur Senkung der Eigenlast.
- Beim vorbeugenden baulichen Brand- und Schallschutz bedingen zusätzliche Materialschichten in der Regel höhere Umweltwirkungen. Kann z. B. bei einem Holztragwerk die Standfähigkeit im Brandfall trotz Abbrand von Teilen der Konstruktion nachgewiesen werden, so ergeben sich deutliche ökologische Vorteile gegenüber verkleideten Konstruktionen. Bei hohen Anforderungen an den Schallschutz erzielen im Normalfall Massivwände mit einer vorgesetzten, schwingungsfähigen Schale die ökologisch besten Ergebnisse.

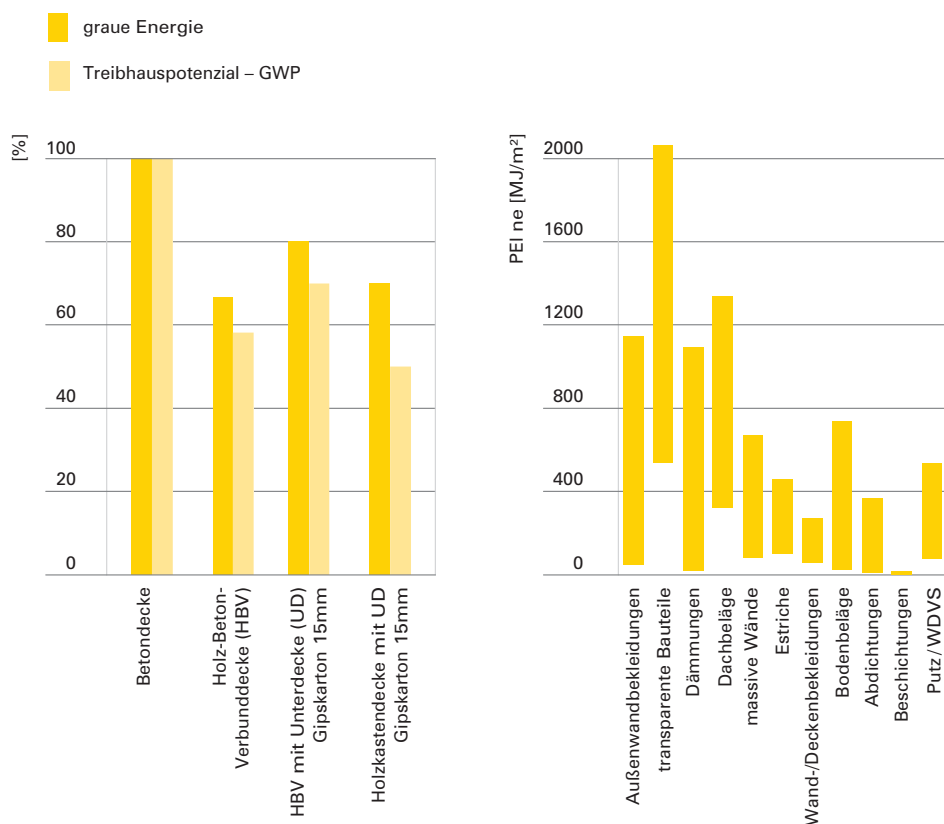


Abb. C. 3.1/ C.3.2: Beispiele für die Bedeutung einzelner Bauteile pro m² Bauteilfläche (Herstellung und end of life) für den Primärenergieinhalt nicht erneuerbar (PEI ne) sowie die exemplarischen Optimierungspotenziale bei der Umsetzung einer Deckenkonstruktion für die graue Energie und das Treibhauspotenzial

In der Ausführungsplanung bietet sich darüber hinaus auch die bauteilbezogene Optimierung an. Neben der besonderen Bedeutung der Tragkonstruktion (Abb. C.3.2; S. 94, B.3.12) sind auch Fassaden und Nutzoberflächen optimierbar (Abb. C.3.1). Hier eignen sich oft folgende Strategien:

- Die Erhöhung des Anteils nachwachsender Rohstoffe wirkt sich positiv auf die CO₂-Bilanz aus. Speziell der Ersatz von Elementen aus mineralischen Baustoffen durch Holz bietet Potenziale, wie die Wiederkehr des eigentlich aus dem 19. Jahrhundert stammenden Steinholz- und Hartsteinholzestrichs zeigt. Der Magnesiaestrich mit Holzanteil zeichnet sich u. a. durch hohe Druckfestigkeit, Luftfeuchteregulierung und Fußwärme aus. Ebenso können auch Trockenestriche (z. B. aus OSB-Platten) zum Einsatz kommen.

Nutzung langlebiger Materialien

Substitutions- und Recyclingbaustoffe verwenden

Nutzung hochleistungsfähiger Metalllegierungen

Mehrfachnutzen und Schichtreduktion

- Materialien, die ihre Funktion besonders lange erfüllen, reduzieren den Instandhaltungsbedarf. Um die damit meist einhergehenden geringeren Umweltwirkungen der Bauteile im Lebenszyklus zu erschließen, sollten diese nicht aufgrund der Nutzung, sondern nur aufgrund ihrer ablaufenden technischen Lebensdauer ausgetauscht werden. Langlebige Bauteile und hohe Nutzungsflexibilität widersprechen sich jedoch teilweise, da bei häufiger Umnutzung die Bauteile in der Regel nicht bis zum Ende ihrer technischen Leistungsfähigkeit genutzt werden können (S. 87, INFOBOX Materialkonzept). Gerade bei Gebäuden mit hohem Nutzungswandel (z. B. im Einzelhandel) lässt sich im Innenausbau der Vorteil einer dauerhaften Konstruktion kaum nutzen. Hier sollten eher austauschoptimierte Aufbauten zum Einsatz kommen.
- Marktgängige Sekundärrohstoffe (also Baustoffe aus anderen industriellen Prozessen und Abfallprodukten) bieten die Möglichkeit, Materialkreisläufe zu schließen und die Umweltwirkungen zu reduzieren. Das ist z. B. bei Betonelementen durch den Ersatz von konventionellem Portlandzement (CEM I) durch Lehm- und Kalkzumischungen (Puzollanzement CEM II) oder Flugasche (Hochofenzement CEM III) der Fall. Die massenmäßig größte Recyclingfraktion stellen dabei Beton- und Ziegelbruch als Schotterersatz (z. B. im Fundamentbereich) und Betonzuschlag dar. Weitere etablierte Sekundärrohstoffe sind Gips aus Rauchgasentschwefelungsanlagen von Kraftwerken, Altglas zur Herstellung von Glasschaumschotter, Altholz und Holzwerkstoffe oder Gummischrot zur Herstellung von Matten.
- Beim tragenden Einsatz von Stahl und Aluminium sollte die Verwendung hochfester Legierungen vom Statiker geprüft werden. Dabei wird ohne Nachteile durch sehr geringe Beimengungen von Legierungsmetallen die Festigkeit des Metalls stark erhöht. In Beispielprojekten lag die Reduktion der Umweltwirkungen bei bis zu 15%.
- Umweltwirkungen reduzieren sich in der Regel, wenn ein Bauteil gleichzeitig mehrere Funktionen erfüllt. Ein Terrazzoestrich dient gleichzeitig zur Lastverteilung und als Nutzoberfläche. Ein elastischer Bodenbelag kann die Schallentwicklung am Boden reduzieren, sodass eine weniger leistungsfähige Trittschalldämmung möglich wird. Ähnlich verhält es sich z. B. bei der Verwendung von Porenbeton oder hochdämmenden Ziegeln statt Kalksandstein als tragendes Material in Außenwänden. Dieser ermöglicht generell einen besseren U-Wert der Wand (bei ggf. vermindertem Schallschutz). Gerade wenn sich auf diese Weise die Anzahl der Schichten pro Bauteil verringert, ergeben sich meist umwelttechnische und wirtschaftliche Vorteile. Die größten Potenziale für ein Zusammenführen von verschiedenen Konstruktionen in einem Bauteil bieten Fassaden und Nutzoberflächen.

C.3.2 Instandhaltung und Reinigung optimieren

Um den Instandhaltungsaufwand zu reduzieren, können entweder der Umfang technischer Einbauten reduziert, die Belastung der einzelnen Bauteile gesenkt, die Resistenz der Bauteile gegen Belastungen verbessert oder Wartung und Austausch von Bauteilen erleichtert werden. Für Bauteile mit hohen Belastungen lässt sich zunächst durch Reduktion der Einflüsse der Belastungsgrad deutlich senken (z. B. Sauberlaufzone als Schutz vor abrasiven Partikeln, Scheuerschutz an Wänden für Reinigungsmaschinen, Kantenschutz bei vielumlaufenden Ecken in Fluren, Insektengitter vor Luftschlitzen, Dehnfugen).

Alternativ zu einer Strategie der Vermeidung lässt sich auch die Widerstandsfähigkeit der Bauteile gegenüber Umwelteinflüssen verbessern (z. B. Thermoholz für den Einsatz im Feuchtbereich, Entkalkungsanlage für Trink-

wasser, Graffitienschutz von Beton auf Wasserglas-Basis). Um den dadurch erhöhten Materialaufwand in der Herstellung zu rechtfertigen, sollte die „ökologische Investition“ auch langfristig nutzbar sein, das Gebäude also über eine lange Nutzungsperspektive verfügen. Hierbei bestehen folgende Möglichkeiten:

- Durch eine geeignete Materialwahl lässt sich beispielsweise die Widerstandskraft einer Bauteilschicht gegen Einflüsse erhöhen (z. B. Steinboden statt Parkett, Eichen- statt Fichtenschindeln). Dabei sollten auch jahreszeitlich bedingte Belastungen (z. B. Streusalzeinwirkung im Sockelbereich eines Gebäudes) überprüft werden.
- Größere Materialstärken können sich durch die erhöhte Festigkeit des Bauteils auf dessen Dauerhaftigkeit auswirken. Sie bewirken dabei eine Veränderung physikalischer Eigenschaften, z. B. verbesserten Widerstand gegen Verwindung (z. B. dickere Fassadenplatten als Schutz gegen Frostschäden). Bei Parkettböden kann eine angemessene Nuttschichtdicke eine höhere Anzahl an Schleifgängen in der Instandhaltung ermöglichen.
- Durch Oberflächenveränderung lassen sich spezifische Materialeigenschaften wie Feuchteaufnahme mindern (z. B. Verkieselung von mineralischen Oberflächen, Lasur). Bei Holz kann das jedoch das Wiederverwendungspotenzial senken, bei Beton führt hingegen ein Streichen mit einer Verkieselung zu einer robusteren und schadenstoleranteren Oberfläche mit gleichbleibenden Eigenschaften beim Recycling. Vorteilhaft sind dabei unempfindliche und reinigungsfreundliche Oberflächen.
- Falls nicht durch das Material selbst lösbar, können Beschichtungen die Dauerhaftigkeit des Bauteils erhöhen (z. B. Graffitienschutz, Holzlack).

Materialeigenschaften

Materialstärke

Oberflächeneigenschaften

Beschichtung

Instandhaltungsmaßnahmen lassen sich jedoch nicht generell vermeiden. Es gilt daher, die entsprechenden Maßnahmen vorauszudenken und in der Nutzungsphase einen einfachen Zugriff auf die jeweiligen Bauteile und Schichten zu gewährleisten. Gleichzeitig bietet die Instandhaltung die Möglichkeit, in der Nutzungsphase eines Gebäudes gestalterisch einzuwirken. Hilfreich für die spätere Bearbeitung sind dabei:

- Materialien, die in der Entsorgung als gefährliche Abfälle eingestuft werden, sind zu vermeiden. Als Beispiel kann hierbei das früher als Flammenschutzmittel in Kunstschaumdämmungen eingesetzte Hexabromcyclododecan (HBCD) gelten, das von der EU im Jahr 2016 als gefährlicher Abfall eingestuft wurde.
- In der Konstruktion der Regelbauteile sollte darauf geachtet werden, dass sich wenig dauerhafte Materialschichten mit geringem Aufwand ersetzen lassen. Die beste Lösung besteht darin, dass die einzelnen Bauteilschichten ohne eine feste Verbindung aneinander angrenzen. An der Fassade bieten etwa zweischalige hinterlüftete Fassaden mit leichter Vorsatzschale deutlich bessere Möglichkeiten des Austausches als z. B. eine Vormauerschale oder ein Wärmedämmverbundsystem. Ideal sind lose verlegte Bauteilschichten oder Schüttungen. Generell sind einfache Materialien und Produkte sowie eine geringe Anzahl an Sonderanfertigungen von Vorteil.
- Durch die Planung einer offenen Leitungsführung oder leicht zugänglichen Revisionsöffnungen zum Austausch technischer Komponenten können spätere Instandhaltungsmaßnahmen vereinfacht werden.
- Neben der Gewährleistung der Austauschbarkeit sollte in der Ausführungsplanung die Instandhaltung mit dem Gebäudebetreiber grob abgeprochen sowie für die Gebäudetechnik im Detail festgehalten werden. Wichtig ist dabei die Definition eines methodischen Vorgehens für den späteren Betrieb und die Instandhaltung (z. B. Betrieb mit lokalem Hausmeister/Wartungsverträge der ausführenden Firmen/frei vergebene Wartungsverträge/verfügbare Personen für Kontrollen). Eine Instandhaltungsplanung mit detaillierten Wartungs- und Instandhaltungsplänen für

gefährliche Abfälle

Austauschbarkeit von Bauteilen

Austauschbarkeit technischer Komponenten

Wartungs- und Instandhaltungsplanung

Bauteil	Lebensdauer Ø		Bauteil	Lebensdauer Ø		Bauteil	Lebensdauer Ø	
Fundament Beton	80–150	100	Abdichtung gegen nicht drückendes Wasser	30–60	40	Bodenaufbauten:		
Außenwände /-stützen:			Außenanstriche:			Böden unter Oberböden (Verbundestrich und Estrich auf Trennschicht)	60–100	80
Beton bewehrt, bewittert	60–80	70	Kalkfarbe	6–8	7	Estrich Verschleißboden: (Zement-, Hartstoff- und Gussasphaltestrich)	40–60	50
Naturstein bewittert	60–250	80	Kunststoffdispersionsfarbe	10–25	20	schwimmender Estrich	25–50	100
Ziegel, Klinker bewittert	80–150	90	Mineralfarbe	10–25	20	Schwimmboden Holz	40–50	45
Kalksandstein bekleidet	100–150	100	Öl- und Kunstharz	5–20	15	Bodenbeläge:		
Leichtbeton bekleidet	80–120	100	Imprägnierung auf Mauerwerk	15–25	20	Naturstein hart	80–150	100
Verfugung, Sichtmauerwerk	30–40	35	Imprägnierung auf Holz	10–20	15	Naturstein weich, Betonwerkstein, Kunststein	60–100	70
Stahl	60–100	80	Kunststoffbeschichtungen auf Beton	15–30	20	Hartholz, Keramik	50–70	60
Weichholz bewittert	40–50	45	Außenputze:			Weichholz	30–50	40
Weichholz bekleidet,	60–80	70	Zementputz, Kalkzementputz	20–50	40	PVC, Linoleum	15–25	20
Hartholz bewittert			Kunststoffputz	25–35	30	Textil	8–20	10
Hartholz bekleidet	80–120	100	WDVS	25–45	30	Versiegelung, Lack	8–10	8
Innenwände, Innenstützen:			Bekleidungen auf Unterkonstruktion:			Imprägnierungen, Öl, Wachs	3–5	4
Beton, Naturstein, Ziegel, Klinker, Kalksandstein	100–150	120	Naturstein, Schiefer-, Kunststeinplatten	60–100	80	Flachdachabdichtungen:		
Leichtbeton	80–120	100	Kupferblech	70–100	80	ohne Schutzschichten	15–30	20
Stahl	80–100	90	Faserzementplatten, Bleiblech	40–60	55	mit Schutzschichten (bekiest, begrünt)	20–40	30
Weichholz	50–80	70	Aluminium	50–100	60	Dachentwässerung:		
Hartholz	80–150	100	Zinkblech, Stahlblech verzinkt	30–60	45	Innenabläufe aus Edelstahl, Kunststoff, Guss	25–50	40
Dächer, Dachstühle:			Kunststoff	30–50	40	innen liegende Rinnen, Zinkblech, Kunststoff	20–30	25
Beton	60–80	70	Glas	40–70	50	Dacheindeckungen		
Stahl	60–100	80	Unterkonstruktion Edelstahl	80–120	100	geneigter Dächer:		
Holzdachstühle	80–150	120	Unterkonstruktion Stahl	30–60	45	Zinkblech	25–40	35
Leimbinder	40–80	50	Unterkonstruktion Holz	30–50	35	Faserzementwellplatten, kleinformatige Faserzementplatten	30–50	40
Nagelbinder	30–50	30	Sonnenschutz außen:			Dachziegel, Betondachsteine	40–60	50
Mauer-, Attikaabdeckungen, Fensterbänke außen:			feststehend aus Leichtmetall	50–100	60	Schieferplatten	60–100	70
Naturstein	60–150	80	beweglich, Aluminium oder Kunststoff	20–30	25	Kupfer	40–100	50
Klinker	80–150	90	Markisen	10–20	15			
Beton-, Betonfertigteil, Keramik, Fliesen, Kunststein	60–80	70						
Kupferblech	40–100	50						
Aluminium, Stahl verzinkt, Faserzement	30–50	40						
Kunststoff	15–30	20						
Zinkblech, Zementputz	20–30	25						

Abb.C.3.3: Dauerhaftigkeiten unterschiedlicher Materialien in Jahren

lösbare Verbindungen

- die verbauten TGA-Elemente – Sonderleistung der TGA-Planung nach HOAI – ermöglicht für die späteren Ausschreibungen, dass diese z. B. auch Wartungsverträge enthalten. Im Sinne der späteren Wartungsqualität und für Gewährleistungsfristen kann dies ebenso förderlich sein (S. 187, E.5.2 Wertstabilität sichern).
- Verbindungen sollten uneingeschränkt lösbar sein. Kraftschlüssige Verbindungen (z. B. Schrauben) sind dabei im Vergleich zu stoffschlüssigen Verbindungen (z. B. Kleben oder Schweißen) von Vorteil. Ebenso empfehlenswert ist die Reduktion der Verbindungen (z. B. durch reine Auflage von Trockenestrichen) sowie der Anzahl unterschiedlicher Füge-techniken. Je weniger unterschiedliche Baustoffe in einem Bauteil verwendet sind und je näher es dabei in allen seinen Bestandteilen der Werkstoffebene kommt (Abb. C 3.5), desto geringer ist die Bedeutung des zerstörungsfreien Rückbaus und desto wichtiger wird die Verträglichkeit von Baustoffen und Fugemitteln für das werkstoffliche Recycling.

Reinigungsaufwand

Der Reinigungsaufwand ist, vor allem für größere Projekte, sowohl ökologisch als auch ökonomisch von erheblicher Bedeutung. Damit ist er gerade bei Bodenbelägen und Fassaden auch ein wichtiger Aspekt bei der Vertiefung des Materialkonzepts. Seine Optimierung hat die größten Wirkungen innerhalb der Lebenszykluskosten, ist jedoch stark von den angestrebten Hygieneanforderungen und Reinigungszyklen des Objekts abhängig (S.150, C.5.2 Reinigung). Referenzwerte für die Planung sind z. B. im BNB Kriterium

2.1.1 hinterlegt. Der Reinigungsaufwand kann über die Reduzierung der grundsätzlichen Ansprüche oder durch die Nutzung effizienter maschineller Verfahren optimiert werden.

↓ BNB Kriterium 2.1.1
„Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus“

C.3.3 Recycling vorbereiten

Der Kreislaufgedanke ist ein elementarer Bestandteil der Nachhaltigkeit. Nach der Gebäudenutzung sollten die Baustoffe in den Materiallebenszyklus zurückgeführt werden. Das Ziel der Kreislaufwirtschaft ist z. B. in der Abfallrahmenrichtlinie der EU festgeschrieben und sieht für das Jahr 2020 eine Recycling- und Verwertungsquote von 70% in Europa vor. In Deutschland werden solche Quoten bisher bei Metallen, Flaschenglas und Papier erreicht. Andere Materialgruppen wie Holz und Kunststoffe bieten technisch ähnliche Potenziale zur Trennung und Verwertung, die aber bisher noch nicht ausreichend genutzt werden.

Das deutsche Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) unterscheidet dabei zwischen Wiederverwendung (Nutzung vorhandener Bauteile) und Wiederverwertung (Aufbereitung zu einem neuen Rohstoff) (Abb. C 3.4). Die Optimierung von Bauteilen für die Instandsetzung durch zeitliche Abstimmung der Austauschzyklen aller Schichten legt eine wichtige Grundlage für das Recycling. Sie bestimmt die recycelbaren Einheiten. So sind z. B. bei Fassaden die Lebensdauer von Rahmen und Paneelen, Glas, Dichtsystemen, Verklottungsmaterialien, Bändern und Verschraubungen in Einklang zu bringen. Ebenso wirksam sind hierbei die eingesetzten – möglichst reversiblen – Verbindungstechniken (S. 151, C.5.2 Instandhaltung). In der Ausführungsplanung können dabei unterschiedliche Aspekte thematisiert werden:

- Nur wenn zeitgleich entsprechende Materialmassen für ein Recycling zur Verfügung stehen, wird sich dieses auch lohnen. Größere Materialmengen lassen sich durch die Reduktion der Baustoffvielfalt im Gebäude oder durch die bewusste recyclinggerechte Fügung von Baustoffen in einzelnen Bauteilen erzielen (z. B. Zementestrich im Bodenaufbau bei einer Stahlbetonverbunddecke) (Abb. C.3.5).

↓ Kreislaufwirtschaftsgesetz, KrWG

Reduktion der Materialvielfalt

	Beseitigung	Verwertung			↑ Hochwertigkeit/ Ressourceneffizienz der Verwertung
		geringes Potential	mittleres Potential	hohes Potential	
Wiederverwendung des Bauteils	-	Bauteil, das technisch noch funktionsfähig ist, aber nicht dem Stand der Technik entspricht	Bauteil, dass die technischen /gesetzlichen Anforderungen für Bestandsgebäude erfüllt	Bauteil, dass die technischen /gesetzlichen Anforderungen für Neubauten erfüllt	
stoffliches Recycling	technisch möglich, aber nicht wirtschaftlich; Down-cycling	zu hochwertigem Baustoff mit geringem Marktwert	zu hochwertigem Rohstoff mit hohem Marktwert	zu technisch/wirtschaftlich vergleichbarem Produkt	
thermische Verwertung	nach Aufbereitung	in Abfallverbrennungsanlage; niedriger Brennwert	in größeren Anlagen unproblematisch; mittlerer Brennwert	verursacht keine abfallspezifischen Schadstoffe; hoher Brennwert	
Ablagerung (Deponie)	auf Massenabfall- oder Reststoffdeponie Emissionen möglich	auf Baurestmassendeponie, aber nicht unproblematisch	auf Baurestmassendeponie bzw. Inertstoffdeponien	Kompostierung bzw. Vererdung	

← Verwertungspotential →

aus ökologischer Sicht ■ gute ■ gute bis akzeptable □ akzeptable ■ schlechte Verwertungsmethode

Abb. C.3.4: Hierarchiestufen der Wiederverwendung und des Recyclings von Bauteilen und Baustoffen

i BNB Kriterium 4.1.4 „Rückbau, Trennung und Verwertung“

- Ideal ist die Verwendung von „Monostoff“-Bauteilen – also Bauteilen aus einem sortenreinen Grundstoff. Eine sortenreine Zusammensetzung kann spätere Recyclingprozesse erleichtern (so lässt sich z. B. heute ein mit Perlite gefüllter, dämmender Ziegel nach der Nutzung zu Ziegelbruch weiterverarbeiten, ein mit Mineralwolle gefüllter jedoch bisher nicht). Bei nicht trennbaren Konstruktionen sollten möglichst Baustoffe eingesetzt werden, die im Recyclingprozess miteinander verträglich sind. Als besonders große Recyclingfraktion ist dabei für Beton ein Verbund mit Gips(-Putz) möglichst zu vermeiden.
- Zentral bei der Umsetzung von Recycling ist die Wertigkeit des Materials bzw. der Ressourcenwert des aus diesem Rohstoff hergestellten Produktes. Insbesondere alle hochwertigen, gezielt und gut nutzbaren Baustoffe für technisches Recycling sollten zurückgewonnen werden können (z. B. Kunststoffe). Förderlich ist in diesem Zusammenhang eine Modularisierung, bei der eine entsprechende Anzahl gleicher Bauteile mit gleicher Lebensdauer eingebaut wird.

Als Grundlage ist ein Konzept zur Wiederverwendung oder zum Recycling von Bauteilen des Gebäudes hilfreich. Eine mögliche Vorgehensweise für die Darstellung anhand eines Bauteilkatalogs ist dabei im BNB Kriterium 4.1.4. beschrieben. Es kann in der Folge als Grundlage und Leitlinie für die konstruktive Durcharbeitung in der Detailentwicklung dienen, für neue Bauteile Recyclingempfehlungen bündeln und später um Instandhaltungs- und Wartungsplanungen ergänzt werden.

Hauptbestandteil (Überschusskomponente)

Nebenbestandteil	Beton	Stahl	Flachglas	Gips	Holz (unbehandelt)	Kunststoff (Schaum)
Beton	Monostoffbauteil	gut separierbar, Recyclingtechnologie für Stahl und Beton vorhanden	kaum separierbar, keine Recyclingtechnologie vorhanden	kaum separierbar, keine Recyclingtechnologie vorhanden	schwer separierbar, Downcyclingtechnologien vorhanden	kaum separierbar, keine Recyclingtechnologien vorhanden
Stahl	gut separierbar, Recyclingtechnologie für Stahl und Beton vorhanden	Monostoffbauteil	gut separierbar, Glas rezyklierbar (nur eingeschränkt wieder als Flachglas)	separierbar, Recyclingtechnologien für Gips und Stahl vorhanden	gut separierbar, Recyclingtechnologien für Stahl und Beton vorhanden	separierbar, kaum Recyclingtechnologien vorhanden
Flachglas	schwer separierbar, nur Downcycling möglich	gut separierbar, Recyclingtechnologien für Stahl und Glas vorhanden	Monostoffbauteil	kaum separierbar	separierbar, eingeschränkt Downcyclingtechnologien vorhanden	separierbar, kaum Recyclingtechnologie vorhanden
Gips	Gips ist ein Störstoff im Betonabbruch, nur sehr geringe Mengen zulässig wegen Sulfatreiben	gut separierbar, Recyclingtechnologien für Stahl und Gips vorhanden	kaum separierbar, keine Recyclingtechnologie vorhanden	Monostoffbauteil	schwer separierbar, Gips stört stoffliches Recycling und Verbrennen	schwer separierbar, keine Recyclingtechnologie vorhanden
Holz (unbehandelt)	kleine, stark verschmutzte Holzteile sind mitunter schwer trennbar; großformatige Holzreste sind unproblematisch	gut separierbar, Recyclingtechnologien für Stahl und Holz vorhanden	teilweise separierbar, Holz ist Störstoff in Glasproduktion, Downcycling möglich	schwer separierbar, eingeschränkte Technologien vorhanden	Monostoffbauteil	separierbar, kaum Recyclingtechnologie vorhanden
Kunststoff (Schaum)	schwer separierbar, bei sehr geringem Kunststoffanteil Downcycling möglich	teilweise trennbar, Kunststoff verbrennt beim Einschmelzen	teilweise separierbar, Kunststoff schmilzt im Produktionsprozess, Downcycling möglich	schwer separierbar, keine Technologien zum Recycling vorhanden	schwer separierbar, Kunststoff stört stoffliches Recycling, nur Verbrennen möglich	Monostoffbauteil

verträglich, gut rezyklierbar
 eingeschränkt verträglich, Downcycling möglich
 unverträglich, kein Recycling möglich

Abb. C.3.5: Verträglichkeit unterschiedlicher Materialchargen für das Recycling



C.3.4 Bauteile integral optimieren

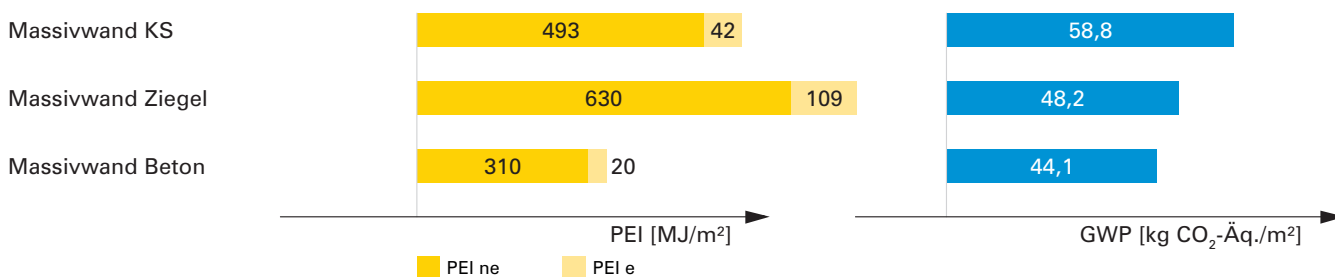
Integrale Optimierung heißt auf Bauteilebene, funktionale, ökologische und gesundheitliche Vor- und Nachteile gegeneinander abzuwägen und damit belastbare Entscheidungen zu ermöglichen.

In den folgenden Grafiken werden beispielhaft für verschiedene Bauteile Optimierungspotenziale dargestellt (blau markierte Flächen). Exemplarisch sind auch die Umweltwirkungen von einzelnen Konstruktionen im Vergleich aufgezeigt, um als Entscheidungshilfe in der Planung zu dienen. Unter den Grafiken sind dabei jeweils die untersuchten Aufbauten im Detail aufgeführt.

Wand	hohes Optimierungspotential	weitere wirksame Maßnahmen
	<ul style="list-style-type: none"> • Konstruktion mit einer schwingenden Schale bei erhöhten Schallschutzanforderungen • Umweltwirkung und Dauerhaftigkeit evtl. genutzter Bekleidungsmaterialien 	<ul style="list-style-type: none"> • Nutzungsflexibilität und Rückbaubarkeit • Überlagerung von Schallschutz und Tragstruktur

beispielhafte Aufbauten [1 m²] während Herstellung, Instandhaltung und Rückbau; Betrachtungszeitraum: 50 a

tragende Wände gleicher Schallminderung (52 dB)

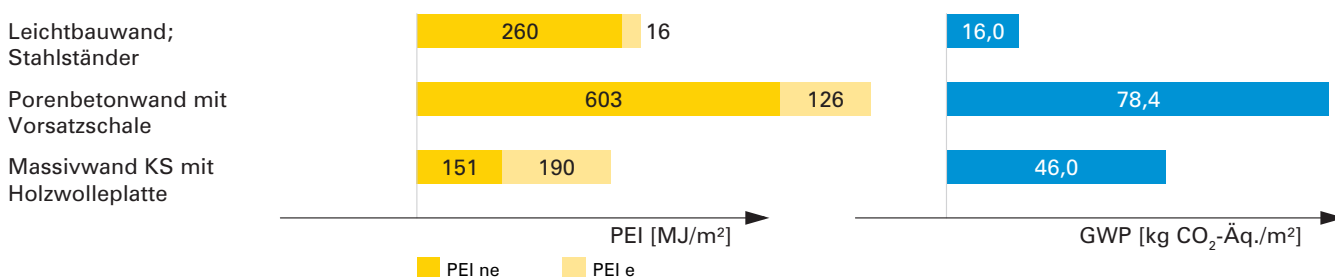


Massivwand Kalksandstein; 380 kg (32 cm): Gipsputz (1 cm); Kalksandstein (30 cm); Dünnbettmörtel; Gipsputz (1 cm)

Massivwand Ziegel; 380 kg (26 cm): Gipsputz (1 cm); Vollziegel (24 cm); Dünnbettmörtel; Gipsputz (1 cm)

Massivwand Beton; 1 % Bewehrung (23 cm): Gipsputz (1 cm); Beton (21 cm); Stahlbewehrung; Gipsputz (1 cm)

nicht tragende Wände gleicher Schallminderung (52 dB)



Leichtbauwand; Stahlständer CW 75-06 (12,5 cm): 2x Gipsplatte (2,5 cm); Mineralwollgedämmung (6 cm); Stahlständer (7,5 cm); 2x Gipsplatte – GK (2,5 cm)

Porenbetonwand mit Vorsatzschale (30,25 cm): Gipsputz (1 cm); Porenbeton P6 (20 cm); Bauholz (8 cm) mit eingelegter Mineralwolle (6 cm); GK (1,25 cm)

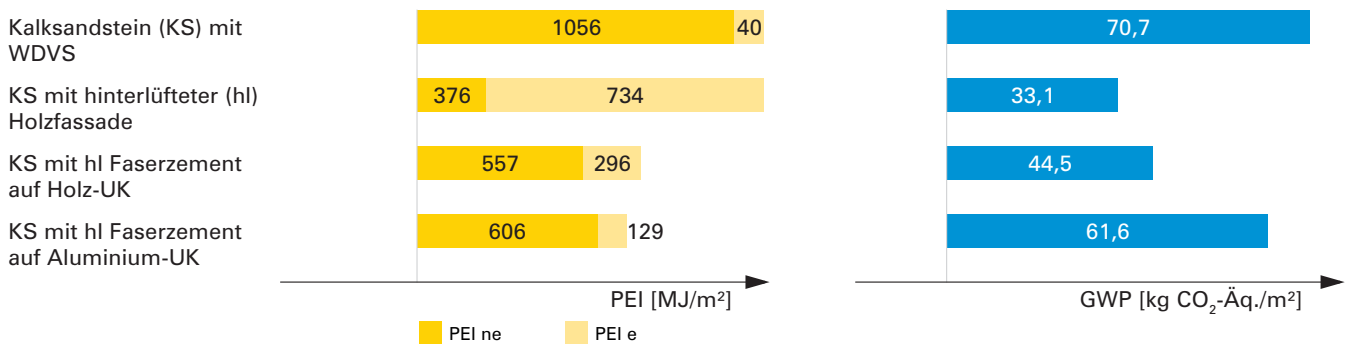
Massivwand KS mit Holzwolleplatte (25,5 cm): Gipsputz (1 cm); Kalksandstein (13 cm); Bauholz (8 cm); harte Holzfaslerplatte (2,5 cm); Gipsputz (1 cm)

Abb. C.3.6: Optimierungspotenziale zur Ressourcenschonung bei Wänden

Fassade	hohes Optimierungspotential	weitere wirksame Maßnahmen
	<ul style="list-style-type: none"> • Dauerhaftigkeit • thermische Optimierung • Gewichtsreduktion der Vorsatzschale 	<ul style="list-style-type: none"> • Optimierung von Anschlüsse und Detailsausbildung • reversible Fassadenkonstruktion • Einbindung des Dämmstoffs in die Gesamtkonstruktion

beispielhafte Aufbauten [1 m², U-Wert 0,2 W/(m²K)] während Herstellung, Instandhaltung und Rückbau; Betrachtungszeitraum: 50 a

Dämmaufbau auf gleicher tragender Wand



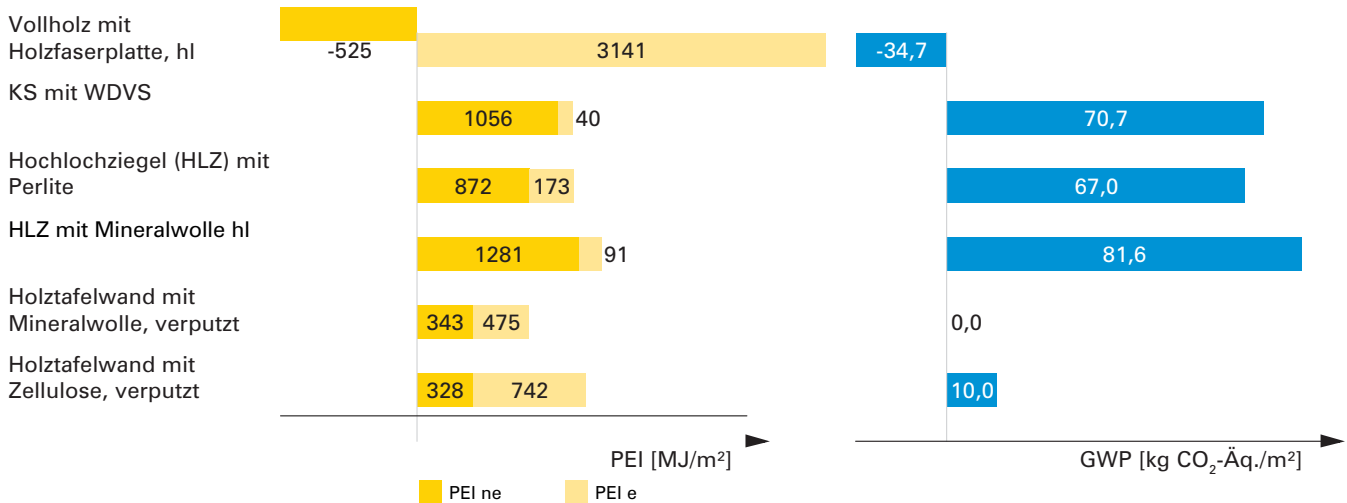
Kalksandstein mit WDVS: Gipsputz (1 cm); Kalksandstein im Dünnbettmörtel (15 cm); WDVS inkl. Dübel und Putz (16 cm)

Kalksandstein mit hinterlüfteter Holzfassade: Gipsputz (1 cm); Kalksandstein im Dünnbettmörtel (15 cm); Holzträger (18 cm); Mineralwolle (18 cm); PE-Folie; Holzlattung (5,4 cm); Holzschalung Lärche (2,4 cm, Austausch nach 30 a)

Kalksandstein mit hinterlüftetem Faserzement auf Holz-UK: Gipsputz (1 cm); Kalksandstein im Dünnbettmörtel (15 cm); Holzträger (18 cm); Mineralwolle (18 cm); PE-Folie; Holzlattung (5,4 cm); Faserzementplatte (1,2 cm)

Kalksandstein mit hinterlüftetem Faserzement auf Aluminium-UK: Gipsputz (1 cm), Kalksandstein im Dünnbettmörtel (15 cm); Aluminium-Unterkonstruktion (18 cm); Mineralwolle (16 cm); PE-Folie; Faserzementplatte (1,2 cm)

Wandkonstruktionen



Vollholz mit Holzfaserplatte, hinterlüftet: Konstruktionsvollholz KVH (18 cm); Holzfaserdämmplatte (14 cm); Dämmschutzbahn (0,03 cm); Holzlattung (2,4 cm); Holzschalung (2,4 cm)

Kalksandstein mit WDVS (31 cm): Gipsputz (1 cm); Kalksandstein (15 cm, im Dünnbettmörtel); WDVS inkl. Dübel und Putz (16 cm)

Hochlochziegel mit Perlite (52 cm): Gipsputz (1 cm); Hochlochziegel (47 cm, im Dünnbettmörtel); Normalputz (1,5 cm)

Hochlochziegel mit Mineralwolle und Hinterlüftung: Gipsputz (1 cm); Hochlochziegel (24 cm, im Dünnbettmörtel); Mineralwolle (16 cm); Vormauerziegel (NF) mit Metallankern und Schienen (11,5 cm)

Holztafelwand mit Mineralwolle, verputzt (30 cm): Gipskartonplatte - GK (1,25 cm); OSB-Platte (1,9 cm); Holzständer mit Mineralwolle (18 cm); Putzträgerplatte (1,9 cm); Normalputz (1,5 cm)

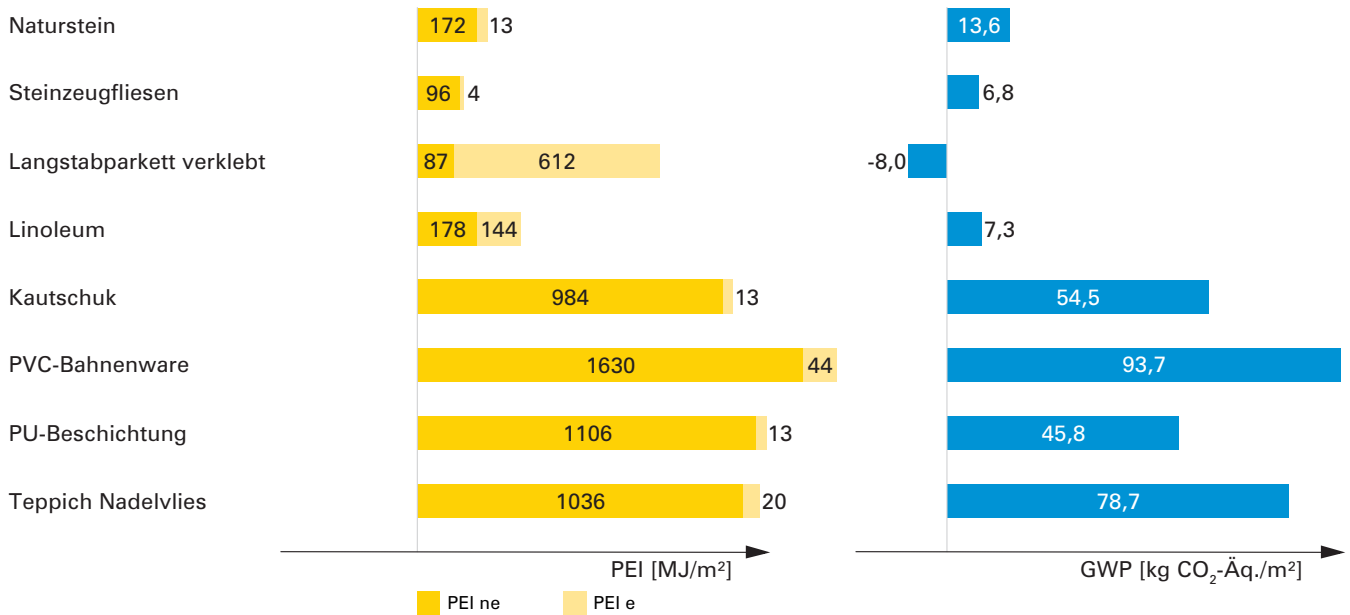
Holztafelwand mit Zellulose, verputzt (30 cm): GK (1,25 cm); OSB-Platte (1,9 cm); Holzständer mit Zellulose (18 cm); Putzträgerplatte (2 cm); Normalputz (1,5 cm)

Abb. C.3.7: Optimierungspotenziale zur Ressourcenschonung bei Fassaden

Boden	hohes Optimierungspotential	weitere wirksamen Maßnahmen
	<ul style="list-style-type: none"> • Material der Nutzoberfläche • Dauerhaftigkeit der Nutzoberfläche • Senkung des Reinigungsaufwands 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzierung der mechanischen Beanspruchung • Pflegeleichtigkeit der Oberfläche • Revisionierbarkeit der Einzelschichten • Material der Trennlage

beispielhafte Aufbauten [1 m²] während Herstellung, Instandhaltung und Rückbau; Betrachtungszeitraum: 50 a

Nutzoberflächen



Naturstein: Kalksteinplatten 30,5 x 30,5 cm (1 cm); Fugen, Mörtelgruppe II, 2% Flächenanteil (0,9 cm); Dünnbettmörtel (0,3 cm)

Steinzeugfliesen: Steinzeugplatte, 30 x 60 cm (0,8 cm); Fugen, Mörtelgruppe III, 2% Flächenanteil (0,7 cm); Dünnbettmörtel (0,3 cm)

Langstabparkett verklebt: Holzöl; Nuttschicht Eiche (2,25 cm); Acrylatdispersion

Linoleum: Linoleumbahn (0,25 cm); Acrylatdispersion (0,4 kg)

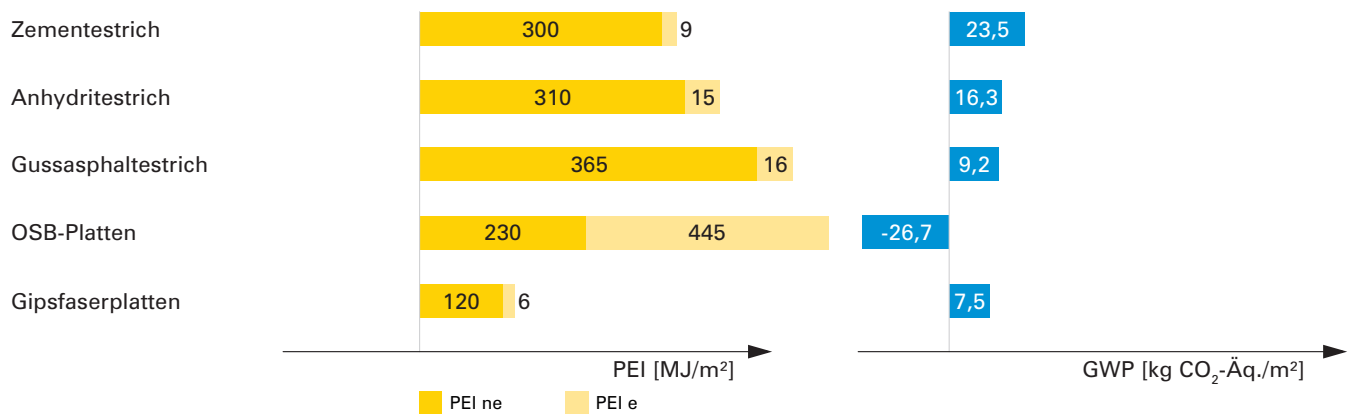
Kautschuk: Kautschukbahn (0,2 cm); Acrylatdispersion (0,4 kg)

PVC-Bahnenware: PVC-Bahnenware (0,225 cm); Nuttschicht 0,07 cm mit Glasarmierung; Acrylatdispersion (0,4 kg)

PU-Beschichtung: Polyurethanbeschichtung (0,25 cm)

Teppich Nadelvlies: Nadelvlies (2 cm); Acrylatdispersion (0,4 kg)

Estriche



Zementestrich (d = 7,5 cm): Zement (5,5 cm); Trennlage PE-Folie (0,01 cm); Mineralwolle 25-5 (2 cm)

Anhydritestrich (d = 6 cm): Anhydrit (4,0 cm); Trennlage PE-Folie (0,01 cm); Mineralwolle 25-5 (2 cm)

Gussasphaltestrich (d = 5,25 cm): Gussasphalt (3,0 cm); Rippenpappe (0,25 cm); Mineralwolle 25-5 (2 cm)

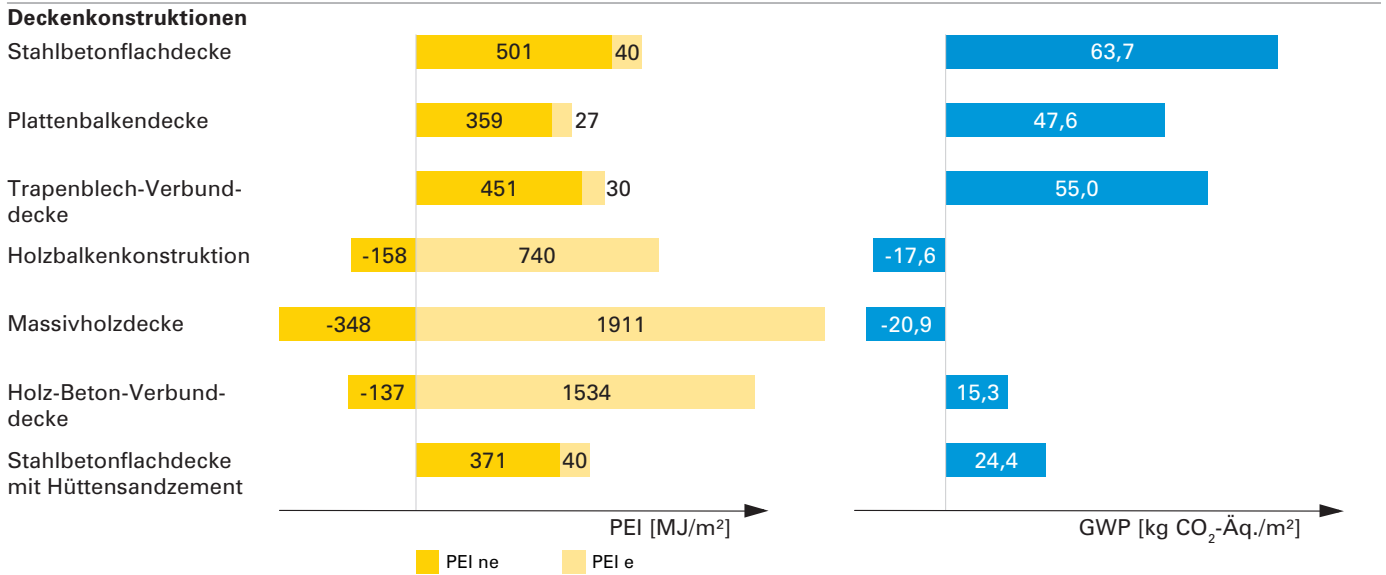
OSB-Platten (d = 5,2 cm): OSB 2x 16 mm (3,2 cm); Mineralwolle 25-5 (2 cm)

Gipsfaserplatten (d = 4,5 cm): Gipsfaserplatte (2,5 cm); Mineralwolle 25-5 (2 cm)

Abb. C.3.8: Optimierungspotenziale zur Ressourcenschonung bei Böden

Decken	hohes Optimierungspotential <ul style="list-style-type: none"> • Material in Zugzone • Zusammenspiel von Tragstruktur und Deckenkonstruktion 	weitere wirksamen Maßnahmen <ul style="list-style-type: none"> • Reduzierung von Spannweiten • Optimierung der statischen Höhe • Reduzierung der Brandschutzanforderungen
---------------	---	---

beispielhafte Aufbauten [1 m²] in den Lebenszyklusphasen Herstellung, Instandhaltung und Rückbau; Betrachtungszeitraum: 50 a



Stahlbetonflachdecke: Beton (20 cm; Stahleinlage 2%); Putz (0,5 cm)

Plattenbalkendecke: Beton (12 cm, Stahleinlage 1%) auf 15% der Deckenfläche; Betonträger (20 cm, Stahleinlage 5%)

Trapeblech-Verbunddecke: Beton (16 cm, Stahleinlage 2%); Stahlblech (0,07 cm)

Holzbalkenkonstruktion: OSB-Platte (1,9 cm); Holzbalken (20 cm) über 10% der Deckenfläche, Mineralwolle (20 cm); OSB-Platte (1,9 cm); GK-Platte (1,25 cm)

Massivholzdecke: Leimholz (18 cm)

Holz-Beton-Verbunddecke (Betonplatte auf Massivholz): Beton (10 cm, Edelmetallstahleinlage 0,5%); Leimholz (14 cm)

Stahlbetonflachdecke mit Hüttensandzement (ca. 80%): Beton CEM IIIb (20 cm, Stahleinlage 2%)

Abb. C3.7: Optimierungspotenziale zur Ressourcenschonung bei Decken

Optimierung der Gebäudetechnik

Beim Vergleich von Bauteilalternativen ist zur Bewertung immer ein konstruktives Anforderungsprofil (z. B. Traglast, Brandschutz, U-Wert, Schallschutz) zu erstellen. Es sollte dabei folgende Aspekte über den gesamten Lebenszyklus enthalten:

- Einflüsse auf das Bauteil (z. B. Belastung wird stark durch den Nutzer, Umwelteinflüsse, etc. bestimmt)
- materialtechnische Potenziale (z. B. Dauerhaftigkeit kann durch Beschichtung gesteigert werden)
- konstruktive Abhängigkeiten (z. B. Schicht 1 muss bei Austausch von Schicht 2 entfernt werden)

So werden in der Folge bauteilbezogene Optimierungspotenziale sowie ökologische Baustoffalternativen für funktionale Schichten sichtbar.

C.3.5 Trinkwasserbedarf und Abwasser reduzieren

Zum Schutz der Ressource Trinkwasser sollte in der Ausführungsplanung der zukünftige Trinkwasserbedarf ermittelt und planerisch optimiert werden. Eine Unterstützung bietet dazu z. B. das BNB Kriterium 1.2.3 „Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen“ mit einer Berechnungshilfe zur Ermittlung und Optimierung des Trinkwasserbedarfs. Dazu eignen sich insbesondere folgende Ansätze:

1 BNB Kriterium 1.2.3 „Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen“



- Wassersparende Armaturen, Vakuumtoiletten und wasserlose Urinale bieten technische Möglichkeiten zur Senkung des Wasserbedarfs. Bei beiden Technologien muss jedoch die Eignung der lokalen Abwassertechnik geprüft werden. In hochfrequentierten Bereichen ist die Nutzung von Sensortechnik (z. B. Handerkennung bei Waschbecken) sinnvoll. Eine weitere Möglichkeit bieten Armaturen mit Durchlaufbegrenzung, die einen sparsamen Wasserverbrauch unterstützen. Das europäische Wasserverbrauchs-Klassifizierungssystem Well (Water Efficiency Label) bewertet Armaturen hinsichtlich ihrer Wasser- und Energieeffizienz und ermöglicht einen herstellerneutralen Vergleich (z. B. der Durchflussmengen).
- Soweit noch nicht in der Entwurfsphase erfolgt, sollten die Möglichkeiten der lokalen Versickerung überprüft und in der Konzeption der Gebäudeentwässerung berücksichtigt werden (S. 97, B.3.4 Umweltinventar schonen). Wird Niederschlag nicht sofort in die Kanalisation sondern in lokale Versickerungsflächen geleitet, kann diese bei einem Starkregenereignis länger ihre Funktion aufrechterhalten. Darüber hinaus sollten für wasserführende Schichten des Gebäudes und des Außenraums möglichst niedrige Abflussbeiwerte C erzielt werden (Abb. C.3.7), um eine hohe Rückhaltung von Niederschlägen zu ermöglichen. Vorteilhaft sind dabei an Gebäuden z. B. Kiesschüttdächer oder Dachbegrünungen mit hohem Konstruktionsaufbau. Im Außenraum sollte der Einsatz von wasserdurchlässigen Bodenbelägen oder Pflaster mit hohem Fugenanteil angestrebt werden.
- Der Ersatz von Trinkwasser durch Regenwasser mittels lokaler Speicherung (etwa über eine Zisterne) kann für unterschiedliche Nutzungen (z. B. Gartenbewässerung, Toilettenspülung, Waschmaschinennutzung) den Trinkwasserbedarf senken. Hier empfiehlt es sich, in der Ausführungsplanung neben der Umsetzbarkeit auch den langfristigen Bedarf zu prüfen sowie Wartungs- und Hygieneanforderungen abzuwägen.
- Gerade beim großflächigen Einsatz von Kupfer- oder Zink-Dachdeckungen sollte eine Metallabscheidung im Abwassersystem der TGA mit eingeplant werden.

Senkung des Wasserbedarfs

Senkung der Belastungen bei Starkregenereignissen

Grau- und Regenwassernutzung

Senkung der Schadstoffbelastung im Wasserkreislauf

Oberfläche	Abflussbeiwert C [-]
Dächer, Neigung > 15°	1,00 ¹
Beton- und Asphaltflächen	0,90
Pflasterflächen	0,75
Kiesdächer, Höfe, Promenaden	0,50
Betonpflaster, versickerungsfähige Fugen	0,40 ²
Granitpflaster, versickerungsfähige Fugen	0,33 ²
Dachgärten	0,30
Spiel- und Sportplätze	0,25
Rasenfugenpflaster, Splittfugen	0,22 ²
Vorgärten	0,15
Schrebergärten	0,05
Parks und Anlagen an Gewässern	0

¹ entspricht 100% Wasserabfluss

² nach Forschungsergebnissen

Abb. C.3.7: Abflussbeiwerte unterschiedlicher Bodenbeläge im Außenraum

Das Ziel, die notwendige gesundheitliche Unbedenklichkeit der Baumaßnahme sowohl in der Herstellungsphase als auch im Betrieb sicherzustellen, wird in der Ausführungsplanung durch die Auswahl besonders schadstoff- und emissionsarmer Materialgruppen bei gleicher Materialqualität vertieft. Schwerpunkt ist dabei die Reduktion von chemischen Effekten.

C.4.1 Schadstoffarmut nach Bauteilen optimieren

Die in der Grundlagenermittlung und Vorplanung definierten Ziele sind spätestens in der Ausführungsplanung zu detaillieren. Als Leitlinie für die Detailplanung kann dabei die Klassifizierung von Schadstoffen gemäß BNB dienen, das aktuell folgende Anforderungen formuliert:

SVHC

Schwermetalle
emissionsarme Baustoffe

Biozide
halogenierte Kälte- und
Treibmittel

- Vermeidung besonders besorgniserregender Stoffe (SVHC) in Baustoffen
- Vermeidung von schwermetallhaltigen Baustoffen
- Verwendung möglichst emissionsarmer Baustoffe (z. B. lösungsmittelfreie Beschichtungen oder Verklebungen)
- Vermeidung biozid-ausgerüsteter Produkte (z. B. Dichtstoffe)
- Vermeidung halogener Kälte- und Treibmittel

 www.wecobis.de

Unterstützung bietet z. B. das frei zugängliche ökologische Baustoffinformationssystem WECOBIS, das gemeinsam durch die Bayerische Architektenkammer und das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) betrieben wird. Dort werden im Modul Planungs- und Ausschreibungshilfen detaillierte materialökologische Anforderungen mit den zugehörigen Nachweismöglichkeiten dargestellt (S. 101, INFOBOX WECOBIS).

Besondere Aufmerksamkeit sollte dabei auf die in Abb. C.4.1 dargestellten Materialschichten gelegt werden.

C.4.2 Anforderungen an schadstoffarme Produkte festschreiben

Da sich die potenzielle Schadstoffbelastung einzelner Baustoffe nur mithilfe technischer Produkt- und Sicherheitsdatenblätter bzw. anhand von Emissionsprüfberichten oder sonstigen Prüfzeugnissen (z. B. für Umweltzeichen) konkret klären lässt, greift die Qualitätssicherung erst mit der Festlegung auf ein Produkt – d. h. in der Regel mit der Ausschreibung oder sogar in der Ausführung (S. 167, D.4 Schadstoffarmut sicherstellen). Um hierbei die Einhaltung der Anforderungen sicherzustellen, sollten schadstoffbezogene Informationen zwischen Planer und Fachplaner ausgetauscht und die Anforderungen zentral festgehalten werden. Darüber hinaus sollten folgende Aspekte geprüft und bearbeitet werden:

Bauzeitenplanung

- Im Bauzeitenplan sollten umsetzungsbezogene Hemmnisse wie z. B. schadstoffarme Umsetzungen von Dachabdichtungsarbeiten in der Kälteperiode oder die Erstellung von Bodenaufbauten ohne Beheizung durch das Gebäude bedacht werden. Daraus entstehende zusätzliche Anforderungen (z. B. temporäre Gebäudebeheizung) müssen in der Ausschreibung berücksichtigt werden.

- In der Ausführungsplanung sind die Anforderungen zur schadstoffarmen Umsetzung abschließend festzuschreiben und dann in „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen“ (ZTV) zu überführen. Ergänzende Textbausteine für die Ausschreibung stehen in der WECOBIS-Datenbank bereit.
- Aus vergaberechtlichen Gründen können bei Vergaben nach VOB A namentlich keine Umweltzeichen, wohl aber Spezifikationen ausgeschrieben werden. Damit sind die Anforderungen, die aus den Umweltzeichen übernommen werden sollen, in den ZTV ausdrücklich zu bestimmen. Neben dem Umweltzeichen sollten auch andere geeignete Nachweise benannt werden (z. B. Herstellernachweis von Inhaltsstoffen, Kammermessung). Für ausgewählte Produktgruppen entwickelte die Organisation natureplus wettbewerbsrechtlich unbedenkliche Ausschreibungshilfen.
- Insbesondere für Leitprodukte bietet es sich an, in der Ausführungsplanung die Erfüllung von ökologischen Anforderungen zu überprüfen. Dabei sollten gerade Systemaufbauten (inkl. ggf. notwendiger Vorbehandlungen und Baustoffe zum Anschluss an andere Aufbauten wie Grundierungen, Dichtstoffe oder Kleber) untersucht werden. Dies betrifft z. B. WDVS, Dachdämmung und -abdichtungen, Luftdichtigkeitsschichten, Doppelböden, Terrazzoböden oder Kunstharzestriche.
- Festlegung des in der Bauausführung angestrebten Dokumentationsprozesses (S. 154, INFOBOX Nachhaltigkeitsaspekte im Vergabe- und Bauprozess) sowie des Vorgehens zur Prüfung der Einhaltung der Vorgaben.

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen

Prüfung von Zwängen aus dem Vergaberecht

Vorprüfung der Leitprodukte

Dokumentation

Bauteil	Maßnahmen zur Senkung von chemischen Emissionen
Metallbau	<ul style="list-style-type: none"> • bewusster Einsatz von emissionsarmem Korrosions- und Brandschutz (z. B. mittels mineralischer Überdeckung, in unbewitterten Bereichen Verzinkung)
Fassade/ Dachflächen/ Außenraum	<ul style="list-style-type: none"> • Vermeidung von möglichen Belastungen durch Korrosion und Ausschwemmungen (z. B. Regenwasserfilter bei großflächigen metallischen, bewitterten Oberflächen) • Vermeidung von mit Bioziden ausgerüsteten Produkten an der Fassade • Verwendung von Kunststoff-Dachabdichtungen ohne reproduktionstoxische Phthalate, Cadmium- und Bleistabilisatoren • Vermeidung von Bioziden und durchwurzelungshemmenden Wirkstoffen in Dachabdichtungen
Innenraum	<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung möglichst emissionsarmer Bauprodukte insbesondere für Nutzoberflächen (Wand/Decke/Boden). Dies betrifft z. B. Oberflächenbeschichtungen (Farben, Lacke, Lasuren), Klebstoffe/Verlegewerkstoffe, Bodenbeläge, Holzwerkstoffe und Dichtstoffe. • vorrangiger Einsatz mineralischer Wandbeschichtungen im Innenraum • Vermeidung von Politur und Imprägnierungen bei Naturstein • Verwendung von unbehandeltem Metall (z. B. Stahl verzinkt, Edelstahl oder eloxiertes Aluminium) • Prüfung werkseitiger Beschichtungen auf Anwendbarkeit emissionsreduzierter Varianten (z. B. Pulver- statt Einbrennlackierung) • Vermeidung von Klebeverbindungen (z. B. mechanische Befestigung von Türrahmen, Bodenbelägen und Sockelleisten) • Vermeidung von Montageschäumen
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> • Prüfung des Einsatzes von emissionsreduzierten Klebstoffen • Vermeidung von halogenierten und teilhalogenierten Kältemitteln • vorrangiger Einsatz von Mineralfaserdämmungen in der Gebäudetechnik (Verklebung der Leitungsdämmung mittels Aluminiumband) • Nutzung von unbeschichteten Edelstahlrohren für die Kältetechnik • Prüfung des Einsatzes von emissionsreduzierten Klebstoffen nach Herstelleranleitung • Unterstützend wirkt in diesem Zusammenhang eine mechanische Lüftung, die die Schadstoffbelastung der Raumluft maßgeblich senken kann (S.127, C.3 Gebäudetechnik optimieren). Im Neubau sollte grundsätzlich eine Schadstoffvermeidung im Vordergrund stehen, während bei Bestandsbauten eine bewusste Abwägung zwischen Rückbau oder dem Abführen der Belastung mittels einer mechanischen Lüftung erfolgen sollte.

Abb. C.4.1: beispielhafte Ziele bei der schadstoffarmen Bauteilplanung nach Bauteilen

Schädliche Wirkungen auf Menschen und Umwelt in, an und durch Gebäude basieren in der Regel auf biologischen, chemischen und elektrischen Effekten.

Biologische Effekte

Schimmelpilze verursachen Geruchsemissionen (MVOC – microbial volatile organic compounds), können allergen wirken (insbesondere über die Sporen) und produzieren teilweise Giftstoffe. Sie benötigen zum Wachstum mindestens 75% relative Luftfeuchtigkeit und ein leicht saures Umfeld mit pH-Werten zwischen 4 und 7. Daher liefert der Feuchteschutz nach DIN 4108 (Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden) durch eine energieeffiziente und wärmebrückenfreie Konstruktion einen wichtigen Beitrag zur Vermeidung von Schimmelbefall und zum Gesundheitsschutz. Weiterhin hemmen Innenwandoberflächen mit basischem pH-Wert (z. B. Kalk) oder antibakteriell wirkende Baustoffe (z. B. Edelstahl und Kork) das Wachstum.

Chemische Effekte

Chemische Emissionen aus Baustoffen können die menschliche Gesundheit und die Umwelt beeinträchtigen. Hier sind besonders spezifische Inhaltsstoffe wie „Besonders Besorgniserregende Stoffe“ (Substances of Very High Concern – SVHC) und Biozide, Belastungen durch Oberflächenalterung (z. B. Blei-, Zink- oder Kupferoxide), aus Baustoffen emittierte flüchtige Kohlenwasserstoffverbindungen (Volatile Organic Compounds – VOC) Formaldehyd sowie lungengängige künstliche mineralische Fasern (KMF) zu nennen.

Elektrische Effekte

Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder werden durch externe Elektroinstallationen (Oberleitungen, Funkmasten, Bahnleitungen etc.) sowie das Stromnetz innerhalb des Gebäudes und die daran angeschlossenen elektrischen Geräte erzeugt. Der Einfluss externer Quellen lässt sich insbesondere durch Immissionsschutz verringern (z. B. großflächige Abschirmung durch spezielle Platten, Vliese, Farben, Putze und Tapeten in den Außenbauteilen und kleinflächige Abschirmungen von Leitungen). Bei internen Quellen kann auch ein

gezielter Emissionsschutz reduzierend wirken (z. B. über Systemwahl der gebäudeinternen Stromversorgung, räumliche Verlagerung von Elektroinstallationen, Phasentausch, Abschalten von Geräten über Netzfreischalter, Einsatz geschirmter Elektrogeräte).

Aktuelle Bewertungssysteme fokussieren in ihren Anforderungen für schadstoffarmes Bauen vorrangig auf chemische Effekte. Das BNB betrachtet VOC und Formaldehyd. Im Bewertungssystem LEED wird auch die Feinstaubkonzentration in der Raumluft untersucht. Im Label Gute Innenraumluft (GI) der Schweiz wird darüber hinaus auch der Radon-, Kohlendioxid- sowie Keimgehalt der Raumluft gemessen. Zur Bewertung liegen in der Regel zwei unterschiedliche Arten von Richtwerten vor:

- toxikologisch abgeleitete Richtwerte: Konzentrationen in der Raumluft, ab denen eine gesundheitliche Wirkung nachgewiesen werden konnte. Dazu zählen z. B. die Richtwerte I und II des Ausschusses für Innenraumrichtwerte des Umweltbundesamtes (AIR) oder die Grenzwerte im Bewertungsschema für Baustoffemissionen des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB).
- statistisch abgeleitete Orientierungswerte: Werte, ab denen eine erhöhte Emission und damit ein spezifischer Emittent vorhanden sein müssen. Solche Werte stellt z. B. die Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) mit den „Neubauorientierungswerten“ bereit (S. 169, INFOBOX Raumluftmessung).

Labels verschiedener Zertifikatsgeber sollen dabei zu einer erhöhten Transparenz im Sinne der Schadstofffreiheit beitragen. Dabei unterscheiden sich die untersuchten Parameter je nach Label deutlich. Einzelne Labels untersuchen die Inhaltsstoffe in Baustoffen und spezifische Schadstoffemissionen (z. B. Blauer Engel RAL-UZ 12a – Inhaltsstoffe und Formaldehydemission), andere (z. B. EMI-CODE) zielen rein auf die Emissionen aus den Baustoffen ab (S. 148, Abb. C.4.3). In der WECOBIS-Datenbank sind die für Produktgruppen verfügbaren Labels zusammengestellt (www.wecobis.de).

Schadstoffe	Erläuterungen	beispielhafte Vorkommen
Biozide	<ul style="list-style-type: none"> Biozide zerstören Schadorganismen oder machen sie unschädlich. Bei bewitterten Produkten (z. B. Fassadenfarben) und in feuchtebelasteten Bereichen (z. B. Silikondichtungen) sollen sie einen reduzierten Reinigungsaufwand bewirken. Sie werden durch Vorbehandlung von Verpackungsmitteln als Topfkonservierer zur Haltbarmachung von Bauprodukten eingesetzt. Die Verordnung (EU) 528/2012 des Europäischen Parlaments und des Rates, kurz „Biozid-Verordnung“, regelt Bereitstellung und Verwendung von Biozidprodukten. 	Holzschutzmittel (z. B. in Anstrichen (Farben, Lacke), Leimen, Imprägnierungen, Grundierungen), WDVS, Putze und Fassadenanstriche, Farben für Feuchträume, Teppiche, Zuschlag zu regenerativen Baustoffen (z. B. Borsalz)
Formaldehyd	<ul style="list-style-type: none"> Es verursacht beim Menschen Kopfschmerzen, Allergien sowie Depressionen und steht im Verdacht Krebs auszulösen. Es besteht ein Arbeitsplatzgrenzwert von 0,3 ml/m³ (0,37 mg/m³) gemäß der technischen Regel TRGS 900. Der Ausschuss für Innenraumrichtwerte des Umweltbundesamtes (AIR) hat den Richtwert RW I (Vorsorgewert) für Formaldehyd im August 2016 auf 100 µg/m³ festgesetzt (statt bisher 120 µg/m³). 	verleimte Holzwerkstoffprodukte, Möbel, Klebstoffe, veredelte Textilien, Isoliermaterialien und Papierprodukte, Holzwerkstoffplatten, Bodenversiegelungen, Einbauschränke, Möbel, säurehärtende Lacke, Holzleim, Konservierungsmittel, Kunststoffe
halogene und teilhalogenierte Treib- und Kältemittel	<ul style="list-style-type: none"> Ebenso bekannt als Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffverbindungen (FCKW), teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW) oder Teil-Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffverbindungen (HFCKW). Sie haben eine starke Wirkung auf den globalen Treibhauseffekt. 	Kunstschäume (Montageschäume, Dämmstoffe wie EPS und XPS), Kältemittel für Klimaanlagen
künstliche mineralische Fasern (KMF)	<ul style="list-style-type: none"> Künstliche mineralische Fasern können bei geringer Faserdicke lungengängig sein. Sie haben dann eine krebserregende Wirkung. Für die Einstufung der Gefährlichkeit von Mineralfasern wurde in der technischen Regel TRGS 905 der Kanzerogenitätsindex [KI] festgelegt, der für eine gesundheitliche Unbedenklichkeit ≥ 40 liegen muss. Seit 01.06.2000 gilt in Deutschland ein Verbot des Herstellens, des Inverkehrbringens und des Verwendens von Mineralwolle-Dämmstoffen, die nicht eines der Freizeichungskriterien des Anhangs II Nr. 5 der Gefahrstoffverordnung erfüllen und damit nicht als „frei von Krebsverdacht“ gelten. Mineralwolle-Dämmstoffe mit dem nationalen RAL-Gütezeichen (RAL-GZ 388) „Erzeugnisse aus Mineralwolle“ erfüllen diese Anforderung. Bei „alter“ Mineralwolle gelten im Umgang (z. B. im Bestand) umfangreiche arbeitshygienische Regelungen des BgBau zum „Umgang mit Mineralwolle-Dämmstoffen“. 	Mineralfaserdämmungen
SVHC	<ul style="list-style-type: none"> Substances of Very High Concern („besonders besorgniserregende Stoffe“) Sie wirken toxisch, krebserzeugend, erbgutverändernd, fortpflanzungsgefährdend, persistent oder bioakkumulierend. In der Kandidatenliste der REACH-Verordnung (EU-Verordnung zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe) werden alle aktuell bekannten SVHC benannt. Sie sind für jedes Gemisch im Rahmen des gesetzlich vorgeschriebenen Sicherheitsdatenblattes auszuweisen. 	Flammschutzmittel, Weichmacher, Lösemittel
Schwermetalle	<ul style="list-style-type: none"> Im Bauwesen sind vor allem die Metalle Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Zinn und Zink relevant. Sie sind umwelt- und gesundheitsgefährdend. Sie sind durch Organismen nicht abbaubar und reichern sich langfristig in der Nahrungskette an. Sie können das menschliche Nervensystem beeinträchtigen. Je nach Stoff unterscheidet sich die Wirkung auf Organismen und sie bedingen verschiedene Krankheitsbilder. 	metallische Dachdeckungen, Kunststoffprodukte, Lacke, Edelstahloberflächenveredlungen, farbige Eloxierungen
TVOC	<ul style="list-style-type: none"> Summe aller flüchtigen Kohlenwasserstoffverbindungen (Total Volatile Organic Compounds – TVOC). In Abhängigkeit von der Flüchtigkeit der Stoffe werden sie in VVOC (Very Volatile Organic Compounds), flüchtige Kohlenwasserstoffverbindungen (Volatile Organic Compounds – VOC) und SVOC (Semivolatile Organic Compounds) unterteilt. TVOCs können über einen sehr langen Zeitraum aus Baustoffen ausgasen. Aufgrund der vielen Einzelstoffe sind Bewertungen für eine Summenkonzentration aller Stoffe und die zulässigen Einzelkonzentration solcher Stoffe verfügbar. Das Umweltbundesamt definiert eine TVOC-Konzentration von unter 1000 µg/m³ als hygienisch noch unbedenklich und eine Konzentration von unter 300 µg/m³ als hygienisch unbedenklich. Bei der Gebäudezertifizierung nach DGNB und BNB gilt ein TVOC-Grenzwert von 3000 µg/m³. Wird er überschritten, ist keine Zertifizierung mehr möglich. Beste Bewertungen werden – je nach Systemvariante – bei Werten unter 500 oder 300 µg/m³ erreicht. 	flüssig verarbeitete Baustoffe wie Lacke, Farben, Klebstoffe, Abdichtungen, Bodenbeschichtungen, Abbauprodukte von biologischen Prozessen, Pflege-, Reinigungs- und Hobbyprodukte

Abb. C.4.2: Schadstoffe im Bauwesen, ihre Bewertung und mögliche Emissionsquellen

	Blauer Engel ¹ (Umweltbundesamt/ RAL Deutsches Institut für Gütesicherung e.V.)	lösemittelarme Dachanstriche und Bitumenkleber, emissionsarme Bodenbeläge, Paneele und Türen aus Holz und Holzwerkstoffen für Innenräume (einschließlich Laminatböden und Linoleum auf Holzwerkstoffträgern), Bodenbelagsklebstoffe und andere Verlegewerkstoffe, Wärmedämmstoffe und Unterdecken, emissionsarme Dichtstoffe für den Innenraum, emissionsarme Möbel und Lattenroste aus Holz und Holzwerkstoffen, schadstoffarme Lacke (einschließlich Dünn- und Dickschichtlasuren), Tapeten und Raufaser überwiegend aus Papier-Recycling, emissionsarme Innenwandfarben, Wärmedämmverbundsysteme, Innenputze Besonders empfehlenswert ² . Vergeben in Deutschland.	je nach Labelbezeichnung: Schützt das Klima: Auswirkungen auf das Klima; Schützt Umwelt und Gesundheit: Umwelt- und Gesundheitsauswirkungen; Schützt die Ressourcen: Ressourcenverbrauch. Individuelle Prüfkriterien für jede Baustoffgruppe. Auf der Website des Blauen Engels sind detaillierte Prüfkriterienkataloge zu jeder Baustoffgruppe abrufbar. www.blauer-engel.de
	Eco-Institut-Label (eco-Umweltinstitut GmbH)	Anstrich- und Beschichtungsstoffe (auf Basis synthetischer Rohstoffe), Dichtstoffe (auf Basis synthetischer Rohstoffe), Holzwerkstoffe/ Ausbauplatten (mit Beschichtung wie z. B. MDF-Platten, Spanplatten, OSB-Platten), Klebstoffe (auf Basis synthetischer Rohstoffe), mineralische Bauprodukte, Holz- und Korkfußböden, Parkett, Laminat, Paneele (mit Oberflächenbeschichtung auf Basis synthetischer Rohstoffe), Teppich, elastische und Outdoor-Bodenbeläge. Empfehlenswert ² . Weltweit vergeben.	Emissionsanalysen für Formaldehyd, VOC, TVOC und TSVOC etc. sowie Analyse von gefährdenden Inhaltsstoffen wie Schwermetalle, Pestizide, Biozide, Weichmacher etc. www.eco-institut.de/von-der-analyse-bis-zur-qualitaetsicherung/eco-institut-label/
	EMICODE ¹ (GEV Gemeinschaft Emissionskontrollierte Verlegewerkstoffe, Klebstoffe u. Baupro- dukte e.V.)	Klebstoffe und Fliesenklebemörtel, Grundierungen, Spachtelmasen, Oberflächenbehandlungsmittel, Fugenmörtel, Dichtschlämmen, Verlegeunterlagen, Flächendichtstoffe sowie Fugendichtstoffe, Fugendichtungsbänder, Abdichtungsfolien, Fugendämmstoffe, Fugenkitte auf Wasserbasis, Estrichbindemittel und Estrichmörtel, Parkettlacke, Estriche etc. Empfehlenswert ² . Weltweit vergeben.	Emissionsanalysen für VOC, TVOC und TSVOC www.emicode.com
	EU Ecolabel (Kommission der Europäischen Gemeinschaften)	Innen- und Außenfarben und -lacke, Bodenbeläge auf Holz-, Kork- und Bambusbasis, Bodenbeläge aus Holz, Hartbeläge (z. B. Naturstein, Betonpflastersteine, Fliesen) Besonders empfehlenswert ² . Vergeben in der EU.	individuelle Prüfkriterien für jede Baustoff- gruppe http://ec.europa.eu/environment/ecolabel
	FSC ¹ (Forest Stewardship Council A.C.)	Holz/Holzwerkstoffe Besonders empfehlenswert ² . Weltweit vergeben.	umweltgerechte, sozial verträgliche und ökonomisch sinnvolle Bewirtschaftung von Wäldern www.fsc-deutschland.de
	Goldenes M (Deutsche Gütegemeinschaft Möbel e. V.)	Holz/Holzwerkstoffe (Möbel) Empfehlenswert ³ . Vergeben in Deutschland.	Sicherheit, Qualität und Gesundheitsverträglichkeit www.dgm-moebel.de
	GUT ¹ (Gemeinschaft umwelt- freundlicher Teppichboden e.V.)	Bodenbeläge (Teppiche) Empfehlenswert ³ . Vergeben in Deutschland.	Schadstoff-, Emissions- und Geruchsanalyse www.gut-ev.de
	IBR (Institut für Baubiologie Rosenheim GmbH)	Dämmstoffe, Lacke/ Lasuren, Wandfarben, Tapeten, Bodenverlegewerkstoffe, Bodenbeläge, Holz/ Holzwerkstoffe, Dichtstoffe/ Folien, Zemente/ Putze/ Mörtel, Mauer-/ Dachsteine. Empfehlenswert ³ . Vergeben in Deutschland.	Wohngesundheit und Umweltschutz: Schadstoff- und Emissionsanalyse www.baubiologie-ibr.de
	Das Kork-Logo (Deutscher Kork- Verband e.V.)	Bodenbeläge, Raumdekore, Isolier- und Dämmstoffe Empfehlenswert ³ . Vergeben in Deutschland.	Emissionsanalysen für VOC, Formaldehyd etc. www.schoener-leben-mit-kork.de
	natureplus (natureplus. e.V.)	Dämmstoffe, Wandfarben, Holz/ Holzwerkstoffe (einschließlich Bodenbeläge aus Holz und Holzwerkstoffen), Bodenbeläge (elastische, mineralische, textile), Putze, Mörtel, Mauer-/ Mantelsteine (Porenbetonsteine, Vormauerziegel, Hochlochziegel), Dachziegel und Dachsteine Besonders empfehlenswert ² . Vergeben in der EU.	Klima, Gesundheit und Nachhaltigkeit: Ressourcenschonung in der Rohstoffgewinnung und Produktion, Emissionsanalyse für VOC und Analyse über die Verwendung gefährdender Substanzen (z. B. Schwermetalle). www.natureplus.org
	Naturland (Naturland Verband für naturgemäßen Landbau e.V.)	Holz/ Holzwerkstoffe Besonders empfehlenswert ² . Vergeben in Deutschland.	ökologische Waldbewirtschaftung www.naturland.de/wald_und_holz.html
	ÖkoControl (Gesellschaft für Qualitätsstandards ökologischer Einrich- tungshäuser mbH)	Holz/Holzwerkstoffe (Möbel) Besonders empfehlenswert ² . Vergeben in Deutschland und Österreich.	Gesundheit, Umwelt und Ressourcen www.oekocontrol.com
	PEFC ¹ (Deutscher Forst- Zertifizierungsrat, DFZR)	Holz /Holzwerkstoffe, Bodenbeläge (aus Holz) Empfehlenswert ² . Weltweit vergeben.	soziale, ökologische und wirtschaftliche Holzbewirtschaftung www.pefc.de
	GoodWeave (GoodWeave Internatio- nal e.V. Deutschland)	Bodenbeläge (Teppiche) Besonders empfehlenswert ² . Weltweit vergeben für Teppiche aus Indien und Nepal.	Verzicht auf Kinderarbeit, Gewährleistung angemessener Löhne und Sicherheit am Arbeitsplatz, Organisation von Sozial- und Bildungsprogrammen sowie Kontrolle der Einhaltung von Umwelt-Mindeststandards. www.goodweave.de
	ToxProof (TÜV Produkt und Umwelt GmbH)	Dämmstoffe, Lacke/ Lasuren, Wandfarben, Bodenverlegewerkstoffe, Bodenbeläge, Holzwerkstoffe, Dichtstoffe/ Folien, Zemente/ Putze/ Mörtel Empfehlenswert ³ . Vergeben in Deutschland.	Emissionsanalysen für Formaldehyd, Diisocyanaten und VOC, Feststoffgehalt von organischen Holzschutzmitteln, chromathaltigen Holzschutzmitteln und bioziden Wirkstoffen. www.tuv.com

¹ benannt als Kenngröße innerhalb der Zertifizierungen BNB und DGNB

² gemäß www.label-online.de

³ gemäß Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit (APUG) Nordrhein-Westfalen

Abb. C.4.3: Übersicht über in Deutschland etablierte Umweltlabel

Während die Entwurfsphase über Kostenschätzungen und -berechnungen erste Kostenaussagen zur Absicherung von wesentlichen Grundsatzentscheidungen ermöglicht, erfolgt in der Ausführungsphase eine Konkretisierung der Kostentiefe durch die Festlegung von Ausführungsqualitäten. Die Überprüfung bzw. Optimierung der Kosten erfolgt über die Fortschreibung der Lebenszykluskostenberechnung (Pkt. C.5.1) und die Identifizierung von weiteren Maßnahmen zur Kostensenkung (Pkt. C.5.2).

C.5.1 **Lebenszykluskostenberechnung fortschreiben**

Die Berechnung der Lebenszykluskosten konkretisiert sich in der Ausführungsplanung (S. 106, INFOBOX Lebenszykluskostenberechnung). Aufgrund des detaillierteren Planungsstandes lassen sich differenzierte Angaben hinsichtlich Herstellungskosten, Nutzungsdauern, Reinigungs- und Instandhaltungsaufwand sowie Energie- und Wasserbedarf treffen. Dies führt zu genaueren Ergebnissen in der Lebenszykluskostenberechnung. Auch können nun einzelne kostenintensive Bauteile wie z. B. die Fassade bezogen auf ihre Gesamtwirtschaftlichkeit untersucht werden. Hierbei fließen neben den Herstellkosten beispielsweise die Kosten für Reinigung, Wartung und Instandsetzung in die Berechnung ein. Beim Vergleich unterschiedlicher Bauteilaufbauten ist darauf zu achten, dass diese tatsächlich vergleichbare bauphysikalische, technische und funktionale Eigenschaften aufweisen (z. B. Wärmeschutz, Schallschutz, Brandschutz, Traglast, Einlass von Tageslicht etc.).

C.5.2 **Maßnahmen zur Kostensenkung identifizieren**

Durch die Untersuchung möglicher Ausführungsalternativen können Einsparpotenziale im Bereich der Investitionskosten aufgezeigt werden. Insbesondere sind aber auch Maßnahmen zur Reduktion der Nutzungs- und Rückbaukosten zu berücksichtigen. Bei allen Maßnahmen ist sicherzustellen, dass Einsparungen in der betrachteten Phase des Lebenszyklus keine vergleichbaren bzw. höheren Mehrkosten in einer anderen Phase zur Folge haben. Maßnahmen zur Reduktion der Lebenszykluskosten können im Rahmen der Ausführungsplanung folgende Bereiche betreffen:

Flexibilität

Maßnahmen zur Erhöhung der Flexibilität führen in der Regel zunächst zu einer Erhöhung der Investitionskosten. In diesem Fall ist sicherzustellen, dass sich die Mehrkosten im Laufe des Lebenszyklus durch entsprechende Einsparungen ausgleichen.

- Bei Gebäuden, in denen eine Änderung der Raumzuschnitte häufiger zu erwarten ist (z. B. Bürogebäude), ist ggf. die Verwendung von rein mechanischen oder automatisierten Systemtrennwänden sinnvoll. Diese weisen zwar höhere Investitionskosten auf, können jedoch ohne Aufwand umgebaut und problemlos wiederverwendet werden.
- Bei Neubauten sollten – unabhängig vom zu Beginn der Nutzung angestrebten Grad der Barrierefreiheit – alle baulichen Voraussetzungen für eine barrierefreie Gestaltung des Gebäudes erfüllt werden (S. 117, C.1.2 Barrierefreiheit gewährleisten).

Systemtrennwände

Barrierefreiheit

- Im Bereich der TGA sollten eine flexible Steuerung und eine Nachrüstbarkeit bzw. Updatefähigkeit einzelner Komponenten möglich sein.

1 Bundesinnungsverband
www.die-gebaeuedienst
leister.de

1 BNB Kriterium 4.1.3
„Reinigung und Instandhal-
tungsfreundlichkeit“

konstruktiver Schutz

schmutzunempfindliche
und leicht zu reinigende
Oberflächen

schmutzabweisende
Beschichtung

Zugänglichkeit von
Glasflächen

Schmutzfangzonen

hindernisfreie
konstruktive Lösungen

Fußbodenleisten

integrierte Heiz-
und Kühlelemente

reinigungsfreie
Installationen

reinigungssarme
Abhangelemente

integrierte Beleuchtung

Reinigung

Da die Reinigung vor allem bei größeren Gebäuden einen erheblichen Einfluss auf die Nutzungskosten hat, ist es sinnvoll, in diesem Fall den späteren Gebäudebetreiber beratend in die Planung miteinzubinden, um Ansprüche, Belegungsdichten, Reinigungszyklen sowie Personal- und Materialaufwand im Detail zu hinterfragen. Alternativ kann ein externer Facility-Management-Berater hinzugezogen werden. Der Bundesinnungsverband sowie die verschiedenen Landesinnungen bieten Beratung sowie Ausschreibungs- und Kostenberechnungshilfen an.

Es ist möglich, den Reinigungsaufwand einerseits über die Reduzierung des grundsätzlichen Bedarfs zu optimieren, andererseits durch die Erleichterung des Reinigungsprozesses. Im Folgenden werden beispielhaft einige Maßnahmen aufgezeigt:

- Außenbauteile sind konstruktiv gegen Verschmutzung zu schützen, z. B. durch Vordächer, Überstände, Dachüberhänge oder Tropfkanten. Ebenso kann eine sorgsame Detaillierung der Sockelzone eine Verschmutzung der unteren Außenwandbereiche verhindern.
- Der Reinigungsaufwand von stark beanspruchten Oberflächen (z. B. Fassaden, Bodenbeläge, ggf. Innenwände) lässt sich durch die Verwendung von reinigungsarmen bzw. schmutzunempfindlichen Materialien und leicht zu reinigenden Oberflächenstrukturen reduzieren. Es sollte darauf geachtet werden, dass keine Spezialprodukte zur Reinigung erforderlich sind. Auch sollte vorab die Verfügbarkeit von umweltverträglichen Reinigungs- und Pflegeprodukten geprüft werden.
- Je nach Oberflächenmaterial ist eine dauerhaft schmutzabweisende Beschichtung zu empfehlen (z. B. Lotuseffekt).
- Für Außen- und Innenglasflächen, die nicht von einer sicheren Standfläche aus gereinigt werden können, sind Einrichtungen vorzusehen, die eine leichte Zugänglichkeit ermöglichen (z. B. Reinigungsstege). Fassadenbefahranlagen stellen zwar reinigungstechnisch eine gute Lösung dar, sind jedoch mit hohen Investitionskosten verbunden.
- An den Gebäudeeingängen sind ausreichend lange Schmutzfangzonen vorzusehen (Vordach, Windfang, Rücksprung, Gitterroste bzw. Sauberlaufmatten).
- Es ist auf hindernisfreie konstruktive Lösungen zu achten. So sind Trepengeländer beispielsweise seitlich anzusetzen. In öffentlichen Sanitärbereichen sind reinigungsfreundliche Bodenanschlüsse der Trennwände zu wählen und WCs und Waschtische an der Wand zu montieren.
- Fußbodenleisten schützen die unteren Wandbereiche bei der Verwendung von mechanischen Reinigungsmaschinen und Nassreinigungsverfahren.
- In Hinblick auf die Reinigung sind bauteilintegrierte Heiz- und Kühlelemente reinigungsintensiven Elementen wie Bodenkonvektoren und Heizkörpern vorzuziehen. Andererseits weisen erstere eine geringere Instandhaltungsfreundlichkeit und Recyclingfähigkeit auf. Wenn Heizkörper verwendet werden, sind diese in ausreichendem Abstand zum Boden zu montieren.
- Die Montage von Installationen unter der Oberfläche reduziert den Reinigungsaufwand, kann jedoch die Zugänglichkeit für Wartungszwecke erschweren.
- Abgehängte Decken und akustisch wirksame Bauteile sollten leicht zu reinigen sein.
- In die Decke integrierte Leuchten ermöglichen einen reduzierten Reinigungsaufwand.

Instandhaltung

Der Aufwand für die Instandhaltung lässt sich durch die Verwendung langlebiger Materialien (z. B. Bodenbeläge) und den gezielten Schutz von Oberflächen vor Verschmutzung und Beschädigung deutlich reduzieren. Bei instandhaltungsrelevanten Bauteilschichten und TGA-Komponenten ist auf eine leichte Zugänglichkeit für Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahmen zu achten (z. B. Türen an vertikalen Schächten) (S. 134, C.3.2 Instandhaltung und Reinigung optimieren).

Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit

Die Rückbau- und Entsorgungs- bzw. Recyclingkosten werden maßgeblich durch die Ausführungsplanung bestimmt. Um eine bessere Verwertung der Baustoffe zu erreichen und die Kosten möglichst gering zu halten, sind Konstruktionen zu wählen, die mit geringem Aufwand rückgebaut werden können und deren einzelne Schichten leicht und sortenrein voneinander trennbar sind (S. 137, C.3.3 Recycling vorbereiten).

Energiebedarf

Durch die Optimierung der thermischen Hülle (hohe Dämmqualität und Luftdichtheit) sowie eine effiziente, aufeinander abgestimmte Gebäudetechnik kann der Energiebedarf in der Ausführungsplanung weiter sinken (S. 122, C.2 Energiekonzept detaillieren).

Wasserbedarf

Die Verwendung wassersparender Sanitärinstallationen und Armaturen kann Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen deutlich reduzieren (S. 142, C.3.5 Trinkwasserbedarf und Abwasser reduzieren). Bei der Dimensionierung von Regen- und Grauwassernutzungs- bzw. Regenwasserversickerungsanlagen ist auf ein ausgewogenes Kosten-Nutzen-Verhältnis zu achten. So ist auf der einen Seite im Sinne der Betriebskostensenkung und Ressourcenschonung eine Minimierung des Trinkwasserbedarfs und Abwasseraufkommens anzustreben, auf der anderen Seite sollten sich die Herstellungs- und Instandhaltungskosten der entsprechenden Maßnahmen (z. B. Regenwasserzisterne) in einem vertretbaren Rahmen halten.

Zur Vorbereitung der Vergabe sind auf Grundlage der Ausführungsplanung die Leistungsverzeichnisse zu erarbeiten. Im Kontext der Nachhaltigkeitsanforderungen werden jedoch die Vorgaben zur Umsetzung anspruchsvoller und komplexer. Insbesondere die Schnittstellen zwischen TGA-, Elektro- und Bauplanung sollten sorgfältig geprüft werden.

Die ausführenden Unternehmen benötigen zusätzliche Informationen zur termin- und fachgerechten Umsetzung – was sich z. B. in Vertragsbedingungen, technischen Vorbemerkungen und Positionsbeschreibungen widerspiegelt. Daher erhöht sich der Prüfaufwand bei der Vergabe.

Während der Bauüberwachung ist die planungsgemäße Umsetzung der definierten Nachhaltigkeitsanforderungen sicherzustellen. Die Aufgaben sind hierbei sehr vielfältig und umfassen etwa die Einhaltung bestimmter Kennwerte oder Produkthanforderungen, die baubegleitende Nachführung von Berechnungen, qualitätssichernde Maßnahmen, Aspekte der Baustellenorganisation oder die Vorbereitungen für einen energieeffizienten Betrieb.

154  Nachhaltigkeitsaspekte im Vergabe- und Bauprozess



158 D.1 **Funktionalität und Komfort umsetzen**



158 D.2 **Energetische Qualität sichern**

158 D.2.1 Qualität der Ausführung gewährleisten

159  **Energieausweis**

160 D.2.2 Energetischen Standard nachweisen

161 D.2.3 Effizienten Betrieb vorbereiten

162  **Blower-Door-Test und Thermografie**



164 D.3 **Materialkonzept abschließen**

164 D.3.1 Ressourcenschonende Umsetzung fördern

165 D.3.2 Recyclinggerechte Umsetzung fördern

166 D.3.3 Ökobilanz vervollständigen



167 D.4 **Schadstoffarmut sicherstellen**

167 D.4.1 Schadstoffarme Umsetzung fördern

168 D.4.2 Schadstoffarme Umsetzung dokumentieren

169  **Raumluftmessung**



170 D.5 **Kosteneffizienten Gebäudebetrieb vorbereiten**

170 D.5.1 Kostenrelevante Aspekte bei der Produktwahl berücksichtigen

170 D.5.2 Qualität der Bauausführung sichern

170 D.5.3 Ordnungsgemäße Instandhaltung vorbereiten

171 D.5.4 Gebäudedokumentation erstellen

Die meisten Nachhaltigkeitsanforderungen finden bereits im Entwurf Berücksichtigung und fließen somit – analog zur restlichen Planung – automatisch in die Ausschreibung ein. Andere Anforderungen werden erst in der Ausschreibung relevant und müssen bewusst in die Vergabeunterlagen integriert werden. Dies erfolgt in Form von Vorbemerkungen oder ergänzenden Produkthanforderungen in den Leistungsbeschreibungen (BNB Kriterium 5.1.4 „Ausschreibung und Vergabe“). Um die Umsetzung der Nachhaltigkeitsanforderungen sicherzustellen, ist darauf zu achten, diese möglichst konkret zu formulieren. Darüber hinaus sollte aus der Ausschreibung eindeutig hervorgehen, ob die jeweiligen Anforderungen zwingend zu berücksichtigen sind oder ob deren Erfüllung die Bewertung des Bieters lediglich positiv beeinflusst, jedoch bei Nichterfüllung nicht zum Ausschluss führt.

Für das Auswahlverfahren werden im Vorfeld Eignungskriterien und Zuschlagskriterien definiert. Zur Bewertung der Zuschlagskriterien wird in der Regel eine Matrix erstellt, in der die einzelnen Kriterien gewichtet werden. Diese Wertungsmatrix ist in der Aufforderung zur Angebotsabgabe oder in den Vergabeunterlagen zu veröffentlichen. Falls eine Gewichtung der Kriterien nicht möglich ist, sind diese in der Reihenfolge ihrer Bedeutung aufzuführen.

Die in der Ausschreibung geforderten Nachhaltigkeitsaspekte sind jeweils auf Übereinstimmung mit dem gültigen Vergaberecht zu prüfen (z. B. VOB bei öffentlichen Auftraggebern). Die drei folgenden Anforderungen sind Beispiele für ausschreibungsrelevante Nachhaltigkeitsaspekte:

Anforderungen an die ausführenden Unternehmen

Neben den herkömmlichen Eignungskriterien können zusätzliche ökologische und soziale Anforderungen an die ausführenden Unternehmen in Form von Zuschlagskriterien formuliert werden, wenn sie im sachlichen Zusammenhang mit dem Auftragsgegenstand stehen. Diese Vorgehensweise eignet sich gleichermaßen für Einzelgewerk- und Generalunter-

nehmer-Vergaben. Auf die Zuschlagskriterien wird in den Vorbemerkungen hingewiesen und die Wertungsmatrix als Anlage beigefügt. Mögliche Nachhaltigkeitsaspekte der ausführenden Unternehmen sind:

- betrieblicher Umweltschutz (z. B. Nachweis einer Zertifizierung auf Basis des Gemeinschaftssystems für das freiwillige Umweltmanagement und der Umweltbetriebsprüfung EMAS)
- Regionalität
- Verwendung umweltfreundlicher Verkehrsmittel
- Gleichberechtigung der Mitarbeiter
- gute Arbeitsbedingungen der Mitarbeiter (sozialgesetzlich konforme Lohnzahlungen, flexible Arbeitszeiten, Pausenbedingungen)
- Personalbetreuung (Angebote für Gesundheit, fachliche Weiterbildung)

Anforderungen an die Qualität der Bauprodukte

Hierbei handelt es sich sowohl um ökologische und gesundheitsrelevante als auch um ökonomische Anforderungen. Die geforderten Qualitäten können folgende Themenfelder betreffen:

- Ressourcenschonung (z. B. Verwendung von Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft, Verwendung von Recyclingmaterial)
- Regionalität
- Primärenergiebedarf und Umweltwirkungen
- Schadstoffgehalt
- sozialverträgliche Herstellung (z. B. bei Naturstein)
- bauphysikalische Produkteigenschaften
- Energieeffizienz von technischen Anlagen
- betriebskostenrelevante Aspekte (z. B. Nutzungsdauer, Reinigungsfreundlichkeit)

Die bereits in den vorherigen Leistungsphasen definierten Vorgaben werden in Form von Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen (ZTV) in die Ausschreibung integriert. In einigen Themenfeldern ist es sinnvoll, konkrete Anforderungen auf Positionsebene zu formulieren, entweder in der Grundposition oder als Alternativposition (beispielsweise Verwendung von Recyclingmaterial).

Unternehmen: _____

LV-Nr./Titel: _____

LV-Positionsnr.	Produktname	Hersteller	Funktion	Datenblätter (techn. Merkblätter, Sicherheits-DB)	Anmerkungen

Abb. D.1.1: beispielhafte Produktdeklarationstabelle

Um Widersprüche zwischen den ZTV und den Beschreibungen auf Positionsebene auszuschließen, wird eine Prüfung der gesamten Leistungsbeschreibung empfohlen.

Um die vorgesehenen Produkte auf Einhaltung der gewünschten Qualitäten zu prüfen, sind diese von den ausführenden Unternehmen hinsichtlich der geforderten Nachhaltigkeitsaspekte zu deklarieren (Abb. D.1.1) und entsprechende Datenblätter und Nachweise beizulegen. In den ZTV muss genau erläutert werden, welche Produkte zu deklarieren sind und in welcher Form und zu welchem Zeitpunkt die Deklaration zu erfolgen hat. Grundsätzlich kann die Produktdeklaration bereits zur Angebotsabgabe oder erst nach der Vergabe (jedoch zwingend vor Bestellung der Produkte) gefordert werden. Speziell bei hohen Anforderungen (Produkteigenschaften, die nicht regelmäßig ausgewiesen sind oder die nur von wenigen Herstellern angeboten werden) ist ein ausreichender Zeitraum zur Prüfung der Produkte und Klärung der Produkteigenschaften mit den Herstellern einzuplanen. Zur Vereinfachung des Ablaufes ist es hilfreich, eine Deklarationstabelle beizufügen, die anschließend von den ausführenden Unternehmen ausgefüllt wird. In der Ausschreibung beispielhaft genannte Produkte sind im Vorfeld auf Übereinstimmung mit den geforderten Qualitäten zu prüfen. Die Produktprüfung ist von einer fachkundigen Person durchzuführen, die bereits bei der Planung und Ausschreibung

mitwirkt. Je nach Schwerpunkt der Anforderungen kann dies beispielsweise ein Baubiologe, Bauökologe oder der Architekt sein. Die Produkte müssen auf Übereinstimmung mit den in der Ausschreibung formulierten Anforderungen geprüft und freigegeben werden. Die Erstellung gewerkeweiser Freigabelisten erleichtert die Kontrolle auf der Baustelle. Bei jedem Produkt sollten die genauen Prüfeigenschaften benannt werden. Es empfiehlt sich, auch abgelehnte Produkte in den Listen aufzuführen. Um sicherzustellen, dass die auf der Baustelle eingesetzten Produkte den in der Ausschreibung geforderten Qualitäten entsprechen, müssen die angelieferten Produkte anhand dieser Listen auf Übereinstimmung mit den freigegebenen Produkten geprüft werden – eine Aufgabe, die die Bauleitung übernehmen kann. Eine regelmäßige Überprüfung der Einhaltung der Anforderungen im Baustellenbetrieb ist zwingend erforderlich. Zusätzlich sind stichprobenhafte Kontrollen von Seiten des Verantwortlichen für die Produktprüfung zu empfehlen. Im Zuge der Produktprüfung sollte bereits eine systematische Sammlung der produktbezogenen Datenblätter für die Dokumentation erfolgen. Im Projektverlauf ist es sinnvoll, Informationen zum Einbauort der einzelnen Produkte zu ergänzen.

Anforderungen an den Baustellenbetrieb

Während des Baustellenbetriebs sind der Schutz der am Bau Beteiligten, der Nachbar-

schaft sowie der Umwelt ein wichtiges Ziel. Anforderungen können in folgenden Bereichen formuliert werden (BNB Kriterium 5.2.1 „Baustelle/Bauprozess“):

- Beseitigung von Schadstoffen (kontaminierte Böden, Schadstoffe im Gebäude bei Rückbau und Sanierung)
- Beseitigung von Abbruchmaterialien
- Kampfmittelentsorgung (falls relevant)
- Schutz des Bodens und Grundwassers vor chemischen Verunreinigungen
- Schutz des Bodens vor unnötigen Verdichtungen
- Abfallvermeidung
- sachgerechte Abfalltrennung und -entsorgung
- Lärmvermeidung und Lärmschutz
- Staubvermeidung und Staubschutz
- Anforderungen an Baumaschinen (energieeffizient, lärmarm, emissionsarm)
- Anforderungen an Gütertransportmittel (energieeffizient, emissionsarm)

Im Allgemeinen enthalten die Vorbemerkungen bereits Anforderungen zu einigen der zuvor genannten Themen. Zusätzliche Anforderungen sind mit dem Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinator (SiGeKo) und – falls vorhanden – mit dem Baustellenlogistiker abzustimmen und an entsprechender Stelle in den Vorbemerkungen zu ergänzen. Bei Verfügbarkeit eines Logistikkonzepts (zur Regelung der Abläufe der Ver- und Entsorgungslogistik sowie der Baustellenlogistik), das vom Baustellenlogistiker erstellt wird, ist es sinnvoll, dieses um die zusätzlichen Anforderungen zu ergänzen und so ein zentrales „Baustellenhandbuch“ zu erstellen.

Mit Angebotsabgabe bestätigen die bietenden Unternehmen die Einhaltung aller Nachhaltigkeitsanforderungen. Im Vergabegespräch sollten sie noch einmal explizit auf diese Anforderungen hingewiesen werden. Im Bauvertrag werden dann alle in den Vergabeunterlagen aufgeführten Nachhaltigkeitsanforderungen als Vertragsbestandteil vereinbart.

Um die baustellenrelevanten Nachhaltigkeitsaspekte korrekt umzusetzen und alle am Bau Beteiligten hierfür zu sensibilisieren, müssen

diese in die Nachhaltigkeitsanforderungen eingewiesen werden. Darüber hinaus ist eine kontinuierliche Überprüfung der Einhaltung der Anforderungen notwendig. Diese Aufgabe muss die Bauleitung übernehmen, soweit kein gesonderter Fachberater (z. B. zur Durchführung und Dokumentation einer Nachhaltigkeitszertifizierung) beauftragt wurde.

Qualitätssicherung

Messungen sind eine gute Möglichkeit zur Überprüfung und Qualitätssicherung der Bauausführung. Beispiele für qualitätssichernde Messungen sind:

- Innenraumluftqualitätsmessung (TVOC, CO₂)
- Luftdichtheitsmessung
- Thermografiemessung
- Schallschutzmessungen (Luftschallschutz, Trittschallschutz)

Bei größeren Bauprojekten mit umfassenden Qualitätssicherungsmaßnahmen empfiehlt es sich, während des Planungsprozesses eine Auflistung aller vorgesehenen Messungen mit Angabe des jeweiligen Messzeitpunktes, der relevanten Gebäudebereiche und der zuständigen Institution zu erstellen (Abb. D.1.2). Die Messungen sind im Terminplan zu berücksichtigen. Sie werden in der Regel separat ausgeschrieben und gesondert beauftragt. Die geforderte Leistung muss sowohl die Durchführung der Messung als auch die Dokumentation der Ergebnisse und Empfehlungen zur Beseitigung von ggf. festgestellten Mängeln umfassen. Anforderungen an Funktions- und Leistungsprüfungen müssen in die Vergabeunterlagen integriert werden, die die ausführenden Firmen zur Angebotserstellung erhalten.

Auf der Baustelle koordiniert die Bauleitung die Durchführung von Messungen, Funktions- und Leistungsprüfungen sowie die Beseitigung von festgestellten Mängeln. Der Bauleiter stimmt den exakten Zeitpunkt mit allen Beteiligten ab. Außerdem informiert er die am Bau Beteiligten über ggf. erforderliche Vorbereitungen (z. B. für Innenraumluftqualitätsmessungen) sowie Arbeiten, die während dieser Zeit nicht ausgeführt werden dürfen.

Messung	relevante Bereiche	Messzeitpunkt	Durchführung
Funktionsprüfung der technischen Anlagen	Heizungssystem Lüftung Raumklimatisierung Kältetechnik Gebäudeautomation Beleuchtung Warmwasserversorgung Fassadenklappen	Inbetriebsetzung der technischen Anlagen	Generalunternehmer (GU)
Innenraumluftqualität: flüchtige organische Verbindungen	Hauptnutzungsräume	spätestens 28 Tage nach Fertigstellung der jeweiligen Messräume (Abschluss der Bau- und sämtlicher Nachbesserungsarbeiten)	Messinstitut A
Innenraumluftqualität: CO ₂ -Konzentration	Aufenthaltsräume mit Lüftungsanlage	nach Inbetriebnahme der Lüftungsanlage, mind. eine Woche während normaler Nutzung (mit Personenbelegung)	Messinstitut A
Schallschutz	maßgebende Bauteile und Installationen (Trennwände, Trenndecken, Technikräume)	Luftschallmessungen nach Fertigstellung der Trennwände/Trenndecken inkl. Türen Trittschallmessungen nach Fertigstellung des Bodenbelags und der Trennwände (idealerweise inkl. Türen) Messung des Schalldruckpegels der technischen Anlagen nach Fertigstellung und Inbetriebnahme der zu messenden Gebäudetechnik und der Trennwände (idealerweise inkl. Türen)	Messinstitut B
Luftdichtheitsmessung (Blower-Door-Test)	gesamtes Gebäude oder repräsentative Zonen (diese sollten eine Standardsituation mit Fassadenausschnitt enthalten, aber auch typische Unregelmäßigkeiten wie z. B. Abschluss der thermischen Hülle gegen unbeheizte Bereiche, Oberlichter, etc.)	nach Fertigstellung der luftdichten Hülle und nach Fertigstellung der Ausbauphase bzw. Fertigstellung des Gebäudes	Messinstitut C

Abb. D.1.2: beispielhafte Aufstellung qualitätssichernder Messungen

Dokumentation

Planer, Bauherr, Nutzer und der spätere Betreiber (bei größeren Bauvorhaben) sollten zu Beginn der Planung den gewünschten Umfang der Dokumentation festlegen. Ziel ist eine Zusammenstellung aller für den späteren Gebäudebetrieb erforderlichen Daten. Analog zu den Messungen zur Qualitätssicherung empfiehlt sich auch hier eine Aufstellung aller benötigten Dokumentationsunterlagen jeweils mit Angabe des zuständigen Unternehmens. Dokumentationsunterlagen, die von den ausführenden Unternehmen zu liefern sind, werden in der Leistungsbeschreibung der Vergabeunterlagen formuliert. Hierzu gehören z. B.:

- Datenblätter der eingebauten Produkte
- Einbauort der verwendeten Produkte, Fotos
- Bedienungsanleitungen

- Inspektions- und Wartungsanleitungen
- ggf. Datenmodelle zur Integration in das BIM-Modell des Architekten oder Ingenieurbüros

Weitere Dokumentationsunterlagen werden von den Planern erstellt (S. 171, D.5.4 Gebäudedokumentation erstellen). Für die Zusammenführung aller Unterlagen ist der Architekt zuständig.

Nach Fertigstellung wird die Gebäudedokumentation an den Auftraggeber übergeben. Ausgewählte Informationen sollten in Form eines Nutzerhandbuches oder einer Einweisung an den Nutzer weitergegeben werden (S. 174, E.1.1 Nutzer informieren und motivieren). Hierbei ist auf eine zielgruppengerechte Aufbereitung der Information zu achten.

Zum Zeitpunkt der Realisierung sollten alle Leistungen in Bezug auf die Aufenthaltsqualitäten und Barrierefreiheit sowie Behaglichkeit und Sicherheit abgeschlossen sein, bzw. die Qualitätssicherung im Rahmen der üblichen Leistungen erfolgen. Enge Schnittstellen bestehen zur Sicherung der energetischen Qualität, da sich die Anforderungen an die Luftdichtheit und Wärmebrückenfreiheit auch positiv auf den thermischen Komfort auswirken (S. 162, INFOBOX Blower-Door-Test und Thermografie).

D.2 Energetische Qualität sichern

In der Realisierungsphase gilt es, die energetischen Qualitäten aus der Planungsphase in den gebauten Zustand zu überführen. Die Aufgaben sind sehr vielfältig und reichen von qualitätssichernden Maßnahmen bei der Bauausführung (Pkt. D.2.1) über den abschließenden Nachweis des energetischen Standards (Pkt. D.2.2) bis zu systematischen Vorbereitungen für einen energieeffizienten Betrieb (Pkt. D.2.3).

D.2.1 Qualität der Ausführung gewährleisten

Die tatsächlich erreichbare Energieeffizienz im späteren Betrieb wird auch durch eine sorgfältige Vergabepaxis und die spätere Ausführung beeinflusst. Daher müssen die angestrebten energetischen Eigenschaften in den Informationen zur Ausschreibung (entweder in den Einzelpositionen oder durch entsprechende Vorbemerkungen) dokumentiert werden. Beispiele hierfür können sein:

- Kennwerte aus der EnEV-Berechnung und aus dem Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes
- Lambda-Werte für die Baustoffe der thermischen Hülle
- Energiedurchlassgrade der Verglasungen oder f_c -Werte für den sommerlichen Wärmeschutz
- s_d -Werte für feuchteschutzrelevante Bauteile in der Ausschreibung, ggf. inkl. Festlegung eines Nachweisverfahrens für Bauteile mit alternativen Konstruktionen
- schriftliche Verankerung durch den Bieter von energetischen Nachweisen für die eingesetzten Produkte (Beispiel Fenster: für den U_w -Wert Nachweis nach DIN 10077 „Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern,



Als wichtiges Kommunikationsmittel und zur Stärkung der Transparenz von Energiekennwerten in Gebäuden wird in der Energieeinsparverordnung (EnEV) die Ausstellung eines Energieausweises nach Fertigstellung des Gebäudes gefordert. Er dokumentiert bei Sanierungs- und Neubaumaßnahmen die wesentlichen Ergebnisse der planungsbegleitenden Berechnungen zum Nachweis der gesetzlichen energetischen Anforderungen (S.77, INFOBOX EnEV und EEWärmeG). Jeder Energieausweis ist zentral mit einer Kennnummer registriert. In Zusammenarbeit des Bundes und der Länder werden stichprobenartige Kontrollen der Energieausweise in drei Prüfschritten durchgeführt, um die Qualität der Energieausweise langfristig zu optimieren und zu sichern. Der Ausweis dient der Vergleichbarkeit von Gebäuden, das Ergebnis muss in Immobilienanzeigen angegeben sowie bei Vermietung, Verkauf oder Verpachtung dem Vertragspartner ausgehändigt werden. Er ist zehn Jahre gültig und besteht aus fünf Blättern, die im wesentlichen folgende Inhalte aufweisen:

- Blatt 1 enthält die Gebäudedaten mit einem Referenzfoto, allgemeine Hinweise zu den Angaben über die energetische Qualität des Gebäudes und zur Verwendung des Energieausweises sowie die Unterschrift des verantwortlichen Ausstellers (in der Regel der Ersteller des EnEV-Nachweises) (Abb. D.2.1). Die Ausstellungsberechtigung ist in §21 EnEV und in der Ausführungsverordnung (AVEn in Bayern) gesetzlich geregelt.
- Blatt 2 bildet die Hauptseite mit allen wesentlichen energetischen Kennwerten. End- und Primärenergiebedarf sind zudem grafisch über einen sogenannten Bandtacho aufbereitet. Er ermöglicht auch für Laien eine schnelle Einordnung der energetischen Qualität durch den Verlauf von grün (sehr gut) bis rot (sehr schlecht), ergänzt durch die bei Haushaltsgeräten üblichen Effizienzkategorien in Buchstaben (A+ bis H). Zusätzlich sind Vergleichswerte zum Endenergiebedarf für verschiedene Gebäudestandards, Angaben zum Erneuerbare-Energien-Wärme-gesetz (EEWärmeG), eventuelle Ersatzmaßnah-

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude		
gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom 1.18.11.2013		
Gültig bis: 20.12.2026		Registrierungsnummer: 1 <small>(oder: *Registrierungsnummer wurde beantragt am...*)</small>
Gebäude		
Hauptnutzung / Gebäudekategorie	Bürogebäude	
Adresse	[Redacted]	
Gebäudeteil	[Redacted]	
Baujahr Gebäude ¹	1978	
Baujahr Wärmeerzeuger ²	2016	
Nettogrundfläche ³	8120 m ²	
Wesentliche Energieträger für Heizung und Warmwasser ⁴	Abwärme/Außenluft, Strom, Erdgas	
Erneuerbare Energien	Art: Abwärme/Außenluft, PV-Strom	Verwendung: HLK, Warmwasser, Beleuchtung
Art der Lüftung/Kühlung ⁵	<input checked="" type="checkbox"/> Fensterlüftung <input checked="" type="checkbox"/> Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung <input checked="" type="checkbox"/> Anlage zur Kühlung <input type="checkbox"/> Schächtlüftung <input type="checkbox"/> Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung	
Anlass der Ausstellung des Energieausweises	<input type="checkbox"/> Neubau <input checked="" type="checkbox"/> Modernisierung (Änderung/Erweiterung) <input type="checkbox"/> Aushangeflicht <input type="checkbox"/> Vermietung/Verkauf <input type="checkbox"/> Sonstiges (freiwillig)	

Abb. D.2.1: Titelblatt des Energieausweises mit Angaben zum Gebäude

men und allgemeine Erläuterungen zum Berechnungsverfahren aufgeführt.

- Blatt 3 ist analog zu Blatt 2 aufgebaut und kommt zur Anwendung, wenn statt einer Berechnung des Energiebedarfs bei unsanierten Bestandsgebäuden der gemessene Energieverbrauch des Gebäudes zur Ausweiserstellung herangezogen wird.
- In Blatt 4 werden im Fall von Bestandsgebäuden die vom Ausweisersteller empfohlenen Maßnahmeoptionen für eine energetische Sanierung aufgeführt (nicht verpflichtende Vorschläge).
- Blatt 5 beinhaltet schließlich allgemeine Erläuterungen zu den Blättern 1 bis 3.

Bei Neubauten werden die Ergebnisse des EnEV-Nachweises verwendet (Bedarfsausweis). Bei den angegebenen Kennwerten ist daher zu beachten, dass sie auf zahlreichen projektunabhängigen, normierten Grundlagen basieren. Dies betrifft beispielsweise die Klimadaten oder das Nutzerverhalten, dem unter anderem ein bestimmtes Lüftungsverhalten, Nutzungszeiten oder Verbrauch von Trinkwarmwasser zugrundeliegt. Eine direkte Übertragung der Kennwerte auf den realen Betrieb oder eine Berechnung der zu erwartenden Energiekosten auf Basis der Ausweisdaten ist daher nur eingeschränkt möglich. Alternativ können unter bestimmten Voraussetzungen bei Bestandsgebäuden ohne relevante Änderungen auch reale Verbrauchsdaten der letzten drei Jahre verwendet werden (Verbrauchsausweis). Die Ausstellungsberechtigung ist gesetzlich geregelt, in Bayern mit der AVEn. Aktuelle Informationen sind über die Beratungsstelle Energieeffizienz und Nachhaltigkeit (BEN) der Bayerischen Architektenkammer zu beziehen (S. 18, INFOBOX Beratungsstelle Energieeffizienz und Nachhaltigkeit (BEN)).

Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten, Fugendurchlässigkeitsklasse“)

- Zielwerte für Luftdichtheit und ggf. Hinweis auf eine spätere, gesondert beauftragte Durchführung von Luftdichtheitsmessungen
- Informationspflicht für den Fall eines Austausches bereits abgestimmter Produkte oder einer nicht normgerechten Ausführung

Luftdichtheit

Im Rahmen der Bauüberwachung sollte besonderes Augenmerk auf die Ausführung einer dauerhaft luftdichten Gebäudehülle gelegt werden. Dies wird in der Regel optimal erreicht, wenn die Schnittstellen zwischen angrenzenden Gewerken genau geklärt sind, die Gewerke aufeinander abgestimmt arbeiten und eine baubegleitende Überprüfung der Luftdichtheit nach Fertigstellung der luftdichten Ebene erfolgt. Im Idealfall wurden im Rahmen der Ausführungsplanung Planunterlagen erstellt, die einen Abgleich der konstruktiven Details mit dem Luftdichtheitskonzept ermöglichen und den genauen Verlauf der luftdichten Ebene dokumentieren. Im Zuge des Vergabeverfahrens sollten dann die Verantwortlichkeiten für die luftdichte Ausführung im Detail geklärt und während der Realisierung regelmäßig überwacht werden. Zur Überprüfung der Ausführungsqualität zum Abnahmezeitpunkt ist eine Luftdichtheitsmessung über das Blower-Door-Verfahren empfehlenswert (S. 162, INFOBOX Blower-Door-Test und Thermografie).

Wärmebrücken

Ergänzend zur Luftdichtheit muss auch die Vermeidung von Wärmebrücken, die durch Ausführungsmängel entstehen können, überprüft werden (S. 72, B.2.3 Gebäudehülle optimieren). Bezüglich Ausschreibung, Vergabe und Bauüberwachung gilt hier Gleiches wie bei der Luftdichtheit. Zur Qualitätssicherung im Rahmen der Abnahme können Thermografieaufnahmen durchgeführt werden, um optisch nicht erkennbare Mängel aufzeigen zu können (S. 162, INFOBOX Blower-Door-Test und Thermografie).

D.2.2 Energetischen Standard nachweisen

EnEV-Nachweis

Entsprechend den rechtlichen Vorgaben muss ergänzend zur Einreichung des Baugesuchs der Nachweis zur Einhaltung der gesetzlichen energetischen Anforderungen nach Energieeinsparverordnung (EnEV) sowie des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG) geführt werden (S. 77, INFOBOX EnEV und EEWärmeG). Erfahrungsgemäß ergeben sich sowohl in der Ausführungsplanung als auch im Rahmen der Ausschreibung und Vergabe Änderungen, wenn konstruktive Details überarbeitet sowie konkrete Materialien und Produkte ausgewählt werden. Eine begleitende Aktualisierung der EnEV-Berechnung ist daher zu empfehlen. Im Idealfall sollten alle energetisch relevanten Informationen zur Gebäudehülle parallel im Bauteilkatalog nachgeführt werden. Nach Beendigung der Baumaßnahmen sind zum finalen Nachweis des energetischen Standards folgende Leistungen erforderlich:

- abschließende Berechnung nach EnEV inkl. Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes sowie Nachweis nach EEWärmeG
- Ausstellung des Energieausweises auf Basis des fertiggestellten Gebäudes und Erläuterung für den Bauherrn/Nutzer
- ggf. Abschluss weiterer Nachweise (Passivhausstandard, KfW-Effizienzhaus, Nachhaltigkeitszertifikat etc.)

Dokumentation Energiekonzept

Darüber hinaus empfiehlt es sich, das gesamte Energiekonzept – insbesondere die technischen Aspekte – abschließend in grafischer und textlicher Form zu dokumentieren. Im Rahmen einer Nutzerinformation sind die wesentlichen Funktionen der Energietechnik, die Einflussmöglichkeiten durch den Nutzer und die Auswirkungen von Verhaltensweisen auf den



Innenraumkomfort und den Energieverbrauch zu erläutern. Das rechtlich erforderliche Dokument für die Kommunikation der energetischen Kenn-
daten des Gebäudes ist der Energieausweis, der in öffentlichen Gebäuden
zur Erhöhung der Transparenz auch für Nutzer und Besucher zugänglich
ausgehängt werden muss (S. 159, INFOBOX Energieausweis). Der Ener-
gieausweis basiert bei Neubauten und Bestandssanierungen auf den
Ergebnissen der abschließenden EnEV-Berechnung nach Fertigstellung.

Ausstellung
Energieausweis

D.2.3 Effizienten Betrieb vorbereiten

Die Realisierungsphase bildet die Schnittstelle zwischen Planung und lang-
fristiger Gebäudenutzung. Zur Sicherung eines energieeffizienten Betriebs
ist es empfehlenswert, folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Berechnungen zur Dimensionierung und Erläuterungen zur Funktions-
weise der gebäudetechnischen Anlagen systematisch dokumentieren
(z. B. Wärme- und Kälteversorgung, Lüftungstechnik, Solaranlagen)
- hydraulischen Abgleich berechnen, durchführen und dokumentieren
- Erstellung eines Konzepts zur systematischen Inbetriebnahme der
Gebäudetechnik. Hilfreiche Hinweise hierfür bietet das Bewertungs-
system Nachhaltes Bauen (BNB) des Bundes.
- Einweisung der Nutzer bzw. Betreiber in die Handhabung der gebäude-
technischen Anlagen vor Ort veranlassen
- Funktions- und Leistungsfähigkeit der Anlagentechnik durch unab-
hängige Fachplaner überprüfen lassen
- Kommunikationsfähigkeit der Gebäudeautomation für das Gesamtsys-
tem durch alle relevanten ausführenden Unternehmen bestätigen lassen
- Auflistung aller erforderlichen Wartungsverträge und -intervalle als
Bestandteil der Dokumentation
- Abstimmung der Vergabe für Wartungsverträge: Für technische Ge-
werke empfiehlt es sich, dass die ausführenden Firmen einen Wartungs-
vertrag direkt über das LV anbieten, da diese dann auch aus der Sicht
einer optimierten Instandhaltung Einfluss auf die Komponenten nehmen
können. Eine Beauftragung kann dann gesondert nach erfolgreicher
Mängelbeseitigung erfolgen.
- Klärung konkreter Verantwortlichkeiten für eine kontinuierliche Über-
prüfung und Optimierung des energetischen Gebäudebetriebs (S. 130,
INFOBOX Monitoringkonzept)

Dokumentation und
Einweisung

! BNB Kriterium 5.2.3
„Systematische Inbetrieb-
nahme“

Wartungsverträge

Wenn möglich, sollte eine Sensibilisierung der späteren Nutzer für das
Themenfeld Energieeffizienz erfolgen. Dies kann auf unterschiedliche
Weise geschehen, beispielsweise über eine Nutzerschulung zum Energie-
konzept oder ein gut verständliches Nutzerhandbuch (S. 174, Abb. E.1.1).
Eine günstige Gelegenheit können hier auch die Übergabe und Erläuterung
des Energieausweises darstellen. Insbesondere bei Sanierungsprojekten
ist ggf. auf die Sinnhaftigkeit oder das Erfordernis eines veränderten Nutzer-
verhaltens hinzuweisen.

Wichtige Anforderungen an nachhaltige Gebäude mit hoher Energieeffizienz sind die Ausführung einer luftdichten Gebäudehülle und die Vermeidung von Wärmebrücken. Beides wird in der Ausführungsplanung sorgfältig detailliert und in der Ausschreibung konkretisiert. Ergänzend zu entsprechenden Vorbemerkungen in der Ausschreibung und einer sorgfältigen Bauüberwachung dienen die hier beschriebenen Methoden dazu, die Qualität der Ausführung nach Fertigstellung und vor Abnahme der Unternehmerleistungen zu überprüfen und ggf. korrigierende Maßnahmen abzuleiten.

Luftdichtheit

Die Grundlage der Luftdichtheit bildet ein Luftdichtheitskonzept, in dem die gesamte innere Gebäudehülle durchgehend erfasst wird. Das wesentliche Ziel der Luftdichtheit ist es, ungewollte Lüftungswärmeverluste zu verhindern. Zugleich verhindert die luftdichte Gebäudehülle das Eindringen von Luft in die Konstruktion und damit Kondensationseffekte, die zu Bauschäden führen würden. Insbesondere die Fügungspunkte, beispielsweise beim Übergang von der Putzebene der Außenwand zur

Folienabdichtung eines Sparrendaches, lassen sich in der Regel durch Klebmaßnahmen abdichten. Hierbei ist eine hohe Sorgfalt in der Planung und Ausführung erforderlich. Um eventuelle Schwachstellen in der Dichtungsebene erkennen zu können, wird ein Blower-Door-Test (wörtl. Gebläse-Tür-Test) durchgeführt. Es handelt sich hierbei um ein Differenzdruck-Verfahren, bei dem nach Abdichtung aller offenbaren Elemente durch einen in ein spezielles Türelement integrierten Ventilator ein Über- oder Unterdruck im Gebäude hergestellt wird. Anhand des Volumenstroms, den der Ventilator zur dauerhaften Aufrechterhaltung der Druckdifferenz in das oder aus dem Gebäude befördern muss, kann das Maß der Luftdichtheit bestimmt werden.

Die Ergebnisse werden in Form eines Kennwerts dokumentiert, der angibt, wie oft das Gebäudeluftvolumen in einer Stunde bei einem Differenzdruck von 50 Pascal ausgetauscht wird (n50-Wert, Einheit 1/h). Die Mindestanforderung an Gebäude ohne Lüftungsanlage ist z. B. nach EnEV der Wert 3, was einer Erneuerung des Luftvolumens alle 20 Minuten entspricht. Je

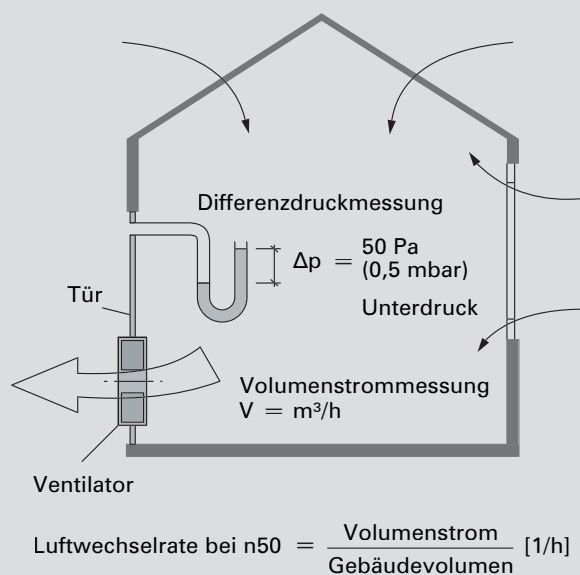


Abb. D.2.2: Prinzip Blower-Door-Test

geringer der Wert ist, desto höher ist die Luftdichtheit. Bei Gebäuden mit Lüftungsanlage ist nach EnEV ein Maximalwert von 1,5 vorgegeben, Passivhäuser müssen Werte von maximal 0,6 erreichen. Eine Luftdichtheitsmessung ist keine Leistung nach HOAI, jedoch zur Sicherung der Ausführungsqualität insbesondere bei Gebäuden mit Lüftungsanlage und hoher Energieeffizienz sehr empfehlenswert bzw. je nach Nachweisverfahren sogar erforderlich.

Wärmebrückenfreiheit

Ebenso wie die Luftdichtheit wird die Wärmebrückenfreiheit der Gebäudehülle im Wesentlichen in der Ausführungsplanung sichergestellt. Doch auch bei guter Planung können durch mangelhafte Ausführung Wärmebrücken entstehen, die entsprechende Energieverluste nach sich ziehen und potenzielle Gefahrenstellen für Bauschäden darstellen. Typische Beispiele sind offene Fugen in der Wärmedämmung, fehlende Dämmebenen in Anschlussbereichen (z. B. Fensterlaibung) oder auch eine fehlende Luftdichtheit. In der Regel sind solche Schwachstellen nach Fertigstellung visuell nicht erkennbar.

Die dadurch entstehenden Wärmeströme können jedoch mithilfe der Infrarottechnologie sichtbar gemacht werden. Die sogenannte Thermografie (wörtl. Wärmedarstellung) nutzt wie übliche Digitalkameras ein bildgebendes Verfahren, bei dem die für das menschliche Auge nicht sichtbare Infrarotstrahlung über ein Farbspektrum dargestellt wird. Anhand des Bildes können die entsprechenden Temperaturen der Oberflächen ermittelt werden. Bei Wärmebrücken findet ein erhöhter Wärmefluss von innen nach außen statt, sodass die Oberflächentemperatur hier höher ist als in der Umgebung. Thermografieaufnahmen lassen sich sinnvoll nur bei hoher Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenraum erstellen und werden daher in der Regel während der Heizperiode gemacht. Sie stellen keine Grundleistung nach HOAI dar, sind jedoch im Sinne der Qualitätssicherung vor allem bei Gebäuden mit hoher Energieeffizienz empfehlenswert. Hilfreich sind Thermografieaufnahmen auch bei der energetischen Analyse von Bestandsgebäuden im Rahmen von Sanierungsmaßnahmen, um mögliche Schwachstellen erkennen zu können.

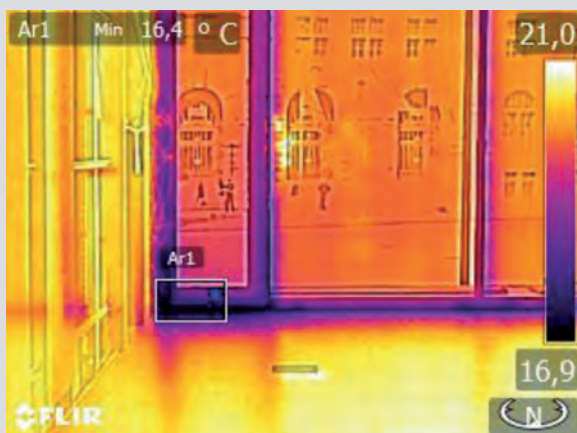


Abb. D.2.3: Überprüfung einer Türdichtung mittels Thermografieaufnahme

Der „Fahrplan“ für den Materialeinsatz ist über die Ausführungsplanung definiert, die die ökologische Qualität in Bezug auf Umweltwirkungen und schadstoffreduzierte Bauweise vorbestimmt. Typischerweise sind jedoch für die ausführenden Unternehmen aufgrund der Vorgabe, dass vergabekondition nicht produktscharf, sondern produktneutral ausgeschrieben werden kann, noch Handlungsspielräume bei der Umsetzung gegeben. Dabei kann es sich z. B. um die Auswahl des Bauprodukts selbst handeln oder auch um die Art der Montage. Für die Umsetzung nachhaltiger Bauten sollten daher auch für diese Optionen nachhaltigkeitsbezogene Ziele benannt werden (S. 154, INFOBOX Nachhaltigkeitsaspekte im Vergabe- und Bauprozess). Grundsätzlich hilfreich sind dabei:

transparente Weitergabe von Zielen und Anforderungen

übergeordnete nachhaltigkeitsbezogene Qualitäten benennen

Verarbeitungsbedingungen prüfen

Dokumentation einfordern

- Transparente Weitergabe von Zielen und Anforderungen für die nachhaltige Umsetzung an die ausführenden Firmen. Dabei sollten möglichst konkrete und messbare Größen (z. B. Emissionsverhalten in einer Kammermessung, VOC-Konzentrationen im Produkt) in die Ausschreibung integriert werden. Aber auch allgemeine Leistungsmerkmale und die Beschreibung der geforderten Eigenschaft von übergeordneten Werten (z. B. emissionsarme Beschichtung) können ein zielgerichtetes Angebot durch Bieter befördern. Dies gilt insbesondere für Bauteile, die noch einer ergänzenden Planung durch ausführende Unternehmen bedürfen (z. B. Fassaden, Metalltragwerke, Fahrstühle).
- Spezifizierung von angestrebten Qualitäten in Bezug auf den Einsatz erneuerbarer Baustoffe und Recyclingmaterialien. Darüber hinaus sollten Qualitäten zur Instandhaltungsfähigkeit, Dauerhaftigkeit und Alterungsfähigkeit im Rahmen der Ausschreibung und Vergabe benannt werden. Abhängig von den Rahmenbedingungen für die Verarbeitung können diese Qualitäten in der Ausschreibung idealerweise auch in klar formulierte Zielvorstellungen überführt werden (z. B. über angestrebte Dauerhaftigkeiten von Bauteilen oder Beschichtungen).
- Arbeiten, die unter spezifischen Verarbeitungstemperaturen nicht in gleichbleibender Qualität erfolgen können (z. B. Verklebungen bei der Dachabdichtung, Betonarbeiten beim Einsatz von Portlandzement, CEM II oder CEM III sowie Lackierung von TGA-Leitungen im Innenraum vor Fertigstellung der Gebäudehülle) sollten nach Möglichkeit außerhalb von Frost- und Kälteperioden eingeplant werden.
- Übergabe von Dokumentationszielen sowie des genauen Vorgehens bei der Objektüberwachung an die Bauleitung sowie die ausführenden Firmen. Spätestens vor der Freigabe von Schlussrechnungen sollte die Qualität der ökologischen Dokumentation (z. B. Umfang der Produktdeklaration, Nachweistiefe über Prüfung der eingereichten Informationen) der einzelnen Firmen detailliert überprüft werden.

D.3.1 Ressourcenschonende Umsetzung fördern

Selbst wenn bis zur Ausschreibung für die ressourcenschonende Umsetzung keine spezifischen Ziele im Projekt definiert wurden (S. 85, B.3 Ressourcenschonendes Materialkonzept entwickeln), kann das ressourcenschonende Bauen als übergeordnetes Ziel in der Ausschreibung benannt werden. Folgende Punkte sind dabei besonders beachtenswert:

zertifizierte, erneuerbare Baustoffe

- Vorrangige Ausschreibung von Bauteilen aus erneuerbaren Baustoffen

(z. B. Ständerwände, Beplankungen, Dämmungen). Die Forderung lässt sich auch als mögliches Zuschlagskriterium definieren. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft zum Einsatz kommt. Dies lässt sich z. B. über eine FSC- oder eine PEFC-Zertifizierung nachweisen. Tropenholz sollte aufgrund von fast immer vorhandenen lokalen Alternativen generell vermieden werden.

- Benennung von Bauteilen, bei denen der Einsatz von Recyclingmaterialien (z. B. Betonzuschlag, Fundamentbau aus Recyclingschotter, Gummimatten, Kunststoffbauteile, Spanplatten, Glasschaum) und Sekundärrohstoffen (z. B. Flugasche- oder Puzzolan-Beton) angestrebt wird. Wichtig ist die Verankerung von spezifischen Kennwerten (z. B. Anteil Sekundärrohstoffe) im Rahmen der Ausschreibung mit Forderung eines Nachweises in der Leistungsdokumentation der ausführenden Firma.
- Ggf. sollten auch Vorgaben im Bauprozess für besonders umweltgerechte Sekundärrohstoffe ausgeschrieben werden. Dies gilt insbesondere dann, wenn der Ersatzbaustoff – wie im Falle des Betons – andere Verarbeitungsbedingungen benötigt, als der klassische Baustoff (z. B. Vermeidung von Rohbau im Winter beim Einsatz von Flugasche-Beton). Beim Einsatz von CEM II/III lohnt sich z. B. die ergänzende Formulierung, dass unter einer Außenraumtemperatur von +5°C der Einsatz von CEM I für die Sicherung des Baufortschritts zulässig ist.
- Bei einer Wiederverwendung von Bauteilen sollten in der Ausschreibung ggf. zusätzlich ergänzende technische Nachweise/Leistungs-erklärungen (z. B. statische, bauphysikalische oder hygienische) zu den Bauteilen eingefordert werden. Klassische Beispiele sind beim Einsatz von Altholz Nachweise, dass dieses frei von chemischen Holzschutzmitteln und PAK ist, oder die Feststellung des Carbonatisierungsgrades bei der Wiederverwendung von Betonfertigteilen.
- Positionsbezogene Verankerung von Reinigungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit in der Ausschreibung (z. B. Nutzung von inhomogenen, melierten Bodenbelägen, Sicherstellung einer hohen Abriebsfestigkeit von Wandoberflächen in Flurzonen und Treppenhäusern, verstärkter Kantenschutz an stark beanspruchten Wandecken und Treppenkanten).
- Positionsscharfe Formulierung besonderer Anforderungen an Bauteile im Sinne der Langlebigkeit (z. B. Dauerhaftigkeiten von Baustoffen). Dabei sind den Bietern die Kriterien detailliert zu benennen, die als Zuschlagskriterium für die Vergabe herangezogen werden.
- Erstellung eines Konzepts zur Emissionsreduktion auf der Baustelle (S. 154, INFOBOX Nachhaltigkeitsaspekte im Vergabe- und Bauprozess). So sind z. B. für die Senkung von Staubemissionen Befestigungen von Zuwegungen zur Baustelle oder Baumaschinen mit direkter Staubabsaugung sinnvoll. Für reduzierte Schallemissionen können Maßnahmen mit unvermeidbarem Lärm gebündelt und Zeitfenster mit reduzierter Lärmemission festgelegt werden.
- Verankerung von Müllvermeidung und -trennung auf der Baustelle.

Recyclingmaterialien und Sekundärrohstoffe

Ausschreibung von Vorgehen im Bauprozess

Nachweise für die Wiederverwendung von Bauteilen

reinigungs- und instandhaltungsfreundliche Baustoffe

dauerhafte Baustoffe

emissionsarme Baustelle

Abfallreduktion

D.3.2 Recyclinggerechte Umsetzung fördern

Ähnlich wie die ressourcenschonende Umsetzung bedarf auch die recyclinggerechte Umsetzung der Verankerung in der Ausschreibung. Folgende Punkte sind dabei besonders beachtenswert:

- Fortschreibung und Ergänzung eines ggf. bestehenden Recyclingkonzepts. Bei einer Planungsbegleitung durch einen Nachhaltigkeitskoordinator kann gemäß BNB Kriterium 4.1.4 die Dokumentation in Bezug auf Rückbaufähigkeit (z. B. Materialverbünde) oder Sortenreinheit (z. B. Berücksichtigung von hersteller- oder brancheneigenen Rückführungssystemen) fortgeschrieben werden.
- Kennzeichnung der verwendeten Baustoffe zur verbesserten Übergabe

Fortschreibung des Recyclingkonzepts

Kennzeichnung von Baustoffen

Instandhaltung und Rückbau in der Ausschreibung

Wiederverwendung

in den Recyclingprozess an gleichartigen Identifikationspunkten sowie eine parallele Dokumentation der Produkte für spätere Cradle-to-Cradle-Prozesse. Dies kann neben der objektbezogenen Umsetzung (Bedruckung, RFID-Identifikation) auch über ein konsistentes BIM-Modell geschehen. Ggf. sollte auch die Übergabe von BIM-fähigen Daten in der Ausschreibung als Leistung des Unternehmers verankert werden.

- Positionsscharfe Formulierung von instandhaltungs- und rückbaurelevanten Aspekten wie z. B. Vermeidung von Schäumen oder Verklebungen, Nutzung von geklemmten Verbindungen, lose Auflagen, einfache Klick- oder Schraubverbindungen. Dabei sollten verschleißbetroffene Bauteile wie Griffgarnituren, Fensterbänder und stark genutzte Oberflächen besonders beachtet werden.
- Integration von Anforderungen zur direkten Wiederverwendung von Baustoffen auf der Baustelle (z. B. von einem abgebrochenen Bestandsgebäude, oder einem Aushub an Bodenmaterial)

D.3.3 Ökobilanz vervollständigen

Positive wie negative baustoffbezogene Umweltwirkungen bilden sich als Folge einer planerischen Entscheidung über die Ökobilanz ab. Zwar ist eine Ökobilanz im Rahmen der Umsetzungen in der Regel nur bei Gebäuden mit Nachhaltigkeitszertifizierung nötig, das Zusammenstellen der am Projekt erarbeiteten Informationen über mögliche Umweltwirkungen fördert jedoch auch den Vergleich von üblichen planerischen Vorgehensweisen, ermöglicht eine langfristig zielstrebigere Bewertung durch die Planer und fördert die bautechnische Entwicklung in diesem Bereich. Dazu bedarf es:

Sammlung von EPDs

Nachweise der Rohstoffgewinnung

Prüfung der Dokumentation

Produktprüfung auf spezifische Nachhaltigkeitsziele

zentrale Dokumentation und abschließende Ökobilanzierung

- Systematische Sammlung von Nachweisen zu den lokalen Umweltwirkungen der verwendeten Produkte (z. B. Herstellerinformationen und EPDs): Durch die unterschiedlichen Module lassen sich dabei die genauen Umweltwirkungen im Lebenszyklus nachvollziehen (Abb. D.3.1).
- Systematische Sammlung von Nachweisen in Bezug auf die nachhaltige Rohstoffgewinnung (z. B. für Holz FSC- und PEFC-Zertifikate mit Nachweis der Lieferkette oder für Naturstein Fair-Stone-Nachweis)
- Prüfung der anforderungsgerechten Dokumentation der ausführenden Firmen, ggf. Nachforderung von Qualitätsnachweisen für Produkte
- Produktprüfungen auf Übereinstimmung mit den Anforderungen spezifischer Nachhaltigkeitsaspekte (z. B. halogenfreie Kabel, Bauprodukte mit reduzierten Umweltwirkungen, Recyclingmaterialien, verbesserte Instandhaltungsfähigkeit, erhöhte Dauerhaftigkeit)
- Zusammenführung in eine zentrale Dokumentation (z. B. Datenbank, Bauteilkatalog). Mittels Einpflegen der detaillierten Produktdaten in die Ökobilanz (z. B. SBS oder eLCA) erfolgt die abschließende Dokumentation der Ökobilanzierung.

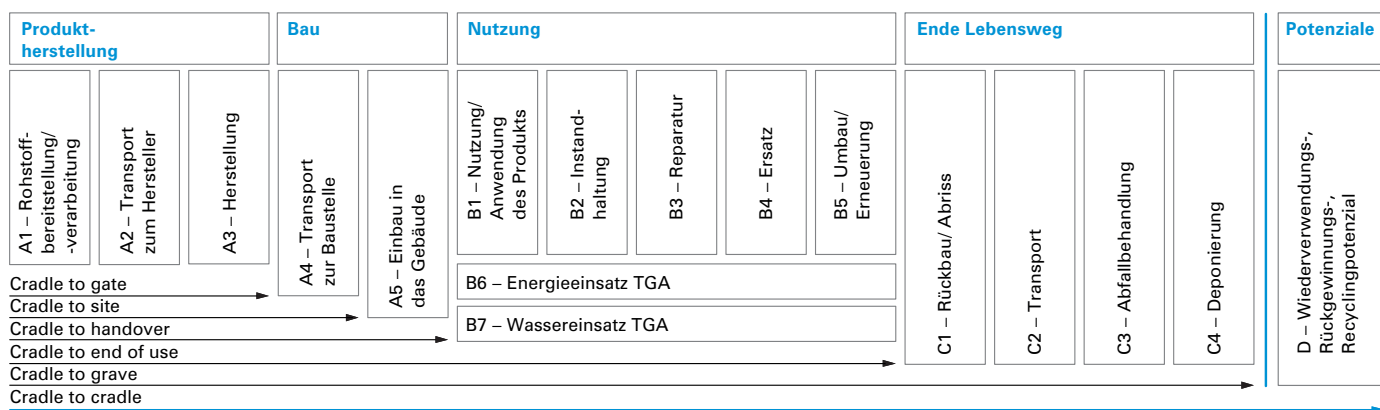


Abb. D.3.1: Einteilung der Lebenszyklusinformation in Module nach EN 15643-2/EN 15804 sowie sprachliche Beschreibung des Betrachtungszeitraums



Zur Sicherstellung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit und zum Nachweis der schadstoffarmen baulichen Umsetzung müssen alle tatsächlich verbauten Produkte bekannt sein. Mit den Vorgaben aus der Werkplanung ist eine transparente Methode im Projekt vorhanden (S. 144, C.4.2 Anforderungen an schadstoffarme Produkte festschreiben).

Da im Bauprozess kurzfristige Änderungen bei Produkten durchaus üblich sind, müssen in solchen Fällen in den Planunterlagen die tatsächlich realisierten Konstruktionen nachgeführt werden. Zugleich müssen die Anforderungen an die Dokumentation der Produkte aus der Ausschreibung für die Produktdeklaration sichergestellt werden. Hierfür ist eine schnelle Fortschreibung der Werkplanung und eine effektive Kommunikation zwischen Auftraggeber, Architekten und Bauüberwachung notwendig. Insbesondere Nachtragsforderungen und Bedenken ausführender Firmen können dazu führen, dass eventuell Materialentscheidungen grundsätzlich oder im Detail neu getroffen werden müssen (S. 154, INFOBOX Nachhaltigkeitsaspekte im Vergabe- und Bauprozess).

D.4.1 Schadstoffarme Umsetzung fördern

Manchmal scheinen hohe Anforderungen in Bezug auf die Schadstofffreiheit von Bauprodukten einer möglichst mängelarmen Umsetzung entgegenzustehen. So bieten z. B. stark lösungsmittelhaltige Lacke mitunter überhöhte Festigkeiten, die einzelne ausführende Firmen zur Herstellung der versprochenen Qualität bevorzugen. Gerade bei solchen Firmen gilt es, diese zur Schadstofffreiheit zu verpflichten, ihnen aber gleichzeitig Bedenken bei der Umsetzung angepasster Festigkeiten zu nehmen:

- Die gewünschten ökologischen Materialanforderungen sollten im Vorfeld auf Widerspruchsfreiheit zu den erforderlichen Produktfunktionen auf Positionsebene im LV überprüft werden. Hilfreich ist hier ggf. sogar die Ausschreibung einer Bemusterung mit Berücksichtigung der schadstofftechnischen Anforderungen. Trotzdem können Fälle auftreten, in denen Produkte ökologische Anforderungen nicht erfüllen (z. B. Wandfarbe mit erhöhter Reflexion für Bildprojektion). Daher sollte im Rahmen der Projektbearbeitung (z. B. bei Baustellenschulungen) das Verfahren in solchen Fällen beschrieben werden. Ein mögliches Vorgehen ist eine Prüfung von drei nutzbaren Produkten, von denen dann die schadstofftechnisch beste Alternative gewählt wird.
- In kleinem Maßstab helfen ggf. auch Probelackierungen von Metallbauteilen zur Überprüfung der Abriebfestigkeit einer beabsichtigten Beschichtung. Hier sollte die Einhaltung vorgegebener Trocknungstemperaturen und -zeiten sichergestellt und protokolliert werden. Hilfreich ist auch die exemplarische Überprüfung von Maßnahmen zur Mängelbeseitigung bei den ausgewählten Produkten, da hier ggf. zusätzliche Anforderungen entstehen können (z. B. Haftfestigkeit von Lacken auf lackiertem und nicht grundiertem Untergrund).
- In Einzelfällen ist es zur Sicherstellung einer besonders geringen Schadstoffbelastung sinnvoll, in der Ausschreibung die Ausführung eines Musterraums mit anschließender Raumluftmessung zu fordern.

Prüfungstransparenz

Probelackierungen

Musterraum

D.4.2 Schadstoffarme Umsetzung dokumentieren

Die Dokumentation der eingesetzten Produkte kann entweder gewerke- weise den LV-Positionen zugeordnet werden oder über einen Bauteilkata- log erfolgen. Listen, jeweils pro Gewerk, bieten den Vorteil der besseren Nachvollziehbarkeit von Systemaufbauten (inkl. Anschlüssen) sowie der leichteren Prüfbarkeit auf der Baustelle. Die Erfassung über den Bauteilkata- log schafft hingegen im Nachgang eine hohe Sicherheit bei der Zuordnung der eingesetzten Produkte. Die gewerkeweise Dokumentation ist häufig umfassender. Sie eignet sich daher als grundlegendes Arbeitsmittel und unterstützt insbesondere die Umsetzung (S. 154, INFOBOX Nachhaltigkeits- aspekte im Vergabe- und Bauprozess).

Eine gebäudebezogene Dokumentation mittels Bauteilkatalog erleichtert vor allem das Facility Management und spätere Instandhaltungsmaßnah- men. Um eine schadstoffarme Umsetzung des Gebäudes zu dokumentie- ren, sind folgende Maßnahmen sinnvoll:

zentrale Dokumentation

- Zusammenführung der gewerkeweisen Listen in eine zentrale Doku- mentation (z. B. Datenbank, Bauteilkatalog). Durch die Zusammenstel- lung von Ökobilanzdaten in Kombination mit Wartungs- und Pflegehin- weisen kann auf diese Weise eine produkttechnische Dokumentation des Gebäudes entstehen. Dies sollte insbesondere dann angestrebt werden, wenn der Bauprozess auf einem zentralen Server dokumentiert wird, da sich durch Mitwirken der ausführenden Firmen die umfassende Dokumentation leicht erstellen lässt. Bei der Planung mittels BIM kann über die Anreicherung des Gebäudemodells mit bauteilspezifischen Daten wie Wartungs- und Pflegeanleitungen ein professionelles Facility Management vorbereitet werden.

Raumluftmessung

- Da Schadstoffarmut nicht sichtbar ist, bietet die Überprüfung der schad- stoffarmen Umsetzung durch eine Raumluftmessung einen Erfolgs- nachweis von Planung und Umsetzung (INFOBOX Raumluftmessung). Die WECOBIS-Datenbank enthält einen Hinweistext, mit dem Planungs- und Bauausführungsbeteiligte auf die anstehende Raumluftmessung mit den zugehörigen Randbedingungen hingewiesen werden können.
- Um die schadstoffarme Qualität auch in der Nutzungsphase aufrecht- zuerhalten, sollten bei einem nachfolgenden Mieterausbau die Schad- stoffanforderungen in den Mietverträgen beschrieben und verankert werden. Darüber hinaus können auch für die Möblierung oder die tech- nische Ausstattung schadstofftechnische Anforderungen formuliert werden (S. 182, E.4.2 Nachhaltige Beschaffung fördern).

i Planungs- & Ausschrei-
bungshilfen – Planungsziel
Innenraumluft
www.wecobis.de

Weitergabe von Zielen an Dritte

Kennwert	Ableitung des Kennwerts	Bedeutung einer Überschreitung
Neubauorientierungswerte (NOW)	statistische Ableitung – „durchschnittliche“ Belastung von Neubauten aus Vergleichs- messungen der AGÖF	Eine Emissionsquelle im Gebäude ist vorhanden.
„Niedrigste interessierende Konzentration“ (NIK-Wert)	toxikologische Ableitung des AgBB	Eine gesundheitliche Beeinträchtigung wurde in Einzelfällen nachgewiesen
Richtwert I (RW I Wert) „Vorsorgewert“	toxikologische Ableitung durch den AIR des Umweltbundesamtes	Bei Überschreitung ist bei lebenslanger Exposition eine gesundheitliche Beeinträchtigung zu erwarten.
Richtwert II (RW II Wert) „Gefahrenwert“	toxikologische Ableitung durch den AIR des Umweltbundesamtes	Bei Überschreitung ist bei Daueraufenthalt eine gesundheitliche Gefährdung zu er- warten. Bei Erreichen bzw. Überschreiten ist daher unverzüglich zu handeln.

Abb. D.4.1: Kennwerte für die Bewertung von Einzelstoffen, ihre Ableitung sowie ihre Bedeutung bei Überschreitung

Raumluftmessungen dienen nicht nur als Beleg der Planungs- und Umsetzungsqualität, sondern sollen auch bei den zukünftigen Nutzern des Gebäudes Vertrauen in die Bauqualität schaffen. Teilweise werden dazu spezifische Stoffe gemessen, die Menge von Keimen in der Zuluft ermittelt oder Feinstaubimmissionen überprüft. Hilfreich sind besonders die Messungen der Konzentration an flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) und separat Formaldehyd. Folgende Aspekte sollten dabei überprüft werden, die auch im BNB Kriterium 3.1.3 „Innenraumlufthygiene“ hinterlegt sind:

- Da Raumluftmessungen aufwendig sind, können nur ausgewählte Räume überprüft werden. Die Raumauswahl soll daher möglichst repräsentativ für die Belastung der Innenraumluft durch Baustoffe und Bauprodukte sein und im Idealfall alle verbauten Oberflächen erfassen.
- Um vergleichbare Messergebnisse zu erzielen, sollte die Messung für Neubauten spätestens vier Wochen nach Fertigstellung der Räume erfolgen, spätestens

jedoch vor Einzug. Weiterhin sind die Vorgaben zu den Messrahmenbedingungen nach DIN ISO 16000 „Innenraumluftverunreinigungen“ einzuhalten.

- Neben der Betrachtung der Summe aller flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC) werden die stoffspezifischen Messwerte mit den Richtwerten RW I und RW II sowie den sogenannten Neubauorientierungswerten (NOW-Werte) verglichen. Die Richt- und Orientierungswerte stellen der AIR (Ausschuss für Innenraumrichtwerte) des Umweltbundesamtes sowie die Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute e.V. (AGÖF) bereit. Für die Bewertung hilfreich kann ggf. auch die „Niedrigste interessierende Konzentration“ (NIK-Wert) nach dem „Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten“ (AgBB) des Umweltbundesamtes sein (Abb. D.4.1).

Typischerweise sind Vergleiche zu Richtwerten in einem Bericht zur Raumluftmessung enthalten (Abb. D.4.2). Er sollte auch dem Architekten zur Verfügung stehen.

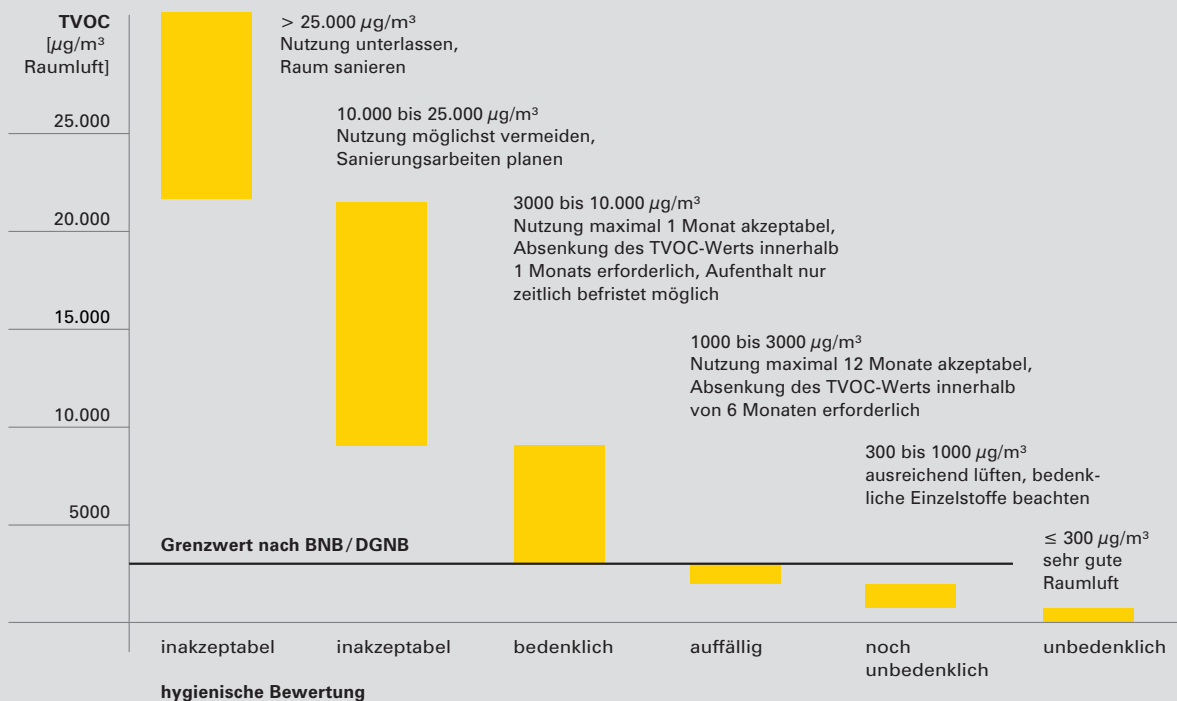


Abb. D.4.2: TVOC-Bewertung und Empfehlungen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe des Umweltbundesamtes

Die Vorbereitung eines kosteneffizienten Gebäudebetriebs beginnt bereits in der Planung und setzt sich im Vergabe- und Bauprozess fort. Entscheidende Schritte in dieser Phase sind die Berücksichtigung von kostenrelevanten Aspekten bei der Produktwahl (Pkt. D.5.1), die Sicherung der Qualität der Bauausführung (Pkt. D.5.2), die Vorbereitung einer ordnungsgemäßen Instandhaltung (Pkt. D.5.3) sowie die Erstellung einer detaillierten Gebäudedokumentation (Pkt. D.5.4).

Dauerhaftigkeit,
langfristige Verfügbarkeit

Reinigungs- und Instandhaltungs-
freundlichkeit,
Recyclingfreundlichkeit

D.5.1 Kostenrelevante Aspekte bei der Produktwahl berücksichtigen

Kostenrelevante Aspekte können entweder in Form von übergeordneten Anforderungen in den ZTV oder in Form von konkreten Anforderungen auf Positionsebene in der Ausschreibung berücksichtigt werden. Beispiele für kostenrelevante Aspekte bei der Produktwahl sind Garantiezeiten, Nutzungsdauern, der gebotene Service sowie die spätere Verfügbarkeit für den Austausch einzelner Elemente. Ebenso sind Aspekte wie Reinigungsfreundlichkeit (z. B. bei der Auswahl von Farbe, Muster und Oberflächenstruktur von Bodenbelägen), Instandhaltungsfreundlichkeit und Recyclingfreundlichkeit relevant.

D.5.2 Qualität der Bauausführung sichern

Durch eine sorgfältige Überprüfung der Ausführungsqualität lassen sich Mängel frühzeitig erkennen und beheben. Die Bauleitung stellt sicher, dass die geplanten und versprochenen Eigenschaften tatsächlich mängelfrei vorliegen. Aufwendige Nachbesserungen sowie Bauschäden in der Nutzungsphase werden so vermieden. Im Fall von Mängeln, die Auswirkungen auf den Energieverbrauch des Gebäudes haben, werden durch eine frühzeitige Beseitigung auch hohe Energiekosten vermieden. Die Sicherung der Ausführungsqualität erfolgt durch

- Durchführung von Messungen (S. 162, INFOBOX Blower-Door-Test und Thermografie, S. 169, INFOBOX Raumluftmessung)
- Durchführung einer systematischen Inbetriebnahme
- sorgfältige Abnahme und konsequente Mängelbeseitigung

i VDI 6039
„Facility-Management –
Inbetriebnahmemanagement
für Gebäude“

BNB Kriterium 5.2.3
„Systematische Inbetrieb-
nahme“

D.5.3 Ordnungsgemäße Instandhaltung vorbereiten

Um langfristig einen ordnungsgemäßen Betrieb des Gebäudes sicherzustellen, sind detaillierte Informationen zur Funktion und Wartung der baulichen und technischen Gebäudekomponenten erforderlich. Für einen ordnungsgemäßen Betrieb sind folgende Schritte zu berücksichtigen:

Bedienungsanleitungen

Einführung vor Ort
Inspektions- und Wartungs-
anleitungen

- Anforderung von Bedienungsanleitungen in den Vergabeunterlagen der ausführenden Unternehmen
- Einführung vor Ort durch den Hersteller bzw. Installateur
- Anforderung von Inspektions- und Wartungsanleitungen der instandhaltungsrelevanten Bauteile und TGA-Komponenten in den Vergabeunterlagen der ausführenden Unternehmen

- Erstellung von Wartungsplänen aufgrund der Inspektions- und Wartungsanleitungen für die einzelnen Zielgruppen unter Angabe der durchzuführenden Maßnahmen und der jeweiligen Zeitintervalle (besondere Leistung nach HOAI)
- Aufstellen eines Wartungsterminplans und Vergabe von Wartungsverträgen

Wartungspläne

Wartungsverträge

D.5.4 Gebäudedokumentation erstellen

Eine detaillierte Gebäudedokumentation stellt eine wichtige Grundlage für einen reibungslosen Betrieb sowie für spätere Umbau- und Sanierungsmaßnahmen dar. Die Gebäudedokumentation umfasst u. a. folgende Unterlagen:

- detaillierte Pläne (Grundrisse, Schnitte, Ansichten, Details), die dem realisierten Stand des Gebäudes entsprechen
- TGA-Pläne und -Schemata (Heizung, Kälte, Lüftung, Sanitär, Elektro), die dem realisierten Stand des Gebäudes entsprechen
- Außenanlagenplan, der dem realisierten Stand des Projekts entspricht
- Produkt- und ggf. Sicherheitsdatenblätter zu allen verbauten Materialien und Bauteilen und Angabe des Einbauortes im Gebäude (z. B. Zuordnung zu den Bauteilschichten eines Bauteilkataloges, Fotos)
- Produktdatenblätter zu allen technischen Anlagen und Komponenten
- Bedienungs-, Pflege-, Inspektions- und Wartungsanleitungen
- Berechnungen, die dem realisierten Stand entsprechen (z. B. EnEV-Berechnungen, bau- und raumakustische Berechnungen)

Pläne

Produktdatenblätter
Anleitungen
Berechnungen

Die Bayerische Architektenkammer hat zur Dokumentationspflicht des Architekten ein Merkblatt mit wichtigen Hinweisen erstellt. Dieses beinhaltet u. a. eine Auflistung aller üblicherweise an den Auftraggeber zu übergebenden Dokumente.

i Merkblatt HOAI M9
„Dokumentationspflichten des Architekten“
www.byak.de/planen-und-bauen/recht-und-berufspraxis/merkblaetter.html

Bauwerksmodelle (Building Information Modeling – BIM) gewinnen auch im Bereich des Facility Management zunehmend an Bedeutung. Deshalb sollte seitens der ausführenden Unternehmen eine Übergabe von verwertbaren Daten zu Produkten und Ausführungsdetails für eine Weiterverwendung im digitalen Bauwerksmodell erfolgen.


i GEFMA 926
„Building Information Modeling im Facility Management“

Über den gesamten Gebäudelebenszyklus betrachtet hat bekanntermaßen die Nutzungsphase die größten Auswirkungen auf ökonomische, ökologische und soziokulturelle Aspekte. Demnach enden Nachhaltigkeit und Baukultur nicht mit dem gebauten Projekt. Die Gebrauchstauglichkeit, die Akzeptanz und der Erfolg eines Bauvorhabens zeigen sich erst in der Betriebs- und Nutzungsphase – und diese wird neben den Gebäudeeigenschaften maßgeblich durch den Betreiber und den Nutzer beeinflusst.

Es ist daher eine wichtige Aufgabe, alle in der Planungs- und Bauphase vereinbarten Ziele und Qualitäten des nachhaltigen Bauens auch insgesamt in die Nutzungsphase zu übertragen. In der „Phase 10“ – die nicht mehr zu den üblichen HOAI-Leistungen zählt – lassen sich durch Reflexionen und Optimierungen gegebenenfalls auch Schwachstellen nachbessern. Dies erfolgt insbesondere durch Maßnahmen, die den effizienten, umweltfreundlichen und kostengünstigen Betrieb des Gebäudes sichern bzw. verbessern.

Ferner gilt es, die Nutzer für spezifische Besonderheiten des Gebäudes zu sensibilisieren und zugleich Raum für Entwicklungen und sich wandelnde Bedürfnisse zu bieten. Folglich sollten Möglichkeiten zur Aneignung und verstärkten Identifikation für die Gebäudenutzer vorhanden sein.



174	E.1	Nachhaltige Nutzung initiieren und befördern
174	E.1.1	Nutzer informieren und motivieren
176	E.1.2	Gebäudemanagement optimieren
177	E.1.3	Soziokulturelle Angebote und umweltfreundliche Mobilität fördern
178		 Nutzerzufriedenheit



179	E.2	Energieeffizienten Gebäudebetrieb sicherstellen
179	E.2.1	Energiecontrolling organisieren
179	E.2.2	Einregulierungsphase betreuen
180	E.2.3	Messdaten dauerhaft auswerten und optimieren



182	E.3/4	Emissions- und schadstoffarme Nutzung gewährleisten
182	E.3/4.1	Nutzer Ausbau berücksichtigen
182	E.3/4.2	Nachhaltige Beschaffung fördern



186	E.5	Wirtschaftlichen Gebäudebetrieb sicherstellen
186	E.5.1	Betriebskostencontrolling implementieren
187	E.5.2	Wertstabilität sichern

Eine qualitätsvolle Planung sowie bauliche und technische Maßnahmen bilden die Voraussetzung für eine nachhaltige Gebäudebewirtschaftung, aber letztlich bestimmt das Betreiber- und Nutzerverhalten die ökologischen, ökonomischen und soziokulturellen Qualitäten des Projektes maßgeblich. Um das Gebäude möglichst auch während der Betriebsphase zu verbessern, gilt es zunächst die Nutzer entsprechend zu informieren und zu motivieren (Pkt. E.1.1). Darüber hinaus ist die Optimierung des Gebäudemanagements von großer Bedeutung (Pkt. E.1.2). Im Kontext der Aneignung durch die Nutzer lassen sich eventuell auch soziokulturelle Angebote und Beiträge zur umweltfreundlichen Mobilität ergänzen (Pkt. E.1.3).

i Zentraler Immobilien Ausschuss (ZIA) „Green Lease – Der grüne Mietvertrag für Deutschland“
www.green-lease-standard.info

Umweltmanagementsysteme, z. B. EMAS oder ISO 14001

Um Mieter und Vermieter für eine möglichst nachhaltige Nutzung bzw. Bewirtschaftung von Immobilien zu sensibilisieren, enthalten auch Mietverträge vermehrt „grüne“ Mietvertragsklauseln. Der Zentrale Immobilien Ausschuss (ZIA) hat hierzu 50 Regelungsempfehlungen für ein „Green Lease“ – einen auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Mietvertrag – formuliert, die sich insbesondere für Gewerbeimmobilien als Standard etablieren sollen.

Sofern der Eigentümer oder Mieter ein Umweltmanagementsystem eingeführt hat, unterliegen relevante Aspekte – wie etwa Energieverbrauch, Emissionen, Wasser und Abwasser, Abfälle sowie Gesundheit und Komfort der Nutzer – bereits einem kontinuierlichen Monitoring- und Verbesserungsprozess.

E.1.1 Nutzer informieren und motivieren

Rebound-Effekte

Die Sensibilisierung der Nutzer trägt dazu bei, sogenannte Rebound-Effekte (oder Bumerang-Effekte) zu vermeiden, die auch als unerwünschte Nebenwirkung der Effizienzsteigerung bezeichnet werden. Beispielsweise wird seit Einführung der Energieeffizienzklassen von Haushaltsgeräten in den 1990er-Jahren die kontinuierliche Energieeinsparung bei Kühlschränken (aktuell A+++) durch die gleichzeitig stetige zunehmende Größe der Geräte aufgehoben.

i BNB Kriterium 5.3.1 „Nutzerzufriedenheitsmanagement“ (BNB_BB 2013_3)

Nutzerhandbuch

Grundlage für die Nutzermotivation sind Akzeptanz, Bewusstsein und Bereitschaft zum nachhaltigen Verhalten. Deshalb sollten Planer alle für eine optimale Nutzung des Gebäudes erforderlichen Fachinformationen sowie Hinweise und Empfehlungen weitergeben, um den objektspezifischen Umgang mit dem Gebäude zu befördern. In diesem Zusammenhang führt das BNB-Modul „Nutzen und Betreiben“ differenzierte Hinweise zur „Information und Motivation der Nutzer“ auf. Relevant sind u. a.:

- Alle notwendigen Informationen werden in einem zielgruppengerechten Nutzerhandbuch zusammengefasst und möglichst in einem persönlichen Gespräch im Rahmen einer Nutzereinweisung übergeben. Exemplarische Inhalte führt Abb. E.1.1 auf. Dabei sind Hinweise auf technische Anforderungen der Gebäudetechnik allgemeinverständlich zu beschreiben, um eine sachgerechte Bedienung der Komponenten zu ermöglichen. Auch die Themen Ressourcenschonung, gesundes Raumklima, Sicherheit oder nutzerrelevante Ausstattung sollten enthalten sein.

Orientierung

Kontaktaufnahme	Kontaktdaten von z. B. Eigentümer, Hausverwaltung, Haustechniker, Concierge, Notruf
Standort	Beschreibung des Standorts und des städtebaulichen Umfelds, Versorgungseinrichtungen des täglichen Bedarfs (z. B. Apotheken, Banken, Einkaufsmöglichkeiten und Ärzte)
Bauweise, Größe	Angaben zu Flächen, Geschossigkeit und Geschosshöhen (insbesondere der Tiefgarage)
Verkehrsanbindung	Lageplan/Stadtplan mit Kennzeichnung der Haltestellen für öffentliche Verkehrsmittel (z. B. Bus, U-Bahn, S-Bahn) sowie der Parkplätze etc.
Zugänge zum Gebäude	Beschreibung der Lage des Haupteingangs und der Tiefgarage, Angaben zu Zugangskontrollen ins Gebäude, Beschreibung des Anlieferungskonzepts
Parken	Anzahl der Parkplätze für Mieter, Angaben zu Frauen- und Besucherparkplätzen, Hinweise auf Sicherheitsvorschriften, Erläuterungen zur Funktionsweise unterschiedlicher Arten von Parkplätzen (z. B. Schiebebeparker, Parkpalette, Kipparker und automatische Parkhäuser)
Fahrradstellplätze	Lage und Anzahl (z. B. Pläne und Fotos)
Rauchen	Lage und Anzahl von Raucherplätzen außerhalb des Gebäudes (z. B. Pläne und Fotos)
Zugangskonzept	Öffnungszeiten, Zutrittskontrolle und Gästeanmeldung, evtl. Anlieferung

Gebäudekonzept

Haupteingang und weitere Zugänge	Angaben zu Lage, Ausstattung und Öffnungszeiten von Foyer, Atrium, etc.
Aufzüge	Beschreibung der Lage der Aufzugskerne, Kabinenausstattung, Zugänglichkeit der Geschosse über Aufzüge sowie technische Beschreibung der Bedientableaus
Treppen	Angaben zu Lage der Treppen, Zugänglichkeit der Geschosse über Treppen und Beschreibung von Fluchtwegen über Treppen
Barrierefreiheit	technische und funktionale Einrichtungen für Menschen mit Einschränkungen (z. B. barrierefreie Aufzüge, Notruftasten, automatische Türen, Behindertenparkplätze, Behindertentoiletten)
Nutzungen	Beschreibung von Lage und Ausstattung unterschiedlicher Gebäudenutzungen
Sozialbereiche	Lage und Ausstattung von Lounges, Aufenthaltsräumen, Teeküchen, Toiletten etc.
Lagerflächen	Lage und Ausstattung von Lagerräumen

Nutzung und Notfall

Gebäudehülle	Beschreibung von Öffnungsmöglichkeiten (z. B. von Fenstern und Doppelfassaden)
Raumluftqualität und Lüftungsanlage	Regulierung der Lüftungsanlagen und -stärke inkl. der zugehörigen Bedienelemente, Hinweise zur effizienten Fensterlüftung und – falls vorhanden – zu CO ₂ -Ampeln
Heizen und Kühlen	Regulierung der Raumtemperatur einschließlich der zugehörigen Bedienelemente
Beleuchtung	Funktionsweise von beispielsweise Präsenzmelder, Tageslichtsteuerung, Bedienelementen
Sonnen- und Blendschutz	Regulierung einschließlich der zugehörigen Bedienelemente
Brandschutz	technische Einrichtungen (z. B. Brandmeldeanlage, Sprinkleranlage), Lage von Feuerlöschern, Entnahmehydrantenstellen, Aushänge von Flucht- und Rettungswegeplänen sowie Anweisungen zum Verhalten im Brandfall, bei Evakuierungen oder sonstigen Notfällen

Service

Schließanlage	Funktionsweise der Schließanlagen und Nennung von Ansprechpartnern
Müllentsorgung	Art und Weise der Mülltrennung, Entsorgungsstellen und Leerungszeiten
Reinigungsdienst	Reinigungsintervalle der jeweiligen Nutzfläche (z. B. der Büros, des Foyers, der Treppenhäuser und Müllräume) und Nennung von Ansprechpartnern bei Verunreinigungen
Winterdienst	Art und Weise des Winterdienstes, Durchführungsintervalle, Nennung von Ansprechpartnern
Facility Management/Hausmeisterdienst	Kontaktdaten und Sprechzeiten von Ansprechpartnern
allgemeine Konferenzräume, Kantine	Hinweise zur Nutzung und Reservierungsmöglichkeiten
IT-Support	Kontaktdaten und Sprechzeiten von Ansprechpartnern
Störungen, Schadensmeldung	Angaben zu Ansprechpartnern sowie Art und Weise der Schadensmeldung (z. B. bei Störungen rund um das Gebäude, technische Mängel, Beschwerden über externe Dienstleister)

Vorschläge und Anregungen

Empfehlungen für nachhaltige Nutzung	beispielsweise Energiespartipps
--------------------------------------	---------------------------------

Abb. E.1.1: exemplarische Gliederung eines Nutzerhandbuchs

Nutzerverhalten	Innenraumtemperatur	Energiebedarf für Warmwasser	Luftwechselrate	Abweichungen von der EnEV ¹	Haushaltsstrombedarf (inkl. Licht)	anrechenbare Wärmeenergie elektr. Geräte
Extremsparer 10%-Quantil	17,0 °C	5,0 kWh/(m ² a)	0,4 /h	-14,5%	10 kWh/(m ² a)	2,3 kWh/(m ² a)
Sparer 30%-Quantil	18,5 °C	10,1 kWh/(m ² a)	0,6 /h	-2,5%	15 kWh/(m ² a)	3,4 kWh/(m ² a)
Durchschnitt 50%-Quantil	19,5 °C	15,1 kWh/(m ² a)	1,1 /h	14,2%	20 kWh/(m ² a)	4,5 kWh/(m ² a)
Verschwender 70%-Quantil	21,0 °C	25,2 kWh/(m ² a)	1,5 /h	34,7%	30 kWh/(m ² a)	6,8 kWh/(m ² a)
Extremverschwender 90%-Quantil	23,0 °C	35,3 kWh/(m ² a)	2,0 /h	59,4%	40 kWh/(m ² a)	9,0 kWh/(m ² a)

¹ Abweichungen bei einem Niedrigenergiegebäude (A_n = 363,52 m²) mit einem Jahresprimärenergiebedarf von 63,1 kWh/(m²a); Studie in Bezug zu EnEV 2009

Abb. E.1.2: beispielhafter Einfluss des Nutzerverhaltens auf den Energiebedarf von Wohngebäuden

Informationssystem

- Informationssystem: Ein Vor-Ort-Informationssystem bietet über unterschiedliche Informationsmedien (z. B. Screens, Aufkleber, Energieausweis, Poster bzw. Tafeln, Beschriftungen) Hinweise zu Abfallvermeidung, Energie- und Ressourcenschonung, Gebäudetechnik oder gesundem Raumklima. Eventuell sind eine zusätzliche Schulung und eine Einweisung der Nutzer durchzuführen und ggf. regelmäßig zu wiederholen.

Anreizsystem

- Anreizsystem: Durch Ideenwettbewerbe, Ideenboxen oder Prämienbeteiligungen an Einsparungen können Nutzer motiviert werden, einen individuellen Beitrag zur nachhaltigen Bewirtschaftung zu leisten.

Erfolgskontrolle

- Erfolgskontrolle: Die Rückmeldung und Erfolgskontrolle aktueller erreichter Einsparungen bzw. relevanter Nachhaltigkeitsindikatoren (z. B. mittels Touch Panels in den Wohnungen) sind wichtige Bestandteile für die Motivation der Gebäudenutzer.

Je nach Nutzerverhalten kann der durchschnittliche Verbrauch rund 15% unterhalb („Extremsparer“) oder etwa 60% oberhalb („Extremverschwender“) der projektierten Richtwerte nach EnEV liegen (Abb. E.1.2).

E.1.2 Gebäudemanagement optimieren

Gebäudedokumentation

Ein vorausschauendes Gebäudemanagement des Eigentümers oder Betreibers beinhaltet auch eine geplante Nutzungsdauer und eine Instandhaltungsstrategie. Vor diesem Hintergrund stellt eine vollständige Gebäudedokumentation eine wesentliche Grundlage für spätere Sanierungs- oder Umbauarbeiten dar. Neben aktuellen Planunterlagen sind detaillierte Informationen zu den Bauteilaufbauten, zur Gebäudetechnik und zu allen eingesetzten Produkten erforderlich. Bei einer energetischen Sanierung werden beispielsweise Informationen zur verbauten Dämmung (Dämmstärke und Wärmeleitfähigkeit), zu den Fenstern sowie zum Wärmeerzeuger benötigt (S. 171, D.5.4 Gebäudedokumentation erstellen).

Betreiberhandbuch

Darüber hinaus sichert ein Betreiberhandbuch die langfristige und ordnungsgemäße Nutzung der Immobilie. Von den Planern bzw. den ausführenden Unternehmen sind hierzu detaillierte Informationen zur Bedienung und Wartung der baulichen und technischen Gebäudekomponenten zusammenzustellen und dem Eigentümer bzw. Betreiber auszuhändigen (S. 170, D.5.3 Ordnungsgemäße Instandhaltung vorbereiten).

Bei umfangreichen und komplexen technischen Systemen und Anlagen stellen die Prozesse der technischen Betriebsführung sowie die Qualifikation des Personals im Facility Management eine wichtige Voraussetzung für einen optimierten Gebäudebetrieb dar. Zu beachten sind hierbei:

- Aufbau und Ablauforganisation der technischen Betriebsführung: Umsetzung eines Qualitätsmanagement-Systems, vertragliche oder interne Regelungen zur technischen Betriebsführung, Analyse und Optimierung des Gebäudebetriebs sowie regelmäßige Wartung der betriebstechnischen und sicherheitsrelevanten Einrichtungen
- Qualifikation und Weiterbildung des Betriebspersonals: Relevante Ausbildung bzw. Weiterbildung für den jeweiligen Aufgabenbereich
- Qualität der Störungsbearbeitung: Service-Level-Vereinbarung, Qualität der Aufbau- und Ablauforganisation im Hinblick auf Anlagenverfügbarkeit

↓ BNB Kriterium 5.3.6
„Technische Betriebsführung und Qualifikation des Betriebspersonals“ (BNB_BB 2013_3)

Zu den Betreiberpflichten zählt obendrein, soweit möglich, Gefahrensituationen zu vermeiden und die Sicherheit der Nutzer zu gewährleisten.

Folgende Voraussetzungen müssen dafür geschaffen werden:

- Aushang der Brandschutzordnung entsprechend DIN 14096
- Wenn bauseits keine Flucht- und Rettungsmöglichkeiten für Menschen mit körperlichen Einschränkungen vorhanden sind, ist ein entsprechendes Konzept durch organisatorische Maßnahmen und durch Nutzereinweisung sicherzustellen und in regelmäßigen Abständen einzuüben.
- Notfall- und Alarmpläne müssen notwendige Maßnahmen im Gefahrenfall regeln.
- Aushänge und Erste-Hilfe-Kästen tragen zur Notfallvorsorge bei.

Gefahrensituationen vermeiden, Sicherheit gewährleisten

E.1.3 Soziokulturelle Angebote und umweltfreundliche Mobilität fördern

Die Weichen für eine förderliche Gestaltung unserer Lebens- und Arbeitsplatzumgebung werden in den frühen HOAI-Leistungsphasen gestellt und die entsprechenden Planungsaspekte in den vorausgehenden Kapiteln A bis C ausführlich beschrieben. Dennoch kann der spätere Gebrauch nicht vollständig vorausgesehen werden und das Gebäude sollte auf zukünftige Entwicklungen bzw. sich wandelnde Bedürfnisse reagieren können (Abb. E.1.3). Diesbezüglich sollte der Architekt den Bauherrn auch nach Projektfertigstellung beratend und wo nötig planerisch unterstützen.

soziokulturelle Angebote	exemplarische Maßnahmen
Familienfreundlichkeit	Kinderbetreuung vor Ort, Eltern-Kind-Arbeitsräume, Still- und Wickelräume
Gesundheitsförderung	Fitnessraum, Volleyballfeld, Tischtennisplatte, Kletterwand, Gemüse- und Kräutergarten
Inklusion und Barrierefreiheit	barrierefreie bzw. altersgerechte Arbeitsplätze, Ergonomie, sensorgesteuerte Zugänge, Leitsysteme (Zwei-Sinne-Prinzip)
kommunikationsfördernde Aufenthaltsqualität	Kommunikationszonen mit Sitzmöglichkeiten sowie kommunikationsfördernde Ausstattung
umweltfreundliche Mobilität	
Radverkehrsinfrastruktur	ausreichende Anzahl Fahrradabstellplätze, Diebstahlschutz, Wartungseinrichtungen
Öffentlicher Verkehr	Job-Tickets, Bereitstellung Fahrgastinformationen, Umgebungsplan mit Lage der Haltestellen
Leihsysteme/Mitfahrgelegenheit	Car- oder Bikesharing-Angebote, Förderung von Fahrgemeinschaften
Elektromobilität	Ladestationen für Elektroautos und -räder, Bereitstellung „Ökostrom“
Benutzerkomfort im Gebäude	Duschkmöglichkeit, Umkleide- und Trockenräume, Abstellräume für Rollatoren, Kinderwägen etc.

Abb. E.1.3: Maßnahmen zur Förderung soziokultureller Angebote und umweltfreundlicher Mobilität nach DGNB Systemvariante „Gebäude im Betrieb“

Die Zufriedenheit der Nutzer bildet letztendlich die Messlatte für die tatsächliche Qualität der realisierten Komfort- und Aufenthaltsbedingungen sowie die Prozesse der Gebäudebewirtschaftung. Bei Gewerbeimmobilien wirkt sich das Komfortempfinden auch merklich auf die Produktivität der Mitarbeiter, den Krankenstand und somit die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens aus.

Eine Untersuchung der Nutzerzufriedenheit sollte die wesentlichen Merkmale wie Raumluftqualität, thermischen, visuellen und akustischen Komfort sowie die individuellen Möglichkeiten der Einflussnahme regelmäßig analysieren, um – wenn nötig – mit entsprechenden Maßnahmen positiv nachzujustieren. Proaktiv lassen sich auf Basis von Befragun-

gen die Stärken und Schwächen von Gebäuden identifizieren (Abb. E.1.4). Optimalerweise werden die Erhebungen regelmäßig in einem Turnus von max. drei Jahren durchgeführt.

Zu beachten ist dabei:

- Mängel und Beschwerden vertraulich aufnehmen
- systematisch Mitteilungen dokumentieren
- Verbesserungsvorschläge erfassen
- leicht erreichbare Ansprechpartner oder Kontaktstellen benennen
- zügig die Anfragen mit Rückmeldung an den Absender bearbeiten
- Mitteilungen nach Anzahl, Repräsentativität, Häufungen von Themen auswerten
- Häufungen ähnlich gelagerter Fälle transparent (intern) kommunizieren

Thema der Befragung	Aspekt
Analyse zur Beurteilung der Raumluftqualität sowie des thermischen, akustischen und visuellen Komforts und der Möglichkeiten zur Einflussnahme	Zufriedenheit mit <ul style="list-style-type: none"> • Schallschutz gegenüber Außenlärm • Schallschutz innerhalb des Gebäudes • Raumakustik • Tageslichtverhältnissen • Kunstlichtverhältnissen • Sonnenschutz und Blendschutz • Temperaturverhältnissen/thermischem Komfort im Winter • Temperaturverhältnissen/thermischem Komfort im Sommer • Raumluftqualität/Geruch • Einflussnahmemöglichkeiten
Nutzerzufriedenheit mit dem Gebäude	funktionale Qualität des Arbeitsplatzes Privatheit des Arbeitsplatzes Möglichkeit der individuellen Gestaltung unterstützende Flächen wie Besprechungs-, Pausen- oder Kantinenräume Sanitäreinrichtungen Sicherheit im Gebäude Möblierung/Gestaltung Dienstleistungsangebote
Nutzerzufriedenheit mit dem Umfeld	Sicherheit außerhalb des Gebäudes Erreichbarkeit mit öffentlichen Verkehrsmitteln und Fahrrad Parkmöglichkeiten mit Pkw und Fahrrad Dienstleistungs- und Freizeitangebot im Umfeld des Gebäudes

Abb. E.1.4: Auszüge des Instruments „Nutzerbefragungen zum Komfort am Arbeitsplatz (INKA)“



Die Nutzungsphase gehört nicht mehr zu den klassischen Planungsleistungen nach HOAI, sie hat dennoch einen hohen Stellenwert für die Realisierung der erreichbaren energetischen Ziele. Eine dauerhafte Verstetigung des Energiekonzeptes umfasst die Initiierung eines Energiecontrollings (Pkt. E.2.1), die Betreuung der Einregulierungsphase (Pkt. E.2.2) sowie die Umsetzung einer dauerhaften Datenerfassung (Pkt. E.2.3).

E.2.1 Energiecontrolling organisieren

Ein energieeffizienter Gebäudebetrieb basiert hauptsächlich auf zwei Grundlagen: Für die Gebäudenutzung steht primär die Behaglichkeit und damit die Zufriedenheit der Nutzer im Fokus. Wesentliche Eigenschaften wie die Raumtemperatur, die Beleuchtungsstärke oder die Luftqualität sind unmittelbar durch die Nutzer erfahrbar. Je nach Komfortansprüchen und Verhaltensweisen haben die Nutzer einen großen Einfluss auf den tatsächlichen Energieverbrauch, der bei identischen Gebäuden zu erheblichen Abweichungen führen kann (S. 174, E.1 Nachhaltige Nutzung initiieren und befördern).

Behaglichkeit

Einfluss des Nutzers

Der zweite relevante Bereich betrifft die Gebäudetechnik. Die Praxiserfahrung zeigt, dass gebäudetechnische Systeme nach der Inbetriebnahme in der Regel nicht im geplanten, optimalen Zustand arbeiten. Dies gilt umso mehr, je höher der Technisierungsgrad des Gebäudes ist. Typische Potenziale für eine Optimierung sind beispielsweise:

Gebäudetechnik

- fehlender bzw. mangelhafter hydraulischer Abgleich
- zu hohe Vorlauftemperaturen
- zu hoher Teillastbetrieb
- unnötiger Betrieb von Zirkulationspumpen
- zu hohe Luftwechselraten
- fehlerhafte Temperatursensoren
- nicht abgestimmte Steuerungssysteme (z. B. Sonnenschutzanlagen)

Ein entscheidender Beitrag zur Qualitätssicherung von gebäudetechnischen Anlagen liegt in der Umsetzung eines Energiecontrollings (S. 180, Abb. E.2.1). Darunter versteht man analog zum Kostencontrolling eine (meist automatisierte) spezifische Überprüfung der energetischen Kennwerte. Hierfür muss vor Beginn der Nutzungsphase konkret geklärt werden, wie und durch welche Akteure der Controllingprozess erfolgen soll (z. B. im Rahmen des Facility-Managements, durch erweiterte Wartungsverträge oder spezialisierte Planungsbüros). Ebenso ist eine enge Abstimmung mit dem Monitoringkonzept erforderlich, das die Datengrundlage für das Controlling bereitstellt (S. 130, INFOBOX Monitoringkonzept).

Energiecontrolling

E.2.2 Einregulierungsphase betreuen

In der Nutzungsphase muss bezüglich der Energiekennwerte differenziert werden zwischen der Phase der Einregulierung und der langfristigen Nutzung. Die Einregulierung erfordert bei einfachen Gebäuden, wie z. B. Einfamilienhäusern, in der Regel nur eine Heizperiode (und ggf. eine Kühl-

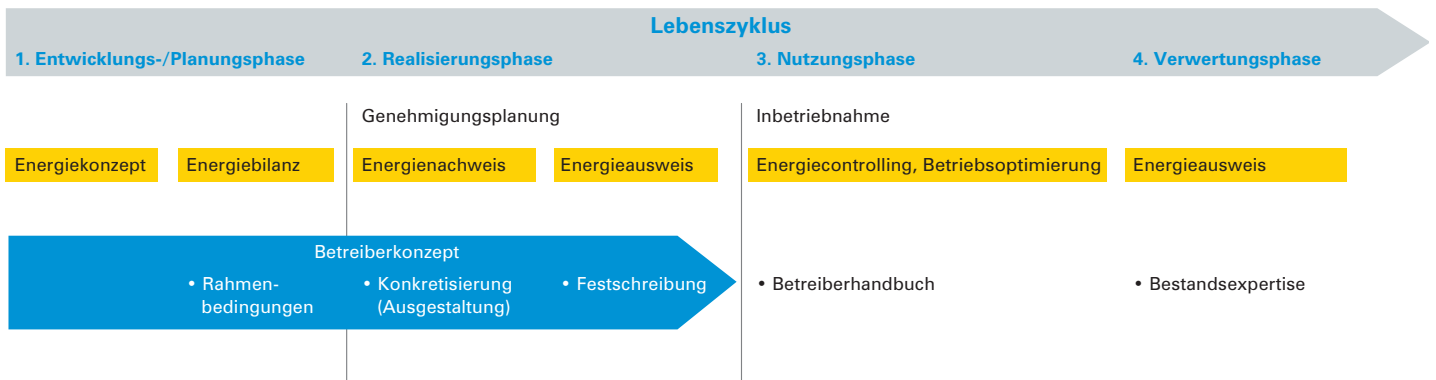


Abb. E.2.1: Energiedokumentation im Lebenszyklus

Nutzer einbinden

periode). Bei Gebäuden mit hohem Technisierungsgrad, z. B. einer Schule im Passivhausstandard, sollte hierfür ein Zeitraum von zwei bis drei Jahren angesetzt werden. Die Einregulierung erfolgt dann differenziert und ausgerichtet auf die einzelnen Jahreszeiten innerhalb dieses Zeitraums. Eine entsprechende fachliche Betreuung der Einregulierung zu Beginn der Nutzungsphase ist daher empfehlenswert. Wichtig ist jeweils, die Nutzer ausführlich in das energetische Monitoring einzubinden, einen persönlichen Ansprechpartner für Fragen zu benennen und in regelmäßigen Abständen eine Bewertungen der gemessenen Kennwerte zu kommunizieren.

Abgleich mit Energieausweis

E.2.3 Messdaten dauerhaft auswerten und optimieren

Die Konzeption und Planung des Gebäudemonitorings bzw. des Energiecontrollings erfolgt im Wesentlichen in der Ausführungsplanung und der Realisierungsphase (S. 130, INFOBOX Monitoringkonzept). Bezogen auf die dauerhafte Überprüfung der Energieeffizienz im Betrieb kann man drei Stufen der Intensität unterscheiden:

Ermittlung spezifischer Energiekennwerte

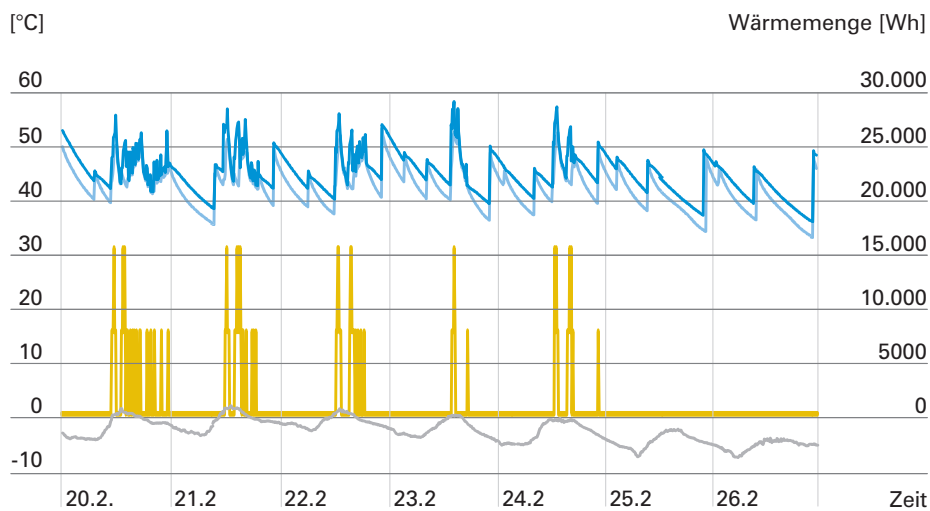
- Bei Gebäuden mit geringer technischer Ausstattung (z. B. Wohnungsbau) genügt es in der Regel, den Wärme- und Strombedarf im Jahreszyklus messtechnisch zu erfassen und auszuwerten. Dies ist meist durch die ohnehin vorliegende Abrechnung der Energieträger (durch Heizungs- und Stromabrechnung) ohne besonderen Aufwand möglich. Eine grobe Überprüfung kann für den Wärmebereich durch den Abgleich mit den Endenergiekennwerten aus dem Energieausweis erfolgen (S. 159, INFOBOX Energieausweis). Für eine Bewertung von nutzerspezifischen Stromverbräuchen müssen in Abstimmung mit den Planern bzw. Nutzern realistische Kenngrößen festgelegt werden, da wichtige Verbrauchsparameter, wie z. B. der Haushaltsstrom oder die nutzerspezifische Ausstattung in Bürogebäuden, nicht im Energieausweis berücksichtigt werden. Entscheidend ist hierbei, dass es eine verantwortliche Person gibt, die sich der Überprüfung annimmt und bei deutlichen Abweichungen gegebenenfalls weitergehende Untersuchungen initiiert (S. 179, E.2.1 Energiecontrolling organisieren).
- Ein weitergehender Ansatz ist die messtechnische Erfassung und Berechnung spezifischer Energiekennwerte für einzelne Verbrauchsgruppen. Üblich sind monatliche Kennwerte bezogen auf die Nutzfläche in kWh Endenergie pro Quadratmeter. Dies erfordert eine erweiterte messtechnische Ausstattung, die in der Realisierung zunächst höhere Kosten verursacht, im Betrieb aber durch eine deutlich verbesserte Transparenz zu erheblichen Einsparungen führen kann. Bei Nichtwohngebäuden ist die differenzierte Erfassung von Energieverbräuchen (z. B. Wärmeerzeugung, Kälteerzeugung, Lüftung etc.) meist ohne zusätzliche



Technik möglich, wenn die Daten für die Anlagensteuerung regelmäßig gemessen werden. Der zusätzliche Aufwand liegt hier in der Ermittlung bzw. Umrechnung spezifischer Kennwerte durch einen Sachverständigen und im Abgleich mit den Zielwerten.

- Die umfangreichste Umsetzung eines Energiecontrollings ist der Einsatz eines professionellen Energiemanagementsystems (z. B. nach ISO 50001 „Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung“). Die Basis hierfür bildet im besten Fall ein detailliertes, digitales Gebäudemodell, in dem alle energetisch relevanten Eigenschaften hinterlegt sind. Das System simuliert eine optimierte Nutzung in Abhängigkeit von den realen Randbedingungen und gleicht die Zielkennwerte kontinuierlich mit den tatsächlichen Werten ab, um Abweichungen oder Auffälligkeiten zu erkennen. Dies bildet wiederum die Grundlage für eine kurzfristige Anpassung der Regelungstechnik und gewährt Einblicke in das Betriebsverhalten mit maximaler Transparenz. Der technische und personelle Aufwand ist entsprechend hoch, sodass eine Anwendung dieser Art des Energiecontrollings nur bei sehr großen oder energieintensiven Gebäuden empfehlenswert ist. Ein Vorteil dieses Systems liegt auch darin, dass bei baulichen Anpassungen oder Änderungen in der Nutzung über vergleichsweise einfache Korrekturen des Gebäudemodells eine dauerhaft optimierte Betriebsführung ermöglicht wird.

professionelles Energiemanagementsystem



Wärmepumpe 22. bis 26. Februar:

Temp. Außenluft [°C]: —
 Temp. Austritt WP [°C]: —
 Temp. Eintritt WP [°C]: —
 Wärmemenge [Wh]: —

Abb. E.2.2: beispielhaftes Protokoll eines detaillierten energetischen Monitorings einer Wärmepumpe mit Solarluftkollektor

Nachhaltige Gebäude zeichnen sich durch einen emissionsreduzierten Betrieb und schadstoffarme Baustoffe aus. Sie bieten gute Voraussetzungen für Ressourcenschonung sowie für eine hohe Innenraumluftqualität. Maßnahmen zur Mängelbeseitigung und zur Instandsetzung sollten sich dabei mindestens an der schon erreichten Qualität im schadstoffarmen Bauen orientieren und entsprechend dokumentiert werden (S. 154, INFOBOX Nachhaltigkeitsaspekte im Vergabe- und Bauprozess).

Die Qualität des Bauwerks kommt aber nur bei ebenso emissions- und schadstoffarmen Betriebsmitteln voll zum Tragen. So bedarf etwa eine hohe Innenraumlufthygiene auch einer schadstoffarmen Ausstattung. Entsprechend wichtig ist die Sicherung von Qualitätsstandards für beschaffte und zu beschaffende Produkte und Betriebsmittel.

E.3/4.1 Nutzerausbau berücksichtigen

Soweit noch durch Nutzerausbau fertigzustellen, sollten die für den Bau geltenden Qualitäten in Bezug auf die Schadstoffarmut auch für den Mieterausbau gelten. Entsprechend sind die Zielvorgaben für Bauprodukte an die Mieter weiterzugeben (z. B. über ein Mieterpflichtenheft).

E.3/4.2 Nachhaltige Beschaffung fördern

Für die nachhaltige Beschaffung können über die gesamte Lieferkette Qualitätsmaßstäbe definiert werden. Es kann sich dabei um Vorgaben für einzelne Produkte oder Dienstleistungen, Vorgaben für die Planung, Umsetzung und Überwachung oder um Instrumente und Abläufe zur Durchsetzung von Nachhaltigkeitsstandards bei Lieferanten handeln. Das Ausformulieren von konkreten mittel- und langfristigen Zielen hilft, alle Beteiligten einzubeziehen und Erfolge zu kontrollieren. Diese Ziele sollten die folgenden Themen beinhalten:

Ausbau und Instandhaltung
Produktqualität
Lieferantenverpflichtung
Erfolgskontrolle

- Hinweise zu Ausbau und Instandhaltungsmaßnahmen
- Nachhaltigkeitsbezogene Produkt- oder Dienstleistungsqualität
- Nachhaltigkeitskriterien bei der Lieferantenauswahl
- Prozesse zur Erfolgskontrolle (objektive, quantifizierbare Messgrößen und/oder Kennzahlen)

1 Portal für nachhaltige Beschaffung öffentlicher Auftraggeber
www.nachhaltige-beschaffung.info

Um eine entsprechende Umsetzung zu befördern, sollte der spätere Betreiber im Vorfeld hinsichtlich einer emissions- und schadstoffarmen Nutzung sensibilisiert und fachlich bei der Auswahl von Geräten und Möbeln, Energielieferanten oder Innenausstattung unterstützt werden. Dies kann beispielsweise in Form von Beratung, Übergabe einer Liste mit Hinweisen und Empfehlungen (z. B. einzuhaltende Labels) oder einer Beschaffungsrichtlinie erfolgen. Für viele Produktgruppen hält das zentrale Portal für nachhaltige Beschaffung öffentlicher Auftraggeber Empfehlungen und beispielhafte Ausschreibungen bereit, die auch private Betreiber verwenden können. Bei der Nutzerausstattung sollten folgende Bereiche berücksichtigt werden:

Energieeinkauf

Die meisten klassischen fossilen Energieträger lassen sich durch regenerative Energie substituieren (bei jeweils unterschiedlicher ökologischer Qualität). Durch den Einsatz von Strom, Biogas oder Biodiesel aus regenerativer Erzeugung können über den bewussten Einkauf im Betrieb deutliche Emissionseinsparungen erzielt werden.

Reinigung und Sanitärausstattung

Eine umwelt- und gesundheitsverträgliche Reinigung nutzt umweltschonende Verfahren und schließt Reinigungsmittel mit starker Umweltbelastung aus. Für Bauten der öffentlichen Hand stellt das Umweltbundesamt den „Leitfaden zur nachhaltigen öffentlichen Beschaffung von Reinigungsdienstleistungen und Reinigungsmitteln“ zur Verfügung, dessen Ziele sich auch auf kleinere Gebäude übertragen lassen.

i „Leitfaden zur nachhaltigen öffentlichen Beschaffung von Reinigungsdienstleistungen und Reinigungsmitteln“ des Umweltbundesamts www.umweltbundesamt.de/chemikalien/waschmittel/gewerbliche-reinigung.htm

Eine hohe Qualität der Reinigung lässt sich z. B. durch unternehmensbezogene Qualitätsstandards nach DIN EN ISO 14001 „Umweltmanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung“ (EMAS) oder ISO 9000 ff. „Qualitätsmanagement“ nachweisen, die u. a. Schulungen der Mitarbeiter oder die Nutzung von Dosierhilfen fordern. Maßnahmen für nachhaltige Reinigung und Sanitärausstattung sind z. B.:

- Bei gleich wirksamen Reinigungsverfahren sollte jeweils das umweltschonendere genutzt werden (z. B. mechanische statt chemische Rohrreinigung).
- Reinigungsprodukte sollten möglichst geringe gesundheitsgefährdende Inhaltsstoffe enthalten und einen geringen Geruchsstoff- und Lösemittelgehalt aufweisen. Hinweise können Umweltzeichen im Sinne der ISO 14024 (z. B. RAL-UZ 13 „Salzfreie, abstumpfende Streumittel“, RAL-UZ 194 „Handgeschirrspülmittel, Allzweck-, Sanitär- und Glasreiniger“, RAL-UZ 24 „Umweltfreundliche Rohrreiniger“) oder rohstoffbezogene Zertifizierungen (z. B. nach Ecocert oder NCP-Standard) geben.
- Papierprodukte, Hygienepapiere und Händetrockner sollten auf geringe Emissionen, Schadstoffgehalt und Wasserverbrauch ausgerichtet sein (z. B. über die Qualitätssicherungssysteme RAL-UZ 5 „Hygienepapiere aus Altpapier“, RAL-UZ 87 „Energiesparende Händetrockner“ oder RAL-UZ 77 „System Stoffhandtuchrollen im Stoffhandtuchspender“).

umweltschonende
Reinigungsverfahren

umweltschonende
Reinigungsprodukte

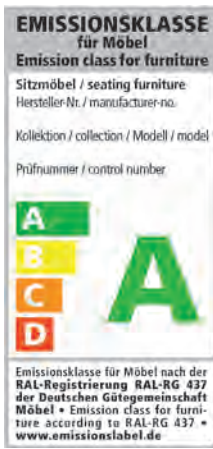
umweltschonende
Sanitärausstattung

Möblierung

Für die vorhandene Raumluftqualität ist neben dem Gebäude selbst auch die Möblierung maßgeblich. Emissionsarme Produkte werden z. B. durch RAL-UZ 117 „Emissionsarme Polstermöbel“ oder RAL-UZ 38 „Emissionsarme Möbel und Lattenroste aus Holz und Holzwerkstoffen“ gekennzeichnet. Bei Holzmöbeln sollte zudem auf eine nachhaltige Holzherkunft (z. B. über FSC oder PEFC Zertifizierung) geachtet werden.

Besonders hilfreich für die Bewertung ist das von der Deutschen Gütegemeinschaft Möbel (DGM) entwickelte Emissionslabel gemäß RAL-RG 437. Die Möbel werden dazu auf schädliche Ausdünstungen getestet und in die Klassen A, B, C oder D eingestuft. Emissionsklasse A entspricht den Grenzwertanforderungen des Umweltzeichens „Blauer Engel“, Klasse D den gesetzlichen Grenzwerten.

Zur ganzheitlichen Prüfung eignet sich auch das Gütezeichen RAL-GZ 430 „Das Goldene M“. Es vereint die Bewertung der Funktionsfähigkeit und Sicherheit der Möbel, eines reduzierten Schadstoffgehalts, geringer Geruchsemissionen, nachhaltiger Holzverwendung und emissionsreduzierter Distribution in einem Zeichen. Da Raumluftmessungen von Gebäudezertifizierungen darauf abzielen, einen Nachweis für die erstellte Qualität des Gebäudes ohne Möbel zu erbringen (S. 169, INFOBOX Raumluftmessung),



Emissionsklassen für Sitzmöbel

Substanz	Klasse A	Klasse B	Klasse C	Klasse D
Formaldehyd	≤ 60 µg/m ³	≤ 90 µg/m ³	≤ 120 µg/m ³	≤ 120 µg/m ³
TVOC	≤ 450 µg/m ³	≤ 600 µg/m ³	≤ 900 µg/m ³	≤ 1200 µg/m ³
SVOC	≤ 80 µg/m ³	≤ 120 µg/m ³	≤ 150 µg/m ³	≤ 180 µg/m ³
CMR Stoffe je Einzelwert	≤ 1 µg/m ³	≤ 1 µg/m ³	≤ 1 µg/m ³	≤ 1 µg/m ³
Summe VOC ohne NIK	≤ 640 µg/m ³			
R-Wert	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1

Emissionsklassen für Kastenmöbel, Tische, Büromöbel, Lattenroste und ggf. Sitzmöbel

Substanz	Klasse A	Klasse B	Klasse C	Klasse D
Formaldehyd	≤ 60 µg/m ³	≤ 90 µg/m ³	≤ 120 µg/m ³	≤ 120 µg/m ³
TVOC	≤ 450 µg/m ³	≤ 600 µg/m ³	≤ 900 µg/m ³	≤ 1200 µg/m ³
SVOC	≤ 100 µg/m ³	≤ 120 µg/m ³	≤ 150 µg/m ³	≤ 180 µg/m ³
CMR Stoffe je Einzelwert	≤ 1 µg/m ³	≤ 1 µg/m ³	≤ 1 µg/m ³	≤ 1 µg/m ³
Summe VOC ohne NIK	≤ 100 µg/m ³			
R-Wert	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1

Abb. E.3/4.1: Beispiele für Emissionsklassen unterschiedlicher Möbelarten gemäß RAL-RG 437

sollten bei auftretenden Beschwerden von Gebäudenutzern in einem ähnlichen Verfahren die tatsächlichen Bedingungen im Raum inkl. Möblierung und weiteren Emissionen aus der Nutzung untersucht werden.

Stromeinsparung in der Nutzung

Für einen emissionsarmen Gebäudebetrieb ist eine möglichst bedarfsgerechte Nutzung elektrischer Geräte erforderlich. Dabei können gleichzeitig Energiebedarf, die globalen Umweltwirkungen und lokale elektromagnetische Felder reduziert werden. Hilfreich sind dabei folgende Maßnahmen:

bedarfsgerechter Einsatz

Reduzierung der Nutzungszeit

Erhöhung der Auslastung

Erhöhung der produktbezogenen Leistung

- bedarfsgerechter, maßvoller Einsatz von elektrischen Geräten sowie Reduzierung von Standby-Betrieb
- Eine angepasste Nutzungszeit von arbeitsplatzbezogener Beleuchtung und Geräten (z. B. durch Präsenz- und Tageslichtsteuerung) oder die Nutzung von Zeitschaltuhren für das Ausschalten von Geräten anstelle der Standby-Funktion.
- Die Nutzung von Großgeräten durch mehrere Nutzer (z. B. zentrale Drucker) erhöht die Auslastung des Geräts und ermöglicht so auch die Reduzierung von Umweltwirkungen.
- Durch Verwendung von Geräten mit geringem Energieverbrauch (z. B. Laptops, energieeffiziente Drucker und Kopierer) können Emissionen reduziert werden. Bei einer Produktwahl unterstützen z. B. die Energieeffizienzstufen gemäß EU-Energielabel. Sofern möglich bzw. verfügbar, sollte auch die Herstellungenergie Berücksichtigung finden (z. B. durch eine Deklaration des Herstellers). Hilfreich sind zudem niedrige Lärmemissionen (Vergleichswerte siehe ISO 9296 „Akustik. Vereinbarte Geräuschemissionswerte von Geräten der Informations- und Telekommunikationstechnik“).



Emissionen im Betrieb

An Arbeitsplätzen gehen bedenkliche Emissionen (wie VOC, Feinstaub oder Ozon) insbesondere von Druck- und Kopiergeräten aus. Nutzer sollten vor diesen Belastungen möglichst gut geschützt werden. Daher stellt die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Hinweise für die Nutzung von Druck- und Kopiergeräten sowie den Umgang mit Tonerstaub und Emissionen am Arbeitsplatz bereit. Um die Belastung zu reduzieren, eignen sich folgende Maßnahmen:

- Eine gute Durchlüftung der Räume kann Emissionen von Druck- und Kopiergeräten im Betrieb abführen. Bei stark frequentierten Geräten sollten diese sogar von Arbeitsplätzen separiert platziert werden.
- Um die Reinigung zu vereinfachen und Tonerstaub von Geräten problemlos zu entfernen, empfiehlt sich ein leicht zu reinigender Untergrund für Drucker und Kopierer. Für Servicearbeiten sollten die Geräte gut zugänglich sein.
- Bei der Neubeschaffung von Druckgeräten sollten emissionsarme Geräte mit geringen Ozonemissionen bevorzugt werden. Entsprechende Geräte verfügen über Aktivkohlefilter oder emissionsarme Hochspannungsteile. Geschlossene Kartuschen reduzieren potenzielle Feinstaubemissionen. Besonders emissionsarme Geräte kennzeichnet z. B. durch das „DGUV Test“-Prüfzeichen nach RAL-UZ 171 oder RAL-UZ 205.
- Bei arbeitsplatzbezogenen Druck- und Kopiergeräten sollten Abluftöffnungen nicht direkt auf Personen gerichtet sein.
- Kopier- und Druckerpapier entsprechend DIN EN 12281 „Druck- und Büropapier – Anforderungen an Kopierpapier für Vervielfältigungen mit Trockentoner“ reduziert die Staubentwicklung in Luft, Gerät und Ozonfilter. Umweltschonendes Papier wird z. B. nach RAL-UZ 14 „Recyclingpapier“ gekennzeichnet und sollte über eine PEFC- oder FSC-Zertifizierung verfügen.

i Faltblatt: Drucker und Kopierer am Arbeitsplatz
www.baua.de/DE/Angebote/Publicationen/Praxis-kompakt/F43.html

Raumauswahl

Aufstellung

Produktwahl

Abluftöffnungen

Druckerpapier

Eine nachhaltige Nutzung von Gebäuden wird durch geringe Betriebs- und Instandhaltungskosten und einen langfristigen Werterhalt der Immobilie gewährleistet. Hierfür sind eine regelmäßige Überprüfung der Betriebskosten (Pkt. E.5.1) sowie die kontinuierliche Durchführung von Maßnahmen zur Sicherung der Wertstabilität erforderlich (Pkt. E.5.2).

E.5.1 Betriebskostencontrolling implementieren

i BNB Kriterium 5.3.3
„Nutzerkostencontrolling“
(BNB_BB 2013_3)

Konzept für
Kostenmonitoring

betrachtete Kosten

Benchmarks, Kostenziele

i Benchmarks:
BKI Nutzungskosten
GEFMA 950
„FM Benchmarking Bericht“

Identifikation von
Schwachstellen

Maßnahmen zur
Kostensteuerung

Ein Betriebskostencontrolling ist ein wesentliches Instrument zur Kostenoptimierung in der Nutzungsphase. Während bei kleineren Wohngebäuden eine Kostenprüfung durch den Eigentümer oder Mieter erfolgen kann, empfiehlt sich bei größeren Gebäuden die Durchführung eines umfassenden Betriebskostenmonitorings, das typischerweise Aufgabe des Facility Managements ist.

Zunächst ist ein Konzept für das Kostenmonitoring zu erstellen, das die genaue Vorgehensweise festlegt. Darüber hinaus ist eine geeignete Struktur für die systematische Erfassung und Analyse der Kosten aufzubauen. Ein Betriebskostenmonitoring umfasst folgende Schritte:

- **Kostenerfassung:** Im Monitoringkonzept werden Umfang, Zeitintervalle und Detaillierungsgrad der zu erfassenden Kosten festgelegt. Häufig werden Kosten für Energie, Wasser, Reinigung und Instandhaltung betrachtet. Als Datenquelle können beispielsweise Nebenkostenabrechnungen des Vermieters oder SAP-Auswertungen dienen.
- **Kostenanalyse:** Zur Überprüfung der Betriebskosten werden die Monitoringergebnisse regelmäßig ausgewertet. Hierfür erfolgt ein Abgleich der erfassten Betriebskosten mit Vergleichswerten. Ggf. müssen die erfassten Kosten erst bereinigt werden (z. B. unvorhersehbare Preisentwicklung, Witterung, Besonderheiten aus der Nutzung). Als Benchmarks lassen sich Best-Practice-Werte anderer Gebäude heranziehen. Hierbei ist auf die Verwendung aktueller und vergleichbarer Werte zu achten (ähnliche Gebäudegröße, Nutzungsart, Belegung und Betriebszeiten, baulicher und technischer Standard, Nutzerkomfort, betrachtete Kosten etc.). Wohnungsbaugesellschaften verfügen in der Regel über eigene Benchmarks aus ihren Portfolios. Alternativ können für das betrachtete Gebäude objektspezifische Kostenziele festgelegt bzw. Betriebskosten errechnet werden. Die Gegenüberstellung von Betriebskosten und Zielwerten ermöglicht die Identifikation von Kostentreibern und Einsparpotenzialen.
- **Ursachenforschung:** Werden die Zielwerte überschritten bzw. Auffälligkeiten festgestellt, müssen die Ursachen hierfür ermittelt werden. Im Bereich der technischen Anlagen kommen zu Beginn der Nutzungsphase beispielsweise häufig Fehlfunktionen vor (S. 179, E.2.1 Energiecontrolling organisieren).
- **Erstellung und Umsetzung eines Maßnahmenprogramms:** Aus den festgestellten Fehlfunktionen lassen sich Optimierungsmaßnahmen ableiten. Darüber hinaus können weitere Maßnahmen zur Reduktion der Betriebskosten ermittelt werden.

Um die Marktfähigkeit eines Gebäudes langfristig zu gewährleisten, sollte sein Wert im Laufe seiner Nutzungsdauer möglichst erhalten bzw. gesteigert werden. Im Folgenden sind verschiedene Maßnahmen aufgeführt, die zum Werterhalt bzw. der Wertsteigerung eines Gebäudes beitragen können.

Beseitigung von Mängeln

Um zu Beginn der Nutzungsdauer die höchstmögliche Gebäudequalität zu erreichen, sollte der Eigentümer darauf achten, dass alle Mängel, die bei der Abnahme festgestellt werden bzw. während der Gewährleistungsfrist auftreten, vor Ablauf dieser Frist vollständig beseitigt werden. Ebenso sollte eine Einregulierung und Nachjustierung der technischen Anlagen erfolgen (S. 179, E.2.2 Einregulierungsphase betreuen).

Inanspruchnahme von Gewährleistungsfristen

Einregulierung und Nachjustierung der technischen Anlagen

Regelmäßige Reinigung und Instandhaltung

Für den Werterhalt eines Gebäudes ist eine regelmäßige Reinigung, Pflege, Inspektion, Wartung und Instandsetzung wichtig. Größere Gebäude erhalten hierfür detaillierte Reinigungs- und Instandhaltungspläne mit den zu erbringenden Leistungen, den jeweiligen Zeitintervallen und Zuständigkeiten. In der Nutzungsphase gilt es, diese Pläne konsequent umzusetzen.

Reinigungs- und Instandhaltungsplan

Durchführung von Instandsetzungsmaßnahmen

Hierbei handelt es sich um unregelmäßig anfallende Instandsetzungsmaßnahmen wie den Austausch von Bauteilschichten und TGA-Komponenten, um das Gebäude in einen funktionsfähigen Zustand zurückzuführen. In regelmäßigen Zeitintervallen sollte ein Plan für die anfallenden Instandsetzungsarbeiten erstellt werden (z. B. für einen Zeitraum von 5 Jahren). Hierbei erfolgen eine systematische Erfassung der notwendigen Arbeiten und eine Ermittlung der entsprechenden Kosten. Sinnvoll ist ebenfalls eine Einstufung der Maßnahmen nach Dringlichkeit. Grundlage für die Ermittlung der erforderlichen Arbeiten ist eine detaillierte Erfassung der vorhandenen Bauteile und technischen Anlagen und der normativen Nutzungsdauer der jeweiligen Bauteil- und Anlagenkomponenten. Anhand von Bauteilalter und Restnutzungsdauer können Instandsetzungsmaßnahmen definiert werden. Weitere Maßnahmen müssen über eine Gebäudebegehung aufgrund des tatsächlichen Gebäude- und Anlagenzustandes ermittelt werden.

Instandsetzungsplanung

Durchführung von Modernisierungsmaßnahmen

Modernisierungsmaßnahmen sind bauliche Veränderungen, die zu einer Erhöhung des Gebrauchswertes einer Immobilie führen. Häufig handelt es sich hierbei um eine Anpassung an neue Standards. Hierzu zählen beispielsweise Maßnahmen zur Herstellung der Barrierefreiheit (z. B. Aufzug, S. 55, B.1.4 Barrierefreiheit planen und S. 117, C.1.2 Barrierefreiheit gewährleisten) sowie Maßnahmen zur Verbesserung der Wohnqualität (z. B. Balkon, Erneuerung von Badezimmern). Eine häufige Form der Modernisierung stellt die energetische Sanierung dar (Wärmedämmung, Photovoltaikanlage etc., S. 72, B.2.3 Gebäudehülle optimieren). Bei der Durchführung von Modernisierungsmaßnahmen ist auf eine Fortschreibung der Gebäudedokumentation zu achten (S. 171, D.5.4 Gebäudedokumentation erstellen).

Anpassung an neue Standards

! BNB Kriterium 5.3.7 „Lebenszyklusbegleitende Objektdokumentation“ (BNB_BB 2013_3)

3



Anhang

i Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen
www.bnb-nachhaltiges-bauen.de

i Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen
www.dgnb-system.de

Zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden haben sich in Deutschland zwei umfassende Systeme etabliert: Das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat und das Deutsche Gütesiegel Nachhaltiges Bauen (DGNB) der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen. Beide Systeme stellen mittlerweile für zahlreiche Nutzungsprofile Kriterienkataloge zur Verfügung. Betrachtet werden die Planung und Ausführung von Neubauten und Bestandsgebäuden sowie deren Nutzung und Betrieb. Die Kriterienkataloge lassen sich auf Gebäude unterschiedlicher Größe anwenden. Auf Grundlage dieser Ansätze wurden weitere Nachhaltigkeitssysteme entwickelt, beispielsweise ein Bewertungssystem Nachhaltiger Wohnungsbau (NaWoh) und ein System für den staatlich geförderten kommunalen Hochbau Nachhaltiges Bauen in Baden-Württemberg (NBBW). Neben vorgenannten regionalen und nationalen Systemen finden in Deutschland auch internationale Systeme wie LEED und BREEAM Anwendung (Abb. 03).

Im BNB und dem DGNB-System erfolgt eine ganzheitliche Betrachtung des Gebäudes über den gesamten Lebenszyklus. Die Betrachtung umfasst sechs Themenfelder (sog. Qualitäten): Ökologie, Ökonomie, soziokulturelle und funktionale Aspekte, technische Aspekte, Planungs- und Bauprozess sowie Gebäudestandort. Jede Qualität beinhaltet zahlreiche Kriterien, die wiederum in Teilkriterien bzw. Indikatoren unterteilt sind. Je nach Bedeutung werden die einzelnen Kriterien innerhalb der Qualität unterschiedlich gewichtet. Auch die einzelnen Qualitäten fließen zu unterschiedlichen Anteilen in die Gesamtbewertung ein. Beide Systeme unterscheiden zwischen drei verschiedenen Erfüllungsgraden.

Darüber hinaus stellen die beiden Systeme einige Mindestanforderungen: Beispielsweise muss das zu zertifizierende Gebäude ein Mindestmaß an Barrierefreiheit erfüllen und die Raumluftqualität darf die für die Konzentration an flüchtigen organischen Stoffen festgelegten Grenzwerte nicht überschreiten. Die Nichterfüllung dieser Mindestanforderungen führt zum Ausschluss von der Zertifizierung.

Für Bundes- und teilweise auch Landesbauten ist eine Zertifizierung meist verpflichtend. Für private Bauherren hingegen handelt es sich um eine freiwillige Maßnahme, die eine vergleichende Bewertung des Gebäudes hinsichtlich Nachhaltigkeitsaspekten ermöglicht. Unabhängig von einer Zertifizierung stellen die Kriteriensteckbriefe eine gute Grundlage, Orientierung und Hilfestellung für die Integration von Nachhaltigkeitsaspekten in die Gebäudeplanung und -ausführung dar.

i Beispiel:
BNB Kriterium 3.1.5
„Visueller Komfort“

Die Publikation „Nachhaltigkeit gestalten“ verweist an verschiedenen Stellen auf die Kriterien des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen (BNB). In der Randspalte werden jeweils die Nummern und Bezeichnungen der Kriterien genannt. Sofern nicht gesondert erwähnt, beziehen die Kriterien sich auf die Nutzungsprofile für den Neubau (BNB_BN 2015). Die zugehörigen Kriteriensteckbriefe und Rechenhilfen sind im Internet frei zugänglich.

Übergeordnet stellt das Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat den regelmäßig aktualisierten Leitfaden Nachhaltiges Bauen (LNB) bereit.

Dieser erläutert Grundsätze und Methoden für das nachhaltige Planen, Bauen, Nutzen und Betreiben von Gebäuden und bietet Hilfestellung bei der Umsetzung der Anforderungen des BNB.

Leitfaden Nachhaltiges Bauen
www.nachhaltigesbauen.de

Die Systematik für Nachhaltigkeitsanforderungen in Planungswettbewerben (SNAP) wurde im Auftrag des Bundesbauministeriums entwickelt und ermöglicht die Berücksichtigung relevanter Nachhaltigkeitskriterien bereits im Vorentwurf. Untergliedert nach Verfahrensphasen verdeutlicht die Broschüre für alle Beteiligten – Auslober, Preisrichter, Wettbewerbsbetreuer, Sachverständige und Teilnehmer – Empfehlungen zur praktischen Durchführung nachhaltigkeitsorientierter Verfahren.

Systematik für Nachhaltigkeitsanforderungen in Planungswettbewerben
www.nachhaltigesbauen.de

Bewertungs- / Zertifizierungssystem	Systemanbieter	Nutzungsprofile											Erfüllungsgrade				
		Büro / Verwaltung	Wohngebäude	Hotelbauten	Gewerbe / Handel	Versammlungsstätten	Bildungsbauten	Laborgebäude	Gesundheitsbauten	Industriebauten	Sporthallen	Parkhäuser	Rechenzentren	Innenräume			
BNB Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen	Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI) www.bnb-nachhaltigesbauen.de	●					●	●								Bronze	≥ 50 %
		●				●										Silber	≥ 65 %
		●														Gold	≥ 80 %
DGNB Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) www.dgnb.de	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Bronze (nur für Bestand)	≥ 35 %
		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Silber	≥ 50 %
		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Gold	≥ 65 %
		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Platin	≥ 80 %
LEED (USA) Leadership in Energy and Environmental Design	German Green Building Association (GGBA) www.german-gba.org	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	zertifiziert	≥ 40 Punkte
		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Silber	≥ 50 Punkte
		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Gold	≥ 60 Punkte
		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Platin	≥ 80 Punkte
BREEAM DE (GB) Building Research Establishment Environmental Assessment Method	TÜV SÜD www.difni.de	●		●	●					●						1 Stern	≥ 10 %
		●		●	●					●						2 Sterne	≥ 25 %
		●		●	●					●						3 Sterne	≥ 40 %
		●		●	●					●						4 Sterne	≥ 55 %
		●		●	●					●						5 Sterne	≥ 70 %
		●		●	●					●						6 Sterne	≥ 85 %
NaWoh Qualitätssiegel Nachhaltiger Wohnungsbau	Verein zur Förderung der Nachhaltigkeit im Wohnungsbau www.nawoh.de		●													auf Kriterienebene:	
			●													- erfüllt	
			●													- übererfüllt	
			●													- deutlich übererfüllt	
			●													kein Gesamterfüllungsgrad	
BNK Bewertungssystem Nachhaltiger Kleinwohnhausbau	Bau-Institut für Ressourceneffizientes und Nachhaltiges Bauen www.bau-irn.de		●													gut	≥ 50 %
			●													sehr gut	≥ 65 %
			●													exzellent	≥ 80 %
NBBW Nachhaltiges Bauen in Baden-Württemberg	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg www.nbbw.de	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	keine Bewertung/ Zertifizierung	
		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
HCH Umweltzeichen HafenCity	HafenCity Hamburg GmbH www.hafencity.com	●	●	●	●	●	●	●								Gold	< 3 von 5 Kategorien Platin
		●	●	●	●	●	●	●								Platin	≥ 3 von 5 Kategorien Platin

● Planen + Bauen Neubau ● Planen + Bauen Bestand ● Nutzen + Betreiben

Abb. 03: Übersicht Bewertungs- und Zertifizierungssysteme in Deutschland

Barrierefreiheit

Leitfaden Barrierefreies Bauen der ByAK

Der dreiteilige Leitfaden „Barrierefreies Bauen“ der Bayerischen Architektenkammer (ByAK) bietet Hilfestellung bei der Planung von öffentlich zugänglichen Gebäuden, von barrierefreien Wohnungen und von öffentlichem Verkehrs- und Freiraum.

www.bestellen.bayern.de

Leitfaden Barrierefreies Bauen des BMUB

Der „Leitfaden Barrierefreies Bauen“ des früheren Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit gibt Hinweise zum inklusiven Planen von Baumaßnahmen des Bundes und kann auch für andere Baumaßnahmen herangezogen werden. Die Anforderungen sind nach Handlungsfeldern gegliedert und jeweils den relevanten Einschränkungen zugeordnet.

www.bmu.de

ready: vorbereitet für altengerechtes Wohnen

Die Veröffentlichung „ready: vorbereitet für altengerechtes Wohnen“ des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BSR) stellt ein Konzept für den altengerechten Wohnungsbau vor, das eine stufenweise Anpassung ermöglicht.

www.forschungsinitiative.de

Energie

EnerCalC

EnerCalC ist ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördertes excel-basiertes Werkzeug zur vereinfachten Energiebedarfsberechnung von Nichtwohngebäuden in Anlehnung an DIN V 18599.

<https://projektinfos.energie-wendebauen.de/projekt/enercalc-vereinfachte-energiebilanzen-nach-din-v-18599/>

ReluxDesktop/ DIALux

ReluxDesktop und DIALux sind kostenfreie Software-Tools zur Tages- und Kunstlichtplanung.

www.relux.com

www.dial.de

Therm

Therm ist eine vom Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), USA, entwickelte Software zur Berechnung von Wärmebrücken nach EN ISO 10211 und EN ISO 10077.

<https://windows.lbl.gov/>

Online-Rechner für Photovoltaikanlagen

Mithilfe des auf dem Internetportal „Solarserver“ verfügbaren Online-Rechners für Photovoltaikanlagen lassen sich die monatlichen Erträge von Photovoltaikanlagen ermitteln.

www.solarserver.de

energiefoerderung.info

Der vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderte BINE Informationsdienst bietet eine ortsbezogene Suchhilfe für energetische Förderprogramme.

www.energiefoerderung.info

WECOBIS – Ökologisches Baustoffinformationssystem

Das Informationsportal WECOBIS (S. 101, INFOBOX WECOBIS Datenbank) wurde vom früheren Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) in Kooperation mit der Bayerischen Architektenkammer entwickelt und stellt herstellerneutrale Informationen zu Umwelt- und Gesundheitsaspekten von Baustoffen bereit.

www.wecobis.de

Baustoffe

eLCA

Das vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung entwickelte Online-Bilanzierungstool eLCA dient zur Erstellung von Ökobilanzen für Gebäude auf Basis von Datensätzen für Bauprodukte und Bauteilschichten, die im Programm zu Bauteilen zusammengefügt werden können.

www.bauteileditor.de

ÖKOBAUDAT

ÖKOBAUDAT ist eine Online-Datenbank des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat, die vereinheitlichte Datensätze für Bauprodukte und Bauteilschichten zur Erstellung von Ökobilanzen von Bauwerken zur Verfügung stellt.

www.oekobaudat.de

Nutzungsdauern von Bauteilen

Die Tabelle „Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)“ des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung gibt Auskunft über die Ersatzhäufigkeit von Bauteilen der KG 300 nach DIN 276 über einen Zeitraum von 50 Jahren.

www.nachhaltigesbauen.de

AGÖF-Orientierungswerte für flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft

Die Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute e.V. (AGÖF) stellt auf Basis von Messdaten Vergleichswerte für Schadstoffe in Neubauten zur Verfügung. Hierdurch können Ergebnisse von Raumluftmessungen bewertet und gebäudespezifische Emissionen erkannt werden.

www.agoef.de/orientierungswerte

Berechnungshilfe für die Ermittlung der Lebenszykluskosten (LCC)

Im Rahmen des BNB Kriteriums 2.1.1 „Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus“ stellt das Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat eine excel-basierte Rechenhilfe zur Ermittlung der Lebenszykluskosten von Gebäuden zur Verfügung.

www.bnb-nachhaltigesbauen.de

Wirtschaftlichkeit

Förderdatenbank

Die Förderdatenbank des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie gibt Auskunft über Förderprogramme und Finanzhilfen des Bundes, der Länder und der EU für unterschiedliche Bereiche.

www.foerderdatenbank.de

Verzeichnisse

195	Normen und Verordnungen
196	Stichwortverzeichnis
203	Literaturverweise
204	Quellenverzeichnis

- DIN 276 Kosten im Bauwesen 105, 109, 193
- DIN 1946-2:1994-01 Raumluftechnik; Gesundheits-technische Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln) 57
- DIN 1946-6 Raumluftechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung 82
- DIN 1946-6 Beiblatt 5 Raumluftechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen – Beiblatt 5: Kellerlüftung 100
- DIN 4108 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden 60, 146
- DIN 4108 Beiblatt 2 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele 126
- DIN 5031-3 Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik; Größen, Formelzeichen und Einheiten der Lichttechnik 119
- DIN 5034-3 Tageslicht in Innenräumen – Teil 3: Berechnung 61
- DIN 10077 Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten, Fugendurchlässigkeitsklasse 158
- DIN 13779 Lüftung von Nichtwohngebäuden 58
- DIN 14096 Brandschutzordnung – Regeln für das Erstellen und Aushängen 177
- DIN 18040-1 Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen – Teil 1: Öffentlich zugängliche Gebäude 54
- DIN 18040-2 Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen – Teil 2: Wohnungen 54
- DIN 18040-3 Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen – Teil 3: Öffentlicher Verkehrs- und Freiraum 54
- DIN 18041 Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung 58
- DIN 18205 Bedarfsplanung im Bauwesen 24f.
- DIN 18960 Nutzungskosten im Hochbau 109
- DIN 31051 Grundlagen der Instandhaltung 113
- DIN EN 197-1 Zement – Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement 97
- DIN EN 1627 Türen, Fenster, Vorhangfassaden, Gitterelemente und Abschlüsse – Einbruchhemmung – Anforderungen und Klassifizierung 121
- DIN EN 12281 Druck- und Büropapier – Anforderungen an Kopierpapier für Vervielfältigungen mit Trockentoner 185
- DIN EN 12464-1 Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen 58
- DIN EN 13779 Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme 41
- DIN EN 15251 Eingangsparemeter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumlufqualität, Temperatur, Licht und Akustik 61, 99
- DIN EN 15804 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte 90
- DIN EN 15978 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode 90
- DIN EN 50131-1 Alarmanlagen – Einbruch- und Überfallmeldeanlagen – Teil 1: Systemanforderungen 121
- DIN EN ISO 7730 Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit 61, 118
- DIN EN ISO 14001 Umweltmanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung 183
- DIN EN ISO 14040 Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen 90
- DIN EN ISO 14044 Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen 90
- DIN ISO 16000 Innenraumlufverunreinigungen 169
- DIN V 18599 Energetische Bewertung von Gebäuden 77, 192
- EN ISO 10077 Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten 192
- EN ISO 10211 Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Detaillierte Berechnungen 192
- ISO 9000 ff. Qualitätsmanagement 183
- ISO 9296 Akustik – Angabe von Geräuschemissionswerten von Geräten der Informations- und Telekommunikationstechnik 184
- ISO 14001 Umweltmanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung 174
- ISO 14024 Umweltkennzeichnungen und -deklarationen – Umweltkennzeichnung Typ I – Grundsätze und Verfahren 183
- ISO 15686 Hochbau und Bauwerke – Planung der Lebensdauer 106
- ISO 50001 Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung 181
- VDI 2067-1 Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Grundlagen und Kostenberechnung 104, 106f., 113
- VDI 4100 Schallschutz im Hochbau – Wohnungen – Beurteilung und Vorschläge für erhöhten Schallschutz 58, 119
- VDI 6039 Facility-Management – Inbetriebnahme-management für Gebäude – Methoden und Vorgehensweisen für gebäudetechnische Anlagen 170
- VDI 6041 Facility-Management – Technisches Monitoring von Gebäuden und gebäudetechnischen Anlagen 130

2000Watt(-Gesellschaft) 30
3-Liter-Haus 36

A

A/V-Verhältnis 69
Abflussbeiwert C 143
abiotischer Ressourcenverbrauch 90
Abminderungsfaktor (fc-Wert) 60, 123, 127
Absichtserklärung 42
Absorber, offen 81
Abwärme 33, 80, 82f.
Abwasser 26, 91, 100, 113, 142f., 151
Aktivhaus 36
akustischer Komfort 62, 119
Altlasten 41
Aluminiumbekleidung 112
Angebote, soziokulturell 177
Anlagenkosten 26,
Anlagenmonitoring 130f.
Anlagensimulation 69, 125
Anlieferverkehr 52, 53
Anpassungsfähigkeit 111
Anreizsystem 176
Anschlusspunkte 132
Arbeitsstättenrichtlinie (ASR) 58, 93, 119
Architektenwettbewerb 48
Asbest 43
auditive Ausstattung 117
Aufenthaltsqualität 55, 61, 97, 116f., 177
Ausbau 26, 94, 118, 182
Ausgleichsmaßnahmen 40, 49
Auslastungserhöhung 184
Ausschreibung 102, 144f., 150, 154f., 158, 164ff.
Außenanlagen 49, 83, 97, 113, 171
Außenluftqualität 41
Außenraum 16, 40, 49, 55f., 63, 83f., 101, 117, 121,
143, 145
Austauschbarkeit 135
Austauschprozess 95
Austauschzyklen 137
Autarkiegrad 37, 65, 128

B

BACnet 129
Barrierefreiheit 25, 46, 49, 54, 55f., 110f., 116f., 149,
175, 177, 187, 192
Bauakustik 58, 119,
Bauausführung 170f.
Baubedarf 38
Baubiologie 87, 148, 155
Baukörper 25, 69ff., 82, 89,
Baukosten 45, 110
Baukosteninformationszentrum (BKI) 45, 109, 124, 186
Baumasse unter Gelände 39, 49, 93
Bauökologie 17, 87
Baustoffe 17, 26, 38f., 42, 49, 86, 87, 94f., 99, 103, 113,
132ff., 144, 146f., 164ff., 193
Bauteilanschlüsse 118, 123
Bauteile, opak 36, 72, 122, 127
Bauteile, transparent 126
Bauteileditor (eLCA) 86, 90f., 132, 166, 193
Bauteilkatalog 42, 138, 160, 166, 168, 171
Bauteiloptimierung 132
Bauzeitenplanung 144f.

Bedarfsplanung 24f., 30, 41, 45, 48, 99
Begrünung 40, 84, 97f., 143
Behaglichkeit 16f., 26, 30, 41, 57, 58,
Beleuchtung 25, 35, 39, 53, 57ff., 61, 74, 77, 119,
121ff., 128f., 157, 175, 179, 184
Benchmarks 27, 45, 48, 108f., 186
Benutzerkomfort 53, 177
Berechnungsprogramme (Ökobilanzierung) 91
Berechnungstools (Energiekonzept) 65
Beschaffungsvariante 45
Beschichtung 43, 60, 100, 133, 135f., 140, 142, 144f.,
147f., 150, 154, 167
Bestand 32, 38, 40ff., 64, 73, 77, 80, 85, 97, 113, 116,
123, 126, 145, 159, 163, 190
Bestandsanalyse 41f., 64
Bestandsnutzung 38, 84
Bestandssanierung 41f., 62, 64, 85, 126, 159, 161, 163,
171, 176, 187
Beton 39, 72ff., 93ff., 112, 126, 133ff., 138, 140, 143,
148, 165
Betonkernaktivierung 80
Betreiberhandbuch 176f., 180
betrieblicher Umweltschutz 154
Betriebsenergie 13, 26, 38, 85, 87f., 91
Betriebsführung, technische 177
Betriebskosten 151, 154, 186
Betriebskostencontrolling 186
Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen 15, 25, 39, 45,
190, 191, 193
Bewertungssystem 15, 25, 39, 45, 103, 146, 161,
190, 193
Bilanzierungsrahmen 65
Bilanzierungstools 91
BIM (Building Information Modeling) 157, 166,
168, 171
Biogas 32f., 78, 80, 183
biologische Effekte 146
Biomasse 78, 80, 83f.
Biozide 43, 100, 144f.
Blauer Engel 146, 148, 183
Blei 43, 136, 145, 146, 147,
Blendschutz 31, 62, 119, 121, 123, 175, 178
Blockheizkraftwerk (BHKW) 67, 69, 80, 82f.
BNB Kriterien 42, 45f., 61ff., 99, 103, 137f., 142, 150,
154f., 161, 165, 169f., 174, 177, 186f., 190
Boden 26, 39, 41, 57, 111, 118, 120, 123, 156
Bodenbeläge 39, 43, 93, 95, 133ff., 140, 143, 145,
147f., 150f., 156, 166
Brandschutz 43, 87, 96, 110, 117, 133, 140, 145,
176, 177
Bumerang-Effekt 174
Bürgerversammlung 29

C

chemische Effekte 146
CO₂-Emissionen 17, 30, 37, 44, 68, 90, 174
CO₂-neutrales Gebäude 36f.
CO₂-Speicherung 96
COP (coefficient of performance) 127f.
Cradle-to-Cradle 166

D

DALI 129
Dämmmaterialien und -stoffe 123, 147f.

dauerhafte Baustoffe 165
Dauerhaftigkeit 30, 39, 49, 86ff., 95, 134ff., 139f., 164, 170
Decken 25, 59, 89, 94, 118, 132f., 142, 150
Deklarationstabelle 155
Deutsches Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) 137
dezentrale Abwasserklärung 98
dezentrale Lüftungstechnik 70, 82
DGNB 15, 48, 53, 61, 91, 107, 147, 169, 177, 190f.
DGUV Test 185
Direktstromheizung 80
Dokumentation 103, 145, 160f., 164ff., 168, 171, 176, 180
Dokumentation 19, 102, 130, 145, 155f., 161, 164, 166ff., 170f., 176, 180, 187
Drei-Säulen-Modell 15, 27
Druck- und Kopiergeräte 185
Druckerpapier 185
Druckverluste 127
dynamische Berechnungsmethode 106, 124
dynamische Planungshilfen der Energie-Simulation 125

E
Eco-Institut Label 148
EEWärmeG 12, 31, 35f., 77f., 122, 160
Effizienz 12, 30, 87
Effizienzhaus Plus 35ff.
EIB 129
Eigenverbrauchsquote 128
Einnahmen 47, 106, 107
Einregulierungsphase 179f.
Einstrahlungsenergie, solar 76
Eisspeicher 81
eLCA Bauteileditor 86, 90, 91, 132, 166, 193
elektrische Effekte 146
elektromagnetische Felder 41, 146, 184
Elektromobilität 53, 116, 177
Element-Fassade 83
EMICODE 148
emissionsarme Baustoffe 144, 148
Emissionsklassen 184
Endenergie 33ff., 49, 77f., 159, 180
energetische Gebäudeanalyse 32
energetische Ziele 33, 74
Energieaufwand 34, 77, 85, 88, 90, 96
Energieausweis 77f., 159, 160, 180
Energiebedarf 26, 31ff., 49, 64ff., 77ff., 85, 88, 106, 113, 124, 131, 151, 154, 159, 176, 192
Energiebedarfsdeckung 49
Energiebilanz 33, 180, 192
Energiecontrolling 130, 179f.
Energieeinkauf 183
Energieeinsparverordnung (EnEV) 12, 31, 34ff., 64f., 77f., 85, 91, 122, 159f., 176
Energieflussdiagramm 34, 67, 68
Energiekennwerte 33, 78, 122, 159, 180
Energiekonzept 32f., 64ff., 78, 83f., 122, 124, 160, 179f.
Energiemanagement 181
Energiemonitoring 131, 191
Energiepotenziale, standortspezifisch 32, 49
Energiestandard 34ff.
Energietechnik 68, 128

Energieverbrauch 30, 32, 45, 65, 78f., 90, 159, 170, 174, 179, 181
Energieversorgung, regenerativ, bzw. erneuerbar 32, 36, 66f., 83, 122, 127
Erddkanal 67, 68, 81f.
Erddkollektoren 81, 83
Erdbmassenbewegung 98
Erdsonden 32, 67, 80f., 83
Erfolgskontrolle 176, 182
erneuerbare Energien 78
erneuerbare Kälte 78
Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) 12, 31, 35f., 77f., 122, 160
Erschließung 26, 38, 49, 52, 55f., 110f., 116f.
Estriche 133, 136, 140f., 145, 148
EU Ecolabel 148
Eutrophierungspotenzial (EP) 90
Externalisierung 30, 55

F
Fahrrad-Stellplätze 53
Farbkonzept 117
Farbwiedergabeindex (R_a-Wert) 119, 123, 126
Faserzementplatten 112, 136
Fassade 39, 40, 49, 55, 59, 62, 67, 69f., 74, 80, 83f., 94, 100, 111ff., 121ff., 127, 135ff., 145ff.
Fassadenbegrünung 40, 84, 97f., 143
FCKW 43, 147
f_c-Wert 60, 123, 127
Feinstaub 41, 43, 98, 146, 169, 185
Fenster 49, 56, 59ff., 70, 73f., 89, 94, 112, 117ff., 136, 166, 175ff.
Fensterflächenanteil 49, 59, 62, 74, 112
Fensterlüftung 81f.
Fernkälte 33, 67, 79
Fernwärme 33, 46, 67, 77ff., 106
Feuchteabfuhr 100
Finanzmittel 45, 47
Flächenbedarf 13, 30ff.
Flächeneffizienz 49, 72, 87, 110
Flächenmanagement 30
Flächennutzung optimieren/Flächenrecycling 38
Flächenreduzierung 110
Flächenversiegelung 49, 97
Flachglas 138
Flammschutzmittel 43, 135, 147
Flexibilität 26, 30, 49, 94, 110ff., 121, 149
Flexibilität, TGA 112, 121, 150
Fördermittel 47, 113
Fördermöglichkeit 32
Formaldehyd 43, 99, 146ff., 169, 184
freie Absichtserklärung 42
Freiräume, private 49, 62
Frischluftschneisen 40
Frischluftversorgung 40, 82, 120
Frischwasserverbrauch 90
FSC 148, 183, 185
Funktionalität 16, 49, 52, 116, 158
Fußbodenheizung 67f.

G
Gebäudeanalyse, energetisch 32
Gebäudebegrünung 98
Gebäudefläche, Minimierung 45, 110

Gebäudehülle 33, 37, 49, 72ff., 78, 100, 123, 126, 160, 162f., 175
gebäudeintegrierte Solartechnik 127
Gebäudekonzept 175
Gebäudemanagement 176f.
Gefahrendokumentation
GEFMA 45, 104, 108f., 171, 186
GEG (Gebäudeenergiegesetz) 77
Gemeinschaftsflächen und -nutzen 30, 45, 49, 55, 116f.
Geothermie 78, 83
Gesamtenergiedurchlassgrad (g) 123, 127
Gesamtwirtschaftlichkeit 44, 51, 104, 149
Geschosshöhe 69, 93, 110, 111, 175
Gestaltung 26, 30, 48, 70, 72, 75, 80, 89, 178
Gesundheit 25f., 41, 49, 62, 87, 97, 99, 103, 144, 146ff., 154, 156, 167ff., 177, 183, 191
Gips, Gipsputz etc. 72, 134, 138f., 141f.
Glas 112, 126, 134, 136ff., 150, 165
Goldenes M 148
GoodWave 148
Grau- und Regenwassernutzung 40, 98, 143, 151
graue Energie (Herstellungsenergie) 13, 34, 37, 69, 90, 133
Gründächer 40, 84, 97f., 143
Grundlagenermittlung 24, 31ff.
Grundrissplanung 62, 70
Grundwasser 41, 67, 80ff., 106
GUT Teppich-Siegel 148
Gute Innenraumlufte (GI) 146
g-Wert 74, 123, 126ff.
GWP (Treibhauspotenzial) 39, 86, 90, 92, 97, 133

H

halogenierte Kälte- und Treibmittel 144
Handlungsfelder 16, 33, 55, 64
Heizlast 36, 125, 128
Heizleistung 79, 125
Heizungsunterstützung 80, 127
Heizwärmebedarf 34ff, 67, 77, 124ff.
Herstellungsenergie (graue Energie) 13, 34, 37, 69, 90, 133
HOAI 19, 24, 105, 163, 171
HOAI 8, 19, 24, 65, 135, 163, 171, 177, 179
Holz 72, 80, 86, 95f., 112, 133, 136, 138
Holzschutzmittel 43, 147f., 165
Hülle, thermisch 71f., 126
Hybridkollektoren 81

I

IBR 148
IDA-ICE 124
Immissionen 26, 41
Indikatoren 49, 90ff.
Informationssystem 176
Infrarot-Heizsysteme 80
Infrastruktur 26, 32, 52f.
INKA 178
Innenraum 57ff., 116, 120, 145, 147, 176
Innenraumlufte 26, 63, 99, 102, 120, 156f., 167ff., 182f., 193
Inputflüsse 90
Inspektion 105f., 112f., 157, 170f.
Installationen, reinigungsfrei 150

Instandhaltung 26, 95, 112f., 134ff., 150f., 164ff., 170, 182, 186f.
Instandsetzung 105, 109, 112, 187
Institut für sozial-ökologische Forschung 28
integrale Planung 27
integrierte Beleuchtung 150
integrierte Heiz- und Kühlsysteme 150
Intensivlüftung 82
interne Gewinne 34, 77
ISOE 28

J

Jahresarbeitszahl (JAZ) 128
Jahresergiebedarf 124

K

Kälte- und Treibmittel, halogeniert 100, 144f., 147
Kälteerzeugung 125, 127, 161
Kaltluftabfall 118
Kennwerte 33ff., 39, 41, 65, 68, 109, 119, 122, 128, 131, 159, 168, 180f.
Kennwerte, technisch 127f.
Kennzeichnung von Baustoffen 166
KfW-Effizienzhaus 35ff., 65
Klassen schadstoffarmer Gebäude 42
Kleinlüftungsgeräte 82
Klima 12ff., 33, 59, 90f.
KMF (künstliche Mineralfasern) 43, 146f.
KNX 129
Komfort 30, 36, 49, 61ff., 118ff., 125, 178f.
Komfort, akustisch 62, 119
Komfort, thermisch 58ff., 118
Komfort, visuell 61f., 119, 126
Komfortanforderungen 64
Komfortniveau 14, 30, 58
Kommunikationsstandards 128f.
kommunikationsfördernde Räume/Flächen 30, 49, 55, 116, 177
Kompaktheit 39, 69ff., 87, 89
Konsensus-Konferenz 29
Konsistenz 13, 30, 87
konstruktiver Schutz 150
Konsultation 28
Konzept Barrierefreiheit 55f.
Kopier- und Druckgeräte 185
Kork-Logo 148
Kostenanalyse 186
Kostenbetrachtung 44f., 104f.
Kostenerfassung 186
Kostenmonitoring 186
Kostensenkung 105ff., 149ff.
Kostensteuerung 186
Kraft-Wärme-(Kälte-)Kopplung 80, 82, 125
Kriterien 26, 30, 49, 117, 154, 190f.
KrWG (Deutsches Kreislaufwirtschaftsgesetz) 137
Kubatur 69ff.
Kühlflächen 118
Kühllast 74, 125, 128
kumulierter Energieaufwand (KEA) 90, 96
künstliche Mineralfasern (KMF) 43, 146f.
Kunstlicht 61, 66, 119, 123, 125, 178
Kunststoff 43, 89, 100, 136, 138, 145, 147
Kupfer 100, 112, 136, 146f.

L
Lambda 123, 158
Landschaftsverbrauch 26, 38
Lebensdauer 26, 30, 39, 106, 113, 134, 136, 138
Lebenszyklus 24, 130, 166, 180, 187, 193
Lebenszykluskosten 104f., 149ff.
Lebenszykluskostenberechnung 106ff., 149
Lebenszyklusoptimierung 110ff.
Lebenszyklusphasen 44, 86, 103
LEED 146, 190f.
LEGEP 109
Leihsysteme 53, 177
Leistungsphase 0 – Bedarfsplanung 24f., 30, 45, 101
Leistungsphase 1 – Grundlagenermittlung 24, 32, 130
Leitfaden Nachhaltiges Bauen (LNB) 15, 27, 190f.
Leitprodukte 145
Leitsystem 56, 117, 177
Leitungen 100, 164
Leitungsführung 82, 135
Leitungslängen 127
Leuchtmittel 127
Licht- und Schattenverläufe 125
Lichttransmissionsgrad
Lichtverteilung 119
Life Cycle Assessment (LCA) 69, 85ff., 90ff., 132, 166f.
Life Cycle Costing (LCC) 104ff., 149ff.
Lochfassaden 74, 83
lokale Energiepotenziale 32, 36
lokale Ressourcen 39f.
lokale Wärmeerzeugung 80f.
LON 129
lösbare Verbindungen 136
Luftaustausch 73
Luftbewegung 57ff., 118, 120, 125
Luftdichtheit 162f.
Luftdichtheitsmessung 157
Luftfeuchtigkeit, relative 31, 33, 82, 146
Luftqualität 31, 35, 41
Luftschallmessung 157
Luftströmung 59
Lufttemperatur 57ff., 125
Lüftung, maschinell 41f., 57f., 68, 70, 79, 81ff., 99, 120, 127ff., 145, 157, 175
Lüftung, natürlich 69f., 73, 162f., 175
Lüftungskonzept 63, 70, 74, 81ff., 120
Lüftungstechnik, dezentral 70, 120
Lüftungswärmeverlust 77, 162
Luftvolumenstrom 82, 120
Luftwärmetauscher 80
Luftwechselrate 30, 59, 125, 128, 163, 176, 179
Luftzug 120

M
Mängel 156, 160f., 170, 178, 187
maschinelle Lüftung 41f., 57f., 68, 70, 79, 81ff., 99, 120, 127ff., 145, 157, 175
Massereduktion 94
Massivabsorber 80f.
Maßnahmenprogramm 186
Materialanforderungen 167
Materialaufwand 39, 85, 89, 93ff., 111, 132ff.
Materialbeanspruchung 93
Materialeigenschaften 135
Materialkonzept 18, 85ff., 132ff., 164ff.
Materialkreislauf 94, 134
Materiallebenszyklus 87, 137
Materialstärke 135
Mauerwerk 112, 136
Mediation 29
Medien 33, 46, 131
Mehrfachfunktion 127
Mehrfachnutzen 30, 134
Messdaten 130f., 180f.
Messung 156f., 162f., 168f., 193
Metallbau 145, 167
Metalllegierungen 134
Mikroklima 40, 83, 98
Mindestanforderungen 56, 110, 190
Minimierung der Gebäudefläche 45
Mitentscheidung 28
Mitgestaltung 28
Mobilität 26, 30, 35, 52f., 177
Mobilitätsinfrastruktur 52f.
Möblierbarkeit 116
Möblierung 183f.
Modbus 129
Modernisierungsmaßnahmen 187
modulares Bauen 95
Monitoring 37, 118, 129ff., 179ff, 186.
Monostoff-Bauteile 138
Musterraum 167

N
Nachbargebäude 33, 76
Nachhallzeit 56f., 62f.
Nachhaltigkeitsaspekt 154ff.
Nachhaltigkeitskriterien 48f., 191
Nachhaltigkeitszertifizierungen 91
Nachluftkühlung 59f., 81
Nachverdichtung 38
nachwachsende Rohstoffe 13, 39, 80, 83, 87, 95ff., 133
Nahkälte 33, 83
Nahwärme 33, 83
natureplus 145, 148
Naturland 148
natürliche Lüftung 69f., 73, 162f., 175
Naturrisiken 46
Naturwerkstein 112
nearly zero energy building 12, 36
Nennlüftung 82
Netzdienlichkeit 37
Nichtwohngebäude 41, 53f., 69, 77, 116f., 181
Niedrigstenergiegebäude 85
NIK-Wert (Niedrigste interessierende Konzentration) 168f., 184
Notfall 175, 177
NOW-Wert 168f.
Nullenergiegebäude 36f., 85
Nutzenergie 33f.
Nutzerakzeptanz 30
Nutzer Ausbau 182
Nutzerbefragung 131, 178
Nutzerfeedback 30
Nutzerhandbuch 157, 174f.
Nutzer-Partizipation 28
Nutzerprofile 28
Nutzerverhalten 32, 64, 131, 159, 176
Nutzerwechsel 88

Nutzerzufriedenheit 116, 174, 178
Nutzflächenanteil 110
Nutzlastreserven 111
Nutzoberflächen 93, 133f., 141
Nutzung 26, 30f., 166, 169, 174ff.
Nutzungsänderungen 46
Nutzungsbereiche 52
Nutzungsdauer 46, 95, 108, 113, 187, 193
Nutzungsdichte 30
Nutzungsflexibilität 49, 88, 94, 110f., 134, 139
Nutzungsintensität 38
Nutzungskosten 45, 105, 109, 186
Nutzwertanalyse 44f.

O
Oberflächeneigenschaften 135
Oberflächentemperaturen 118, 123
Oberflächenwasser 33, 81
ODA-Werte 41
offene Absorber 81
öffentliche Zugänglichkeit 49
Öffentlichkeitsbeteiligung 28f.
ÖKOBAUDAT 86, 90, 193
Ökobilanz 69, 85ff., 132, 166f.
Ökobilanzdaten 86
ÖkoControl 148
Ökoindex 92
ökologische Dämmstoffe 123
Ökonomie 190
opake Bauteile 36, 72, 122, 127
Open Space Konferenz 29
operative Raumtemperatur 57ff.
Optimierung der Gebäudetechnik 142
Optimierung 39, 59, 61, 66f., 69ff., 74, 82, 87f., 105, 118, 120ff., 127f., 132f., 139ff., 179, 186
Orientierung 49, 56, 59, 62, 69ff., 76, 175
Orientierungswerte, statistisch abgeleitet 146, 168f.
Outputflüsse 90
Ozonabbau Potenzial 90

P
Partizipation 25f., 28, 30
Passivhaus 35ff., 72, 79, 93, 104, 163
Pausenflächen 116f.
PEFC 148, 165, 185
PEI (Primärenergieinhalt) 85f., 90, 92, 94, 96
Pfählgründung 80
photochemisches Ozonbildungspotenzial 90
Photovoltaik 33, 67, 75ff., 80ff., 107, 109, 125, 127, 192
physikalische Bedingungen 57
Pkw-Stellplätze 52f.
Planungsprozess 27f., 101, 106, 124
Planungszelle 29
Plattenbauteile 132
Plusenergiegebäude 36
Polychlorierte Biphenyle (PCB) 43
Primärenergiebedarf 34ff., 77f., 124f., 159
Primärenergiefaktor 77
Primärenergieinhalt (PEI) 85f., 90, 92, 94, 96
Probelackierungen 167
Produktdeklarationstabelle 155
Produktprüfung 155, 166
Prüfungstransparenz 167
Psi 123
PV*SOL 109

Q
Qualitätssicherung 36, 129f., 156f., 160, 179, 183

R
Radon (radioaktives Schwergas) 41, 43, 100
Randbedingungen 64, 66
Raumbedarfsplan 25, 54
Raumgrößen 63, 111f.
Raumhöhen 110
Raumklima 49
Raumluft 26
Raumluftelektrizität 57
Raumluftkomfort 63, 120
Raumluftmessung 99, 102, 167, 169, 193
Raumluftqualität 156f., 175, 183
Raumtemperatur, operativ (empfundene) 57ff.
Raumtiefe 49, 61, 70, 73
R_a-Wert (Farbwiedergabeindex) 119, 123, 126
ready-Leitkriterien/-Standard 66, 117f., 192
Rebound-Effekte 174
rechtliche Anforderungen 31f.
recycelte Baustoffe 39
Recyclingbaustoffe 134
Recyclingbeton 96
Recyclingfraktion 97, 134, 138
Recyclingkosten 113, 151
Recyclingmaterial 95, 97, 165
reduzierte Lüftung 82
reduzierte Versiegelung 39
Reflexionsgrad 123
Regelung 121, 128, 181
regenerative Energieversorgung 32, 83
Regenwassernutzung 40, 98, 143, 151
Regenwasserretention 98
Reinigung 105, 109, 112, 134ff., 149f., 165, 170, 175, 183, 187
Reinigungsaufwand 136, 147
Reinigungsfähigkeit 93
reinigungsfreie Installationen 150
relative Luftfeuchtigkeit 31, 33, 82, 146
Ressourcen, geo- und biologisch 40
Ressourcen, lokal 38f.
Ressourceneffizienz 95, 98, 137
Ressourcenschonung 38, 85, 89, 139ff., 148, 154
Ressourcenverbrauch 30, 38, 90, 94
Ressourcenwert 138
reversible Wärmepumpe 81
Richtwerte, toxikologisch abgeleitet 146
Rohstoffe, nachwachsend 13, 39, 80, 83, 87, 95ff., 133
Rückbau 113, 136, 138, 151, 165f.
Rückbaukosten 26, 44, 105, 106, 149
Rückgewinnung, sortenrein 138

S
Sanierung 32, 41f., 62, 64, 85, 126, 159, 161, 163, 171, 176, 187
Sanitärausstattung 183
Sanitärschächte 111
Schadstoffarmut 41ff., 99ff., 144ff., 167ff.,
Schadstoffemissionen 99ff., 146
Schadstoffgruppen 43
Schadstoffkataster 42
Schadstoffrisiken 99f.
Schallschutz 49, 58, 62, 73, 94, 96, 119, 133f., 139, 156f., 178

Schallübertragung 120
Schimmelpilze 43, 146
schmutzabweisende Beschichtung 150
Schmutzunempfindlichkeit 150
Schutzeinrichtungen, präventiv 121
Schwachstellen 32, 162f., 186
Schwergas, radioaktiv 41, 43, 100
Schwermetalle 100, 144, 147
s_d-Werte 158
Sekundärrohstoffe 134, 165
Senkung von Umweltwirkungen 30
Service 175
SFP 128
SIA 26f.
Sicherheit 49, 63, 121, 156, 177
Sichtverbindungen 62
Simulation 59, 61, 69, 118, 124f.
SMI 129
SNAP 48f., 191
SNBS 92
Software 91
Solarabsorber 81
solare Aktivierung 12f., 71, 75f.
solare Einstrahlungsenergie 76
solare Kühlung 81f.
Solarelemente 75f.
Solarenergien 78, 83
Solarflächenpotenzial 71
Solartechnik, (gebäudeintegriert) 13, 49, 71, 75, 84, 127
Solarthermie 80, 108
sommerlicher Wärmeschutz 26, 33, 60, 78, 81, 127, 158
Sonnenhaus 36f., 80
Sonnenschutz 49, 59ff., 73f., 83, 95, 119, 123, 127f., 136
Sorptionskältemaschine 80, 82
sortenreine Rückgewinnung 138
soziokulturelle Angebote 177
Spannweiten 94, 132
Speichermasse 59, 74, 81
spezifische Heizlast 125, 128
spezifische Kühllast 125, 128
spezifische Wärmekapazität (c) 123
spezifischer Heizwärmebedarf 36
Spielflächen 116f.
Stadtklima 97f.
Stahl 112, 136, 138, 145
Standort 26, 30, 32f., 41, 46, 175
Standortanalyse 46
standortspezifische Energiepotenziale 32f.
Starkregenereignisse 98, 143
statische Berechnungsmethode 106f., 111, 125
statische Verfahren 107
statistische abgeleitete Orientierungswerte 146, 168f.
Steuerung 120f., 128, 179
stofflich gebundene Energie 35
Strahlungskühlung 81
Stromeinsparung Nutzung 184
Stromerzeugung 12f., 33, 75f., 78, 80
Strömungssimulation 124f.
Substitutionsbaustoffe 134
Suffizienz 12f., 30, 45, 87

Summe aller flüchtigen Kohlenwasserstoffverbindungen (TVOC) 147, 156, 168f., 184
SVHC 99, 144, 146f.
SVOC 147, 184
Synergieeffekte 76, 80f., 110f.,
Systemaufbauten 145, 168
Systemgrenze 65
Systemtrennwände 149

T

Tageslicht 26, 49
Tageslichtdurchgang 119
Tageslichtnutzung 69f., 73, 125
Tageslichtoptimierung 74
Tageslichtquotient 61f., 123
Tageslichtsimulation 119, 124f.
Tageslichtversorgung 55, 61f., 73f.
technische Betriebsführung 177
technische Gebäudeausrüstung (TGA) 91, 100f., 130, 136, 150f., 164, 166, 171
technische Kennwerte 127f.
teilverbleibende Treib- und Kältemittel 100, 145, 147
Temperaturdifferenz 33, 118, 120, 163
TGA-Leitungen 100, 164
thermische Behaglichkeit 57f., 118
thermische Hülle 71f., 126
thermische Simulation 61, 125
thermischer Komfort 58f., 118
Thermografie 156f., 163
toxikologisch abgeleitete Richtwerte 146
ToxProof 148
Tragwerk 80, 94, 111
Transmissionswärmeverluste 34, 69
transparente Bauteile 73f., 119, 123, 126f., 133
Treibhauspotenzial (GWP) 39, 86, 90, 92, 97, 133
Trennung 70, 137f.
Trinkwasserbedarf 113, 142f., 151
Trinkwassererwärmung 80
Trittschallmessung 157
TRNSYS 124
TVOC 147, 156, 168f., 184

U

Überhitzung 59, 74
Überschreitung 58, 168
Übersichtlichkeit 63
Umwelt 25f., 99, 101, 183
Umweltinventar 97f.
Umweltmanagementsysteme 174, 183
Umweltwärme 76, 80
Umweltwirkungen 39, 86f., 90ff., 132ff., 166
Umweltzeichen 101, 145, 148, 183
Unterhaltskosten 26, 104
Ursachenforschung 186
U-Wert 35f., 72f., 118, 122f., 126f.

V

Ver- und Entsorgung 49, 52, 108f.
Verarbeitungsbedingungen 164f.
Verbindungen, lösbar 136
Verdunstungskühlung 33, 82, 98
Vergabe 103, 145, 154f., 164f., 170
Verglasung 36, 59f., 73f., 118f., 123, 126f.
Verglasungsanteil 74

Stichwortverzeichnis

Verkehrsanbindung 30, 175
Verluste 34
Versauerungspotenzial 90
Verschattung 61, 71, 76, 124f.
Versickerung 98, 113, 143
Versiegelung 39, 49
Verwertung 137f., 151
visueller Komfort 61f., 119, 126
VOC 99, 146ff., 169, 184f.
Volumen 45, 69ff., 89, 110
Vorlauftemperatur 127f., 179

W

Wand 72, 120, 139, 165
Wandkonstruktion 73, 140
Wärmebedarf 14, 69, 77
Wärmebrücken 118, 123, 126, 160, 163, 192
Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) 35f., 72f., 118, 122f., 126f.
Wärmepumpen 67, 78, 80f., 128, 181
Wärmerückgewinnung 67, 82f., 128
Wärmeschutz 73
Wärmeschutz, sommerlich 26, 33, 60, 78, 81, 127, 158
Wärmestrahlung 57f.
Wärmeverluste 69, 74, 82, 126f.
Wärmeversorgung 79f., 106
Wartung 53, 105ff., 112f., 129, 134ff, 161, 170f.
Wasserbedarf 113, 142, 151
Wasserhaltung 100
Wasserkraft 84
Wassernutzung 39f.
WECOBIS 42, 86, 101
Wegeführung 63
Weichmacher 43, 147f.
Wertstabilität 46, 88, 187
Wettbewerb 48f., 191
Whole Life Cost (WLC) 106
Widerstandsfähigkeit 30, 39, 49, 86ff., 95, 134ff., 139f., 164, 170
Wiederverwendung 87, 137f., 165f.
Winddichtigkeit 126
Windkraft 84
Wirtschaftlichkeit 104ff., 113, 193
Wirtschaftlichkeitsuntersuchung (WU) 45
Wohlbefinden 26, 57f., 62
Wohngebäude 82, 104, 110f., 120, 176, 186, 191
Wohnraumlüftung 120
WU Hochbau des BMUB 45

Z

Zement 97, 136f., 141, 148, 164
Ziele, energetisch 33, 74
Zielgruppe 28, 171
Zielvereinbarung 26f., 65
Zielwerte 58, 61, 64f., 186
Zink 147
Zonierung 70f.
Zugangsbedingungen 121
Zulufttemperatur 120
Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen (ZTV) 102, 145, 154f.
Zuschlagskriterien 154
Zwei-Sinne-Prinzip 56f., 117, 177

- Bayerische Architektenkammer (Hrsg.): Leitfäden
Barrierefreies Bauen. München 2014/2018 54, 192
- Bayerische Architektenkammer: Merkblatt HOAI M9
Dokumentationspflichten des Architekten 171
- Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.):
Kontaminierte Bausubstanz – Erkundung, Bewertung,
Entsorgung: Arbeitshilfe: Kontrollierter Rückbau.
Augsburg 2003 42
- BBR-Schlussbericht „fertighauscity5+ – Typologische
und technische Untersuchung zu mehrgeschossigen
Holzbauweisen“ 28
- BMBF-Schlussbericht „Ecobiente: Nachhaltige Güter
erfolgreicher gestalten“ 28
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
(Hrsg.): Handbuch der thermischen Behaglichkeit –
Sommerlicher Kühlbetrieb. Dortmund/Berlin/
Dresden 2007 118
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin:
Tageslichtnutzung und Sonnenschutzmaßnahmen
an Büroarbeitsplätzen. Dortmund/Berlin/Dresden
2015 119
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
(Hrsg.): ready – Planungsgrundlagen zur Vorbereitung
von altersgerechten Wohnungen. Bonn 2016 117
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und
Reaktorsicherheit (BMUB): Leitfaden Nachhaltiges
Bauen. Berlin 2016 15, 27, 191
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und
Reaktorsicherheit (BMUB): Leitfaden Barrierefreies
Bauen. Berlin 2016 55, 192
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und
Reaktorsicherheit (BMUB): Leitfaden WU Hochbau.
Berlin 2014 45
- „German Facility Management Association – Deutscher
Verband für Facility Management e. V.: GEFMA 220
Lebenszykluskostenrechnung im FM“ 104
- GEFMA 926 Building Information Modeling im Facility
Management 171
- GEFMA 950 FM Benchmarking Bericht 45, 186
- Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e. V. (Hrsg.):
Leitfaden Luftdichtheitskonzept. Berlin 2017 126
- Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsminis-
terium des Innern, für Bau und Verkehr (Hrsg.):
Umweltbewusst heizen mit erneuerbaren Energien.
München 2015 79
- Umweltbundesamt (Hrsg.): Leitfaden zur nachhaltigen
öffentlichen Beschaffung von Reinigungsdienstleis-
tungen und -mitteln. Dessau-Roßlau 2012 183

1 Einführung

01 Wuppertal Institut, 2015
 02 ee concept GmbH, Darmstadt 2018

2 Nachhaltigkeit gestalten – nach Planungsphasen

A
 A.1.1 DIN 18205, Berlin 2017
 A.1.2 BNB: Steckbrief 5.1.1, Berlin 2015
 A.1.3 SIA 112/1, Zürich 2005
 A.1.4 Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik (ÖGUT), Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.): Das Handbuch Öffentlichkeitsbeteiligung, Wien 2015
 A.1.5 Fuchs, Steffen: WENIGER IST WENIGER – UND ANDERS. In: db 6/2015
 A.2.1 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
 A.2.2 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
 A.2.3 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
 A.2.4 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
 A.2.5 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
 A.3.1 Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer: Energie Atlas, München 2007
 A.4.1 BNB BK: Steckbrief 1.1.6, Berlin 2017
 A.5.1 Jones Lang LaSalle (Hrsg.): Green Building – Nachhaltigkeit und Bestandserhalt in der Immobilienwirtschaft, 2008
 A.5.2 Fuchs: Nachhaltigkeitsorientierte Architekturwettbewerb, Darmstadt 2013
 A.5.3 Fuchs, Hartmann, Henrich, Wagner, Zeumer: SNAP – Systematik für Nachhaltigkeitsanforderungen in Planungswettbewerben. Endbericht, Darmstadt/Berlin 2013

B
 B.1.1 BNB: Steckbrief 3.2.5, Berlin 2015
 B.1.2 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit BMUB (Hrsg.): Leitfaden Barrierefreies Bauen, Berlin 2016
 B.1.3 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit BMUB (Hrsg.): Leitfaden Barrierefreies Bauen, Berlin 2016
 B.1.4 Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer: Energie Atlas, München 2007
 B.1.5 Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer: Energie Atlas, München 2007
 B.1.6 ee concept GmbH, 2018 in Anlehnung an Fischerhaus, Bodenwöhr
 B.1.7 ee concept GmbH, 2018
 B.1.8 Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer: Energie Atlas, München 2007
 B.1.9 Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer: Energie Atlas, München 2007
 B.1.10 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
 B.1.11 ee concept GmbH, Darmstadt 2016
 B.1.12 DIN 18041, Berlin 2016
 B.2.1 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
 B.2.2 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
 B.2.3 Stark, Thomas, 2007
 B.2.4 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
 B.2.5 ee concept GmbH, Darmstadt 2018

B.2.6 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
 B.2.7 Hausladen, de Saldanha, Liedl: Clima Skin, München 2006
 B.2.8 Hausladen, de Saldanha, Liedl: Clima Skin, München 2006
 B.2.9 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
 B.2.10 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
 B.2.11 ee concept GmbH, Darmstadt 2018 nach Daten von El khouli, John, Zeumer: Nachhaltig konstruieren, München 2014
 B.2.12 Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer: Energie Atlas, München 2007
 B.2.13 Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer: Energie Atlas, München 2007
 B.2.14 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
 B.2.15 ee concept GmbH, Darmstadt 2018 nach: Sto, Stühlingen 2015
 B.2.16 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
 B.2.17 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
 B.2.18 ee concept GmbH, Darmstadt 2016
 B.2.19 Bundesgesetzblatt, Bundesanzeiger Verlag, Köln 2014
 B.2.20 Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer: Energie Atlas, München 2007
 B.2.21 ee concept GmbH, Darmstadt 2018 ergänzt nach Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer: Energie Atlas, München 2007
 B.2.22 Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer: Energie Atlas, München 2007
 B.2.23 ee concept GmbH, Darmstadt 2018 ergänzt nach: Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer: Energie Atlas, München 2007
 B.3.1 Fuchs, Hartmann, Henrich, Wagner, Zeumer: SNAP Systematik für Nachhaltigkeitsanforderungen in Planungswettbewerben – Endbericht. Berlin 2013, und Hartwig, Joost/ina Planungsgesellschaft mbH, Darmstadt
 B.3.2 Zeumer, Martin, 2014
 B.3.3/B 3.4 Zeumer, Martin, 2014
 B.3.5 El khouli, John, Zeumer: Nachhaltig konstruieren, München 2014 nach Datengrundlage nach: Mensinger, Martin u. a.: Nachhaltiges Bauen mit Stahl: Ökologie, München 2009
 B.3.6 ee concept GmbH, 2018 nach Daten von: El khouli, John, Zeumer: Nachhaltig konstruieren, München 2014
 B.3.7 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
 B.3.8 ee concept GmbH, Darmstadt 2018 erweitert nach: El khouli, John, Zeumer: Nachhaltig konstruieren, München 2014
 B.3.9 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
 B.3.10 Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer: Energie Atlas, München 2007
 B.3.11 ee concept GmbH, Darmstadt 2015
 B.3.12 Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer: Energie Atlas, München 2007 in Anlehnung an die EAWAG: Forum Chriesbach – Ein Neubau für die Wasserforschung. Dübendorf 2006
 B.3.13 Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer: Energie Atlas, München 2007
 B.3.14 König, Holger: Bauen mit Holz als aktiver Klimaschutz. In: Kaufmann, Hermann; Nerdinger, Winfried: Bauen mit Holz. Wege in die Zukunft, München 2011

- B.3.15 El khouli, John, Zeumer: Nachhaltig Konstruieren, München 2014 nach: Mettke, Angelika; Heyn, Sören: Ökologische Prozessbetrachtungen – RC-Beton (Stofffluss, Energieaufwand, Emissionen), Cottbus 2010
- B.3.16 El khouli, John, Zeumer: Nachhaltig Konstruieren, München 2014 nach Beton (Hrsg.): Zemente und ihre Herstellung, Zement-Merkblatt Betontechnik 4/2014 und Proske, Graubner, Hainer: Ökobetone zur Herstellung von Betonfertigteilen, Darmstadt 2012
- B.3.17 Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer: Energie Atlas, München 2007
- B.4.1 ee concept GmbH, Darmstadt 2018 erweitert nach: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.): Ökologische Baustoffwahl, Berlin 2016
- B.4.2 ByAK 2018
- B.4.3 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
- B.5.1 links : ee concept GmbH, Darmstadt 2018 nach DGNB, Stuttgart, 2009
rechts: Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer: Energie Atlas, München 2007
- B.5.2 ee concept GmbH, nach BNB Kriterium 2.1.1, Berlin 2015
- B.5.3 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
- B.5.4 Badr, Amani, 2018
- B.5.5 Thüringer Energie- und GreenTech Agentur (Hrsg.): Vollkostenbetrachtung und wirtschaftliche Bewertung von Einsparinvestitionen, Erfurt 2016
- B.5.6 ee concept GmbH nach BNB Kriterium 2.1.1, Berlin 2015
- B.5.7 ee concept GmbH nach BNB Kriterium 2.1.1, Berlin 2015
- B.5.8 Valentin Software, Berlin 2016
- B.5.9 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
- B.5.10 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
- B.5.11 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
- B.5.12 Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Berlin 2001
- B.5.13 ee concept GmbH, Darmstadt 2013
- C**
- C.1.1 Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.): ready kompakt. Planungsgrundlagen zur Vorbereitung von altengerechten Wohnungen, Bonn 2017
- C.2.1 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
- C.2.2 Wacker-Ingenieure, Birkenfeld 2012
- C.2.3 Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer: Energie Atlas, München 2007
- C.2.4 ee concept GmbH, Darmstadt 2018 in Anlehnung an Karl Schanz Bauunternehmung (<http://karlschanz.de/betonschneiden/anwendungen.html>)
- C.2.5 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
- C.2.6 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
- C.2.7 ee concept GmbH, Darmstadt 2018 ergänzt nach: VDI 6041
- C.2.8 ee concept GmbH, 2018 in Anlehnung an VDI 6041
- C.2.9 ee concept GmbH, 2018 in Anlehnung an VDI 6041
- C.2.10 ee concept GmbH, 2018 in Anlehnung an VDI 6041
- C.3.1/C.3.2 links nach Daten von Hegger, Fuchs, Zeumer: Vergleichende Nachhaltigkeitskennwerte von Baustoffen und Bauteilschichten. Darmstadt 2005 rechts: Lignatec (Hrsg.); Pfäffli, Katrin; Preisig, Hansruedi: Klimaschonend und energieeffizient bauen mit Holz – Umsetzung (http://issuu.com/lignum/docs/lit26_d/18)
- C.3.3 Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Berlin 2001
- C.3.4 ee concept GmbH, Darmstadt 2018 überarbeitet und erweitert nach: Hildegund Mötzl: Entsorgungseigenschaften von Gebäuden, IBO 2007
- C.3.5 Brenner: Recyclinggerechtes Konstruieren: Konzepte für eine abfallfreie Konstruktionsweise im Bauwesen, Stuttgart 2010
- C.3.6 ee concept GmbH, Darmstadt 2018 nach El khouli, John, Zeumer: Nachhaltig konstruieren, München 2014
- C.3.7 ee concept GmbH, Darmstadt 2018 nach El khouli, John, Zeumer: Nachhaltig konstruieren, München 2014
- C.3.8 ee concept GmbH, Darmstadt 2018 nach El khouli, John, Zeumer: Nachhaltig konstruieren, München 2014
- C.3.9 ee concept GmbH, Darmstadt 2018 nach El khouli, John, Zeumer: Nachhaltig konstruieren, München 2014
- C.3.10 Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer: Energie Atlas, München 2007
- C.4.1 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
- C.4.2 Pesch, Zeumer: Gesund Planen. Materialkonzepte für schadstoffarmes Bauen. In: dbz 11/2016
- C.4.3 El khouli, John, Zeumer: Nachhaltig Konstruieren, München 2014
- D**
- D.1.1 ee concept GmbH, Darmstadt 2014
- D.1.2 ee concept GmbH, Darmstadt 2016
- D.2.1 ee concept GmbH, Darmstadt 2016
- D.2.2 Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer: Energie Atlas, München 2007
- D.2.3 Thermografieaufnahme Ian Jack in: Katholische Propsteipfarrei St. Trinitatis (Hrsg.): Ganzheitliche Optimierung und Umsetzung des Neubaus der Propsteipfarrei St. Trinitatis in Leipzig als ökologisches Modellvorhaben. Entwicklungen in den Leistungsphasen 6–9 (HOAI); DBU AZ 28590/02, Leipzig, Darmstadt 2015
- D.3.1 ee concept GmbH, Darmstadt 2018 Moduleinteilung nach: EN 15643-2/EN 15804
- D.4.1 ee concept GmbH, Darmstadt 2018
- D.4.2 ee concept GmbH, Darmstadt 2018 überarbeitet nach El khouli, John, Zeumer: Nachhaltig Konstruieren, München 2014
- E**
- E.1.1 Freshfields Bruckhaus Deringer LLP: green Lease. Der grüne Mietvertrag für Deutschland, Hamburg 2012

Quellenverzeichnis

- E.1.2 Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer: Energie Atlas, München 2007
- E.1.3 DGNB, Systemvariante „Gebäude im Betrieb“, Stuttgart 2017
- E.1.4 Schakib-Ekbatan, Gropp, Wagner: INKA Instrument für Nutzerbefragungen zum Komfort am Arbeitsplatz, Karlsruhe 2011
- E.2.1 ee concept GmbH, Darmstadt 2018 in Anlehnung an AMEV (Hrsg.), Energie 2010, Berlin 2010
- E.2.2 ee concept GmbH, 2018
- E.3+4.1 Deutsche Gütegemeinschaft Möbel e. V. (Hrsg.): Vergabegrundlage Emissionslabel nach RAL-RG 437, Fürth 2015

3 Anhang

- 03 ee concept GmbH, Darmstadt 2018

Die Publikation wurde erarbeitet von der
ee concept GmbH, Darmstadt, www.ee-concept.de

im Auftrag der
Bayerischen Architektenkammer, www.byak.de

Herausgeber

Bayerische Architektenkammer
Waisenhausstraße 4
80637 München
Telefon 089 139880-0
Fax 089 139880-99
info@byak.de
www.byak.de

Autoren

Amani Badr
M.F.A. Architektin, Energieberaterin (TU Darmstadt),
DGNB Auditorin, Sachverständige für Nachhaltiges Bauen (SHB)
ee concept GmbH

Matthias Fuchs
Dr.-Ing. Architekt, DGNB Auditor
ee concept GmbH

Thomas Stark
Prof. Dr.-Ing. Architekt
ee concept GmbH
Fachgebiet Energieeffizientes Bauen, HTWG Konstanz

Martin Zeumer
Dr.-Ing. Architekt, Energieberater (TU Darmstadt),
geprüfter Planer für Baubiologie, BNB Koordinator
ee concept GmbH

Mitarbeit Grafik
Svenja Beck, B.A.; Alexandra Haase, M.A.; Yannic Harder, B.A.;
Kathrin Kaltenbrunner; Linda Müller, B.A.; Anne-Kristin Wagner,
Dipl.-Ing.; Franziska Zeumer, Dipl.-Ing. Architektin

Fachbeiträge
„HOAI-Leistungen für nachhaltiges Bauen“,
„INFOBOX Beratungsstelle Energieeffizienz und Nachhaltigkeit
(BEN)“ und „INFOBOX WECOBIS Datenbank“
Fabian Blomeyer, Rechtsanwalt
Daniela Deeg, Dipl.-Ing. (FH) Architektin
Kathrin Körner, Rechtsanwältin (Syndikusrechtsanwältin)
Kathrin Valvoda, Dipl.-Ing. Architektin, Energieberaterin
Petra Wurmer-Weiß, Dipl.-Ing. (FH) Architektin bab,
Sachverständige für Nachhaltiges Bauen (SHB)

Im Interesse der Lesbarkeit verwenden wir Begriffe wie Architekt,
Bauherr usw. zur allgemeinen Bezeichnung von Personen mit
bestimmten Funktionen. Sie beziehen sich grundsätzlich auf beide
Geschlechter. Darüber hinaus verzichten wir auch an einigen
Stellen auf die komplette Aufzählung aller Fachrichtungen.
Architekt schließt in diesem Fall die Mitglieder der Fachrichtungen
Innenarchitektur, Landschaftsarchitektur sowie Stadtplanung ein.

Redaktion und Koordination

Projektleitung
Thomas Maria Lenzen, Dipl.-Ing. Architekt, Stadtplaner
Loni Siegmund, Dipl.-Ing. Architektin, Dipl.-Wirtschafts.-Ing.
Kathrin Valvoda, Dipl.-Ing. Architektin, Energieberaterin
sowie Sabine Fischer, Rechtsanwältin

Redaktionsbeirat
Florian Lichtblau, Dipl.-Ing. Architekt BDA, Energieberater
Markus Mayer, Dipl.-Ing. Architekt BDA, Energieberater
Clemens Richarz, Prof. Dipl.-Ing. Architekt, Energieberater
Thomas Strunz, Dipl.-Ing., M. Arch. IIT, Architekt BDA,
Energieberater
Petra Wurmer-Weiß, Dipl.-Ing. (FH) Architektin bab,
Sachverständige für Nachhaltiges Bauen (SHB)

Lektorat
Katharina Matzig, Dipl.-Ing.
Eva Schönbrunner, Dipl.-Ing. (FH)
Jakob Schoof, Dipl.-Ing.

Gestaltung

Wangler & Abele, München
Frank Abele, Dipl.-Grafikdesigner (FH)
Katja Bläßler, Dipl.-Kommunikationsdesignerin (FH)

Druck

G. Peschke Druckerei GmbH, München

Haftungsausschluss

Die Herausgeber übernehmen keine Gewähr für die Vollständigkeit
und Richtigkeit der Angaben. Haftungsansprüche, die sich aus der
Nutzung dieser Publikation wegen fehlerhafter oder unterlassener
Information ergeben können, sind daher ausgeschlossen. Für die
Inhalte externer Links wird keine Haftung übernommen, hierfür sind
ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.

Nachdruck

Der Nachdruck der vorliegenden Publikation – auch nur auszugs-
weise – ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung der Herausgeber
gestattet.



Papier
100% Recyclingpapier, ausgezeichnet mit dem „blauen Engel“
FSC zertifiziert

Stand
Juni 2018, ©ByAK, alle Rechte vorbehalten

ener

effizi

nach