

Bernhard Weller | Marc-Steffen Fahrion | Sven Jakubetz

Denkmal und Energie

PRAXIS




VIEWEG+
TEUBNER

Bernhard Weller | Marc-Steffen Fahrion | Sven Jakubetz

Denkmal und Energie

Bernhard Weller | Marc-Steffen Fahrion | Sven Jakubetz

Denkmal und Energie

PRAXIS



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

1. Auflage 2012

Alle Rechte vorbehalten

© Vieweg+Teubner Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2012

Lektorat: Dipl.-Ing. Ralf Harms

Vieweg+Teubner Verlag ist eine Marke von Springer Fachmedien.
Springer Fachmedien ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.
www.viewegteubner.de



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Umschlaggestaltung: KünkelLopka Medienentwicklung, Heidelberg
Cover-Abbildung: Bauvorhaben: Kulturspeicher, Würzburg.
Architekturbüro: Brückner & Brückner Architekten
Fotograf: Peter Manev, Selb
Druck und buchbinderische Verarbeitung: AZ Druck und Datentechnik, Berlin
Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier
Printed in Germany

ISBN 978-3-8348-1619-1

Vorwort

Zu den wesentlichen Aufgaben der Gesellschaft zählen Erhalt und die Pflege des kulturellen Erbes. Baudenkmale sind ein anschauliches Bild der Geschichte und spielen eine wichtige Rolle für die Identität der Gesellschaft. Sie machen die Verbindung zwischen Vergangenheit und Zukunft erfahrbar. Gebäude- und Siedlungsstrukturen haben aber auch einen maßgeblichen Anteil an den heute wahrnehmbaren Umweltbeeinträchtigungen. Im Sinne der Nachhaltigkeit gilt es, den Energieverbrauch und die Emissionen zu reduzieren. Eine besondere Herausforderung liegt hierbei in der energetischen Ertüchtigung und Klimaanpassung von Baudenkmalen. Auch sie können sich als Teil des Gebäudebestandes dieser Problemstellung nicht entziehen.

Das vorliegende Buch zeigt viele Möglichkeiten für behutsame Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz bei Baudenkmalen. Der Leser erhält Einblick in die Bewertung denkmalverträglicher Planung und Ausführung. Als zentraler Ansatz dient das Prinzip des Nachhaltigen Bauens mit den drei Hauptsäulen: Ökologie, Ökonomie und Soziokultur. Die Publikation richtet sich an Architekten, Denkmalpfleger, Fachplaner und Bauherren. Ein wesentliches Ziel ist, das gegenseitige Verständnis für das Baudenkmal wie auch für die erforderlichen Eingriffe im Rahmen einer energetischen Sanierung zu fördern. Das Buch soll helfen, individuelle Maßnahmen zu entwickeln und zwischen den unterschiedlichen Bewertungskriterien abzuwägen.

Die gelungenen Beispielprojekte zeigen die Möglichkeiten aber auch die Grenzen von energetischen Maßnahmen an Baudenkmalen. Mit überschaubaren, denkmalverträglichen Eingriffen lässt sich der Energieverbrauch in einigen Fällen deutlich senken. Die wesentlichen Zusammenhänge von Baukonstruktion und Bauphysik werden für diese besonderen Bauaufgaben herausgearbeitet und verständlich gemacht mit dem Ziel, auf grundlegendem Wissen aufbauend, nachhaltige Lösungen für die Ertüchtigung von Baudenkmalen entwickeln zu können.

Die Autoren danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt sowie dem Energiefonds Berlin für die Förderung im Rahmen der Forschungsprojekte „Denkmal und Energie“. Die Erkenntnisse aus diesen Vorhaben bildeten die Grundlage für das vorliegende Werk. Ein großer Dank gilt auch Michal Korte und Peter Blume für die umfangreiche Unterstützung bei der Erstellung von Zeichnungen und Diagrammen sowie den Mitarbeitern des Verlages für die gute Zusammenarbeit und die Umsicht bei der Herstellung des Buches.

Dresden, Oktober 2011

Bernhard Weller

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Nachhaltigkeit	3
2.1	Einführung	3
2.2	Nachhaltigkeit im Bauwesen	4
2.3	Zertifizierungssysteme	7
2.3.1	LEED – Leadership in Environmental & Energy Design	7
2.3.2	BREEAM – BRE's Environmental Assessment Method	11
2.3.3	DGNB – Deutsches Gütesiegel für Nachhaltiges Bauen	18
2.3.4	Vergleich der Zertifizierungssysteme	24
2.4	Weiterführende Literatur	26
3	Denkmalpflege	27
3.1	Grundlagen	27
3.2	Kurze Historie der Denkmalpflege	29
3.3	Denkmalrecht	33
3.3.1	Denkmalfähigkeit	33
3.3.2	Denkmalwürdigkeit	36
3.3.3	Einzeldenkmal, Ensemble, Teile von Gebäuden	36
3.3.4	Unterschutzstellung	37
3.3.5	Denkmalbehörden	38
3.3.6	Genehmigungsverfahren	40
3.4	Handlungsmethodik und Konzepte	45
3.4.1	Methoden	45
3.4.2	Konzeptentwicklung	47
3.5	Weiterführende Literatur	51
4	Energieeinsparverordnung	53
4.1	Grundlagen und Neuerungen	53
4.2	Geltungsbereich der EnEV 2009	55
4.3	Nachweispflichten bei Denkmalen	56
4.4	U-Wert-Berechnung homogener Bauteile	57
4.5	U-Wert-Berechnung inhomogener Bauteile	59

4.6	Energetische Qualität von Fenstern.....	66
4.6.1	Bezugsgrößen	68
4.6.2	U-Wert Verglasung.....	69
4.6.3	Einfachfenster	75
4.6.4	Kastenfenster	78
4.6.5	Verbundfenster	82
4.6.6	Fenster mit Sprossen.....	82
4.7	U-Wert Vorhangfassade.....	84
4.7.1	Bezugelement und Bezugsflächen	85
4.7.2	Vereinfachtes Verfahren.....	88
4.8	Bauteilverfahren	89
4.9	Referenzgebäudeverfahren.....	92
4.9.1	Qualität der thermischen Hülle	96
4.9.2	Berechnungsverfahren nach DIN V 4108-6/DIN V 4701-10.....	99
4.9.3	Berechnungsverfahren nach DIN V 18 599.....	111
4.9.4	Sommerlicher Wärmeschutz.....	125
4.10	Vereinfachte Datenaufnahme bei Bestandsgebäuden.....	133
4.11	Energieausweis.....	134
4.11.1	Verbrauchsausweis	135
4.11.2	Bedarfsausweis	142
4.12	Weiterführende Literatur	144
5	Baukonstruktion im Bestand	145
5.1	Baualter und Konstruktion	145
5.2	Historischer Gebäudebestand vor 1871.....	146
5.2.1	Außenwand.....	147
5.2.2	Kellerdecke und Fußboden	150
5.2.3	Dach und oberste Geschossdecke	151
5.2.4	Fenster	151
5.2.5	Repräsentant für ein Fachwerkhaus.....	153
5.3	Gründerzeit.....	154
5.3.1	Außenwand.....	155
5.3.2	Kellerdecke und Fußboden.....	156
5.3.3	Dach und oberste Geschossdecke	157
5.3.4	Fenster	158
5.3.5	Repräsentant der Gründerzeit	159
5.4	Zwischenkriegszeit.....	160
5.4.1	Außenwand.....	161
5.4.2	Kellerdecke und Fußboden.....	162
5.4.3	Dach und oberste Geschossdecke	163
5.4.4	Fenster	163
5.4.5	Repräsentant der Zwischenkriegszeit	165

5.5	Nachkriegszeit.....	166
5.5.1	Außenwand.....	167
5.5.2	Kellerdecke und Fußboden.....	168
5.5.3	Dach und oberste Geschossdecke.....	169
5.5.4	Fenster.....	169
5.5.5	Repräsentant der Nachkriegszeit.....	170
5.6	Sechziger Jahre.....	171
5.6.1	Außenwand.....	172
5.6.2	Kellerdecke und Fußboden.....	173
5.6.3	Dach und oberste Geschossdecke.....	173
5.6.4	Fenster.....	174
5.6.5	Repräsentant der Sechziger Jahre.....	175
5.7	Weiterführende Literatur.....	176
6	Gebäudehülle.....	177
6.1	Schutzfunktionen.....	177
6.2	Baukonstruktive Grundlagen.....	179
6.2.1	Dämmstoffe.....	179
6.2.2	Feuchtebelastung durch Wasserdampf.....	189
6.2.3	Nachträgliche Wärmedämmung.....	191
6.3	Baukonstruktive Maßnahmen am Beispiel.....	196
6.3.1	Gebäude vor 1871.....	196
6.3.2	Gebäude der Gründerzeit.....	211
6.3.3	Gebäude der Zwischenkriegszeit.....	227
6.3.4	Gebäude der Nachkriegszeit.....	239
6.4	Weiterführende Literatur.....	251
7	Gebäudetechnik.....	253
7.1	Wärmeerzeugung.....	253
7.1.1	Kesselanlagen.....	254
7.1.2	Wärmepumpen.....	262
7.1.3	Kraft-Wärme-Kopplung.....	269
7.1.4	Fernwärme.....	271
7.2	Speicherung.....	272
7.3	Verteilung.....	279
7.4	Übergabe.....	283
7.4.1	Freie Heizflächen.....	287
7.4.2	Integrierte Heizflächen.....	291
7.5	Lüftung.....	294

7.6	Solartechnik.....	297
7.6.1	Photovoltaik.....	299
7.6.2	Solarthermie.....	304
7.7	Weiterführende Literatur.....	310
8	Wirtschaftlichkeit.....	311
8.1	Grundlagen.....	311
8.1.1	Akteurs- und Analyseebenen.....	311
8.1.2	Einzelwirtschaftliche Bewertung.....	312
8.2	Statische Wirtschaftlichkeitsberechnung.....	313
8.2.1	Kostenvergleichsrechnung.....	313
8.2.2	Gewinnvergleichsrechnung.....	315
8.2.3	Rentabilitätsvergleichsrechnung.....	316
8.2.4	Statische Amortisationsdauer.....	317
8.3	Dynamische Wirtschaftlichkeitsberechnung.....	317
8.3.1	Kapitalwertmethode.....	318
8.3.2	Endwertverfahren.....	319
8.3.3	Annuitätenmethode.....	320
8.3.4	Interner Zinssatz.....	321
8.3.5	Dynamische Amortisationsdauer.....	323
8.3.6	Sensitivitätsanalyse.....	323
8.4	Wirtschaftlichkeitsparameter.....	324
8.4.1	Kalkulationszinssatz.....	324
8.4.2	Energiepreis und Energiepreisentwicklung.....	324
8.4.3	Steuern.....	327
8.5	Anwendung am Beispiel der Siedlung Schillerpark.....	329
8.6	Weiterführende Literatur.....	330
9	Ökologie.....	331
9.1	Ökologiebegriff im Bauwesen.....	331
9.2	Ökobilanz – Life Cycle Assessment.....	332
9.3	Wirkungskategorien und -indikatoren.....	337
9.3.1	Treibhausgaspotenzial (GWP).....	337
9.3.2	Ozonabbaupotenzial (ODP).....	339
9.3.3	Versauerungspotenzial (AP).....	340
9.3.4	Eutrophierungspotenzial.....	341
9.3.5	Photochemisches Ozonbildungspotenzial (POCP).....	342
9.4	Baustoffe.....	343
9.4.1	Auswahlentscheidung auf Baustoffebene.....	343
9.4.2	Produktdeklaration.....	345

9.5	Baukonstruktive Bauteile	346
9.5.1	Gebäudehülle	347
9.5.2	Tragstruktur und Innenausbau	348
9.6	Gebäudetechnische Bauteile	348
9.6.1	Heizanlagen	349
9.6.2	Lüftung	350
9.6.3	Kühltechnik	351
9.7	Gebäude	353
9.8	Weiterführende Literatur	356
Sachwortverzeichnis.....		357

1 Einleitung

Zweifellos handelt es sich bei der Verbindung von Denkmalschutz und Energieeffizienz um eine kontroverse Thematik. Allgemein stellt der Umgang mit dem Gebäudebestand eine bedeutende aktuelle Problemstellung in Deutschland dar, die sowohl ökologische, ökonomische als auch soziokulturelle Aspekte beinhaltet. Auf der einen Seite verbrauchen Bestandsgebäude derzeit noch etwa dreimal soviel Energie zur Beheizung wie Neubauten. Neben der Raumwärme fallen weiterhin hohe Verbräuche für Kühlung, Warmwasser und Beleuchtung an. Die energetische Sanierung bildet somit ein zentrales Thema für eine nachhaltige Energiepolitik und den Klimaschutz.

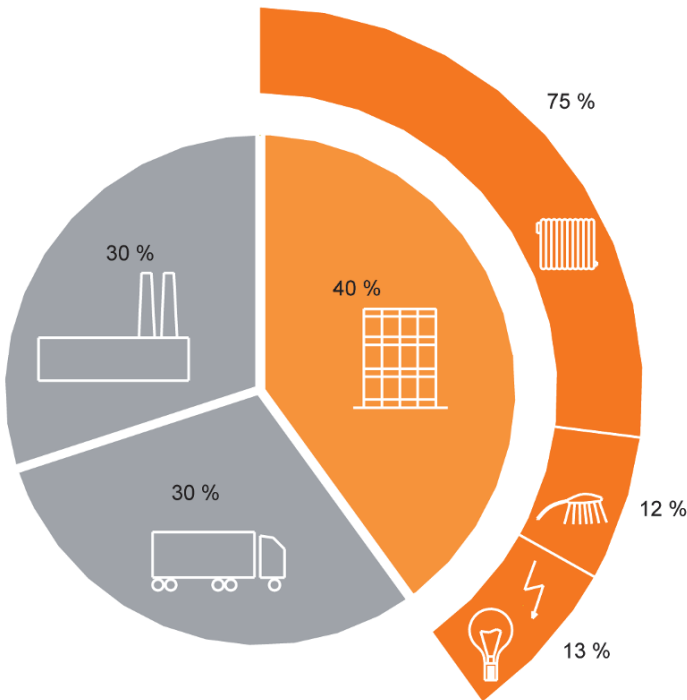


Bild 1-1 Endenergieverbrauch für Gebäude, Industrie und Verkehr (Vergleiche DENA)

Auf der anderen Seite bildet der Bestand eine wichtige kulturelle Ressource, der eine hohe soziale Funktion besitzt. Gebäude und städtebauliche Strukturen können zur Lebensqualität durch Identifikation und Identitätsbildung beitragen. Zugleich trägt und überliefert die historische Bausubstanz nicht reproduzierbare Informationen aus der Vergangenheit. Dabei zeichnen sich Baudenkmale durch eine hohe Informations- und Bedeutungsichte aus und reagieren

besonders empfindlich auf Eingriffe und Veränderungen. Obwohl sie mit rund drei Prozent nur einen geringen Anteil des gesamten Gebäudestands ausmachen, können sich geschützte Gebäude dem Konflikt zwischen energetischen Maßnahmen und Erhalt an originaler Bausubstanz nicht entziehen. Das zeigt sich deutlich in der Praxis der heutigen Denkmalpflege.

Die verschiedenen Zielvorgaben der Entscheidungsträger führen zu kontroversen Diskussionen, die oft unwissenschaftlich und emotional erfolgen. Häufig fehlen fundierte wissenschaftliche Studien in diesem Bereich, so dass die gesammelten Einzelerfahrungen generalisiert und unsachgemäß übertragen werden. Von Seiten des Denkmalschutzes kommt es zu Einwänden und Kritik hinsichtlich einer größeren Schadensanfälligkeit der Baudenkmale, bauphysikalischer Probleme, ungünstigem Kosten-Nutzen-Verhältnis, der Verfremdung und Überformung des Erscheinungsbildes sowie der Beeinträchtigung der Bausubstanz. Indem energetische Maßnahmen die historischen Bauelemente überformen oder verfremden, führen sie formal zu einer Veränderung des historischen Zeugniswertes eines Gebäudes. Da die inhaltlichen Aussagen und der größte Teil des Denkmalwertes an die historische Substanz gebunden sind, bildet der Erhalt der originalen Bausubstanz nach Dehios „Maxime Konservieren, nicht restaurieren“ den Grundsatz denkmalpflegerischen Handelns. Aber insbesondere in Zeiten, in denen man die öffentliche Förderung von denkmalpflegerischen Maßnahmen immer weiter reduziert und der Erhalt von Baudenkmalen in erster Linie durch den Nutzer erfolgen muss, wird der wirtschaftliche Unterhalt des Bauwerks zu einer wesentlichen Größe. Mit zusätzlich steigenden Rohstoffkosten und internationalen Klimaschutzbemühungen erlangt eine effiziente Energieversorgung eine entscheidende Bedeutung für eine Nutzungsförderung oder eine Umnutzung. Wiederum kann ohne eine Nutzung nur im Ausnahmefall der Erhalt eines Baudenkmal gesichert werden.

Für die Lösung dieser Konfliktsituation existieren keine Patentrezepte. Grundsätzlich sollte eine ganzheitliche Bewertung von energetischen Maßnahmen im Sinne einer Nachhaltigkeit erfolgen, also unter gleichwertiger Berücksichtigung von soziokulturellen, ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten. Im Vergleich zum ungeschützten Gebäudebestand steht am Denkmal nicht eine maximale Energieeinsparung, sondern vielmehr eine denkmalverträgliche Energieversorgung im Vordergrund.

Das vorliegende Buch verschafft in diesem Zusammenhang einen Einblick in die wesentlichen Aspekte für die Beurteilung von energetischen Maßnahmen am Baudenkmal. Den Rahmen bildet die Nachhaltigkeitsstrategie, die im ersten Kapitel erläutert wird. Im dritten Kapitel folgt eine Einführung in die denkmalpflegerischen Gesichtspunkte. Sie bilden den wesentlichen Aspekt des soziokulturellen Bereichs und begründen die besondere Stellung des Baudenkmal im Gebäudebestand. Einen zentralen Bestandteil des Buchs stellt die Beschreibung der aktuellen Energieeinsparverordnung im vierten Kapitel dar. Darauf folgt die baukonstruktive Beschreibung des vorhandenen Bestandes für die baukonstruktive Analyse mit Hilfe von Baualtersklassen, bevor dann getrennt für Gebäudehülle und Gebäudetechnik verschiedene Maßnahmen vorgestellt werden. Im Weiteren folgen verschiedene Methoden zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit. Den Abschluss bilden erweiterte ökologische Kenngrößen, die derzeit noch nicht zum Standard der aktuellen Planungsmethodik zählen, aber in den Zertifizierungsverfahren zunehmend an Bedeutung gewinnen.

2 Nachhaltigkeit

2.1 Einführung

Der Begriff „Nachhaltigkeit“ stammt aus der Forstwirtschaft und wurde im 18. Jahrhundert von Hans Carl von Carlowitz eingeführt. Die Bezeichnung beschreibt die Bewirtschaftungsweise, bei der nur so viel Holz entnommen werden darf, wie in einem gleichen Zeitraum nachwachsen kann. Dieses Prinzip blieb über 200 Jahre auf den Bereich der Forst- und Fischereiwirtschaft beschränkt. Erst in den 1970er Jahren fand der Begriff Nachhaltigkeit weitere Verbreitung – beispielsweise bei der UNO-Konferenz in Stockholm im Jahr 1972. Inzwischen bildet dieser Ansatz ein gesamtgesellschaftliches Anliegen, bei dem es sich um die Sicherstellung und Verbesserung der ökologischen, ökonomischen und sozialen Leistungsfähigkeit für Nachfolgenerationen handelt. Darin schließt man den Erhalt und den effizienten Umgang mit den natürlichen und gesellschaftlichen Ressourcen ein. Somit lässt sich das heutige Verständnis für Nachhaltigkeit mit dem Drei-Säulen-Modell darstellen.



Bild 2-1 Die 3 Säulen der Nachhaltigkeit

Unter der ökologischen Nachhaltigkeit versteht man eine Lebensweise, die die natürlichen Lebensgrundlagen nur in dem Maße beansprucht, wie diese sich selbst wieder regenerieren können. Aus ökonomischer Sicht soll eine Gesellschaft wirtschaftlich nicht über ihre Verhältnisse leben, so dass für Nachfolgenerationen keine unzumutbaren Belastungen entstehen. Die soziale Nachhaltigkeit beinhaltet eine Vielzahl von gesellschaftlichen und kulturellen Aspekten. So soll im Sinne der Generationengerechtigkeit ein intaktes soziales System übergeben werden. Dies schließt auch den Erhalt und die Weitergabe von kulturellen Ressourcen ein. Die drei Säulen besitzen untereinander eine Wechselwirkung und sollen langfristig im Gleichgewicht stehen.

Da die Baubranche einen maßgeblichen Anteil an anthropogenen Umweltbeeinträchtigungen hat und für einen Großteil der erzeugten Stoffströme verantwortlich ist, erlangt das Thema Nachhaltigkeit auch für das Bauen eine immer größere Bedeutung. Das führte in der jüngeren

Vergangenheit zu einer Reihe von Maßnahmen und Initiativen im Bauwesen. Als wichtigen Punkt kann man in diesem Zusammenhang die Entwicklung von verschiedenen nationalen und internationalen Zertifizierungssystemen für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden nennen. Dabei nehmen folgende Verfahren eine Vorreiterrolle ein: LEED (Leadership in Environmental & Energy Design) vom U.S. Green Building Council, BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) von BRE Global und das Deutsche Gütesiegel für Nachhaltiges Bauen der DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen). Die Bewertungssysteme befinden sich jedoch in ständiger Weiterentwicklung – insbesondere für eine Bewertung von Baudenkmalen besitzen sie noch große Schwächen.



Bild 2-2 Logos der wichtigsten Zertifizierungssysteme

Angelehnt an das System der DGNB hat das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) einen eigenen Kriterienkatalog zur Bewertung von Nachhaltigkeitsaspekten für Bundesgebäude im Jahr 2010 veröffentlicht. Deses System der Bewertung für „Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude“ (BNB) wird durch den Leitfaden „Nachhaltiges Bauen“ umgesetzt. Das System soll in Zukunft die nachhaltige Planung von Bundesbauten verbindlich vorschreiben und anderen Bauherren als Vorbild dienen.

2.2 Nachhaltigkeit im Bauwesen

Grundsätzlich bilden auch im Bereich der Bauwirtschaft die drei Säulen der Nachhaltigkeitsstrategie die Ausgangsbasis: Ökologie, Ökonomie und Soziokultur. Zudem kommen häufig noch weitere Faktoren, wie technische, konstruktive oder auch Standortqualitäten, hinzu. Nur durch ein gleichwertiges Zusammenwirken aller Aspekte kann Nachhaltigkeit gewährleistet werden.

Da in den Bereich Bauen große Teile der gesellschaftlich erzeugten Stoffströme und Umweltbelastungen fallen, besitzt die Ökologie eine wichtige Bedeutung im Rahmen der Nachhaltigkeit. Ein zukunftsverantwortliches Handeln verlangt einen ökologischen Umgang mit Baustoffen. Dabei ist das Verhalten von einzelnen Baustoffen oder komplexen Gebäuden über den gesamten Lebenszyklus von besonderer Bedeutung. Dementsprechend sollten schon in der Planung von Bauwerken die Herstellung, die Nutzung und der Abbruch eine Berücksichtigung finden. Dazu gehören auch die Gewinnung und der Transport von Baustoffen. Durch die vergleichsweise lange Lebenserwartung im Bauwesen treten die Wirkungen oftmals mit einer Verzögerung von 50 bis 100 Jahren ein. Schon jetzt nehmen am gesamten Abfallaufkommen die anfallenden Baureststoffe rund 60 % der Gesamtmasse und 80 % des Gesamtvolumens ein. Eine übergeordnete Rolle innerhalb der Ökologie spielt derzeit das Kriterium der Energie, so dass dieses Thema in der gesamten Publikation einen erhöhten Stellenwert erhält. Dabei unterscheidet man grundsätzlich zwischen dem Primärenergieverbrauch von erneuerbaren und nicht

erneuerbaren Energieträgern. Zu weiteren ökologischen Aspekten zählen der Beitrag zum Treibhauseffekt, die Emission von ozonschichtzerstörenden Gasen, die Emission von Luftschadstoffen, die zur bodennahen Ozonbildung und damit zu Sommersmog führen, versauernd wirkende Luftschadstoffe und die Nährstoffanreicherung in Gewässern durch Überdüngung. Des Weiteren gehören der Frischwasserverbrauch und die Flächeninanspruchnahme zu den ökologischen Kriterien.

Ein weiterer elementarer Gesichtspunkt im Rahmen des nachhaltigen Bauens stellt die Ökonomie dar. Dabei sind die heutigen Bedürfnisse der Menschheit so zu erfüllen, dass nachfolgende Generationen ein ökonomisch intaktes System übergeben bekommen. Dieser Aspekt besitzt eine volkswirtschaftliche und betriebswirtschaftliche Dimension. Im Rahmen des Buches steht die betriebswirtschaftliche Ebene im Vordergrund, da der Großteil der Entscheidungen im Baubereich nach einzelwirtschaftlichen Kriterien erfolgt. Für die betriebswirtschaftliche Analyse bieten die statische und dynamische Investitionstheorie mehrere Verfahren für die Beurteilung von energetischen Maßnahmen. Die praktische Anwendung im Bereich der Baudenkmale ist von einer komplexen Akteurs- und Analysestruktur gekennzeichnet. Das heißt, dass die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit stark vom Akteursstandpunkt beziehungsweise von verwendeten Berechnungsverfahren abhängt. Bei allen Methoden sollte der gesamte Lebenszyklus eines Gebäudes berücksichtigt werden. In der folgenden Grafik erkennt man dazu die Verteilung der Kosten auf die einzelnen Lebenszyklusphasen eines Gebäudes.

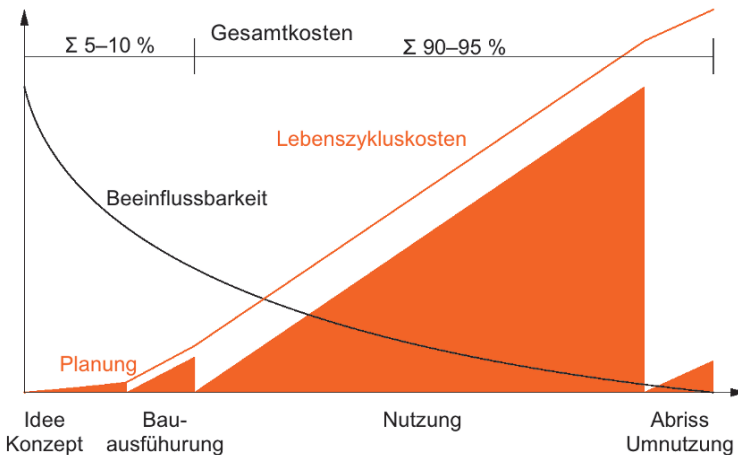


Bild 2-3 Durchschnittliche Kostenverteilung für den Lebenszyklus eines Gebäudes

Die Grafik zeigt, dass der überwiegende Teil der Gebäudekosten in der Nutzungsphase anfällt. Als Konsequenz kann sich die Reduzierung von Betriebs- und Nutzungskosten unter Inkaufnahme erhöhter Herstellungs- oder Sanierungskosten als wirtschaftlich nachhaltig erweisen.

Die dritte Säule der Nachhaltigkeit umfasst die soziokulturellen Aspekte. Da Gebäude eng mit der Kultur und Gesellschaft des Menschen verknüpft sind, besitzen sie eine wichtige soziale Funktion. Zu den übergeordneten Gesichtspunkten zählen der Schutz der menschlichen Gesundheit, die Steigerung des Wohlbefindens, der Erhalt und die Weiterentwicklung der Sozialressourcen beziehungsweise die Sicherstellung ihres Zugangs.

In diesen Bereich fällt auch die Erhaltung und Entwicklung von Kultur und kultureller Vielfalt. Dabei haben Baudenkmale als Träger von technischem und gesellschaftlichem Wissen eine besondere Bedeutung. Sie stellen eine wichtige kulturelle Ressource dar, die man im Sinne des nachhaltigen Bauens langfristig erhalten sollte. Da die besondere Stellung von Baudenkmalen auf ihren Denkmalwerten beruht, sollten diese auch im Rahmen der nachhaltigen Bewertung von energetischen Maßnahmen eine übergeordnete Rolle einnehmen.



Bild 2-4 Kennzeichen für denkmalgeschützte Gebäude

In der praktischen Bewertung haben sich neben den klassischen Säulen des nachhaltigen Bauens noch weitere Bereiche etabliert. Teilweise handelt es sich hierbei um neue Aspekte oder um Teilgebiete aus einem der drei Hauptgebiete, die differenziert betrachtet werden. In erster Linie sei hier die technische beziehungsweise konstruktive Qualität zu nennen. Beispielsweise haben die bauphysikalischen Auswirkungen einer Sanierungsmaßnahme eine entscheidende Bedeutung für die Gesamtbewertung. So können Veränderungen beim Feuchte- und Wärmetransport das Risiko von späteren Bauschäden reduzieren, aber auch erhöhen.

Eine weitere Kriteriengruppe bei einer differenzierten Bewertung der Nachhaltigkeit bilden die Standortfaktoren. Entscheidenden Einfluss hat der Planer hier meist nur beim Neubau. Im Bestand ergeben sich jedoch durch die Wechselwirkung zum Standort indirekte Auswirkungen. Beispielsweise hat sich gezeigt, dass sich durch den Erhalt von verdichteten Stadtstrukturen positive ökologische und ökonomische Effekte erzielen lassen.

2.3 Zertifizierungssysteme

Im Zuge der fortschreitenden Nachhaltigkeitsentwicklungen im Baubereich entwickelten sich mehrere Zertifizierungssysteme. Die größte Verbreitung besitzen derzeit das LEED-System aus den USA sowie das BREEAM-System aus Großbritannien und aus Deutschland das DGNB-Zertifikat. Auf der Weltkarte erkennt man den Ursprung und das vorrangige Anwendungsgebiet der einzelnen Zertifikate. Inzwischen konkurrieren insbesondere in Gebieten mit erhöhter Bautätigkeit die verschiedenen Systeme miteinander.

2



Bild 2-5 Internationale Zertifizierungssysteme im Überblick

Da die nähere Betrachtung der einzelnen Zertifikate einen guten Einblick in die Aspekte des nachhaltigen Bauens verschafft, folgt im Weiteren eine vertiefte Erläuterung.

2.3.1 LEED – Leadership in Environmental & Energy Design

Beim LEED-Zertifikat handelt es sich international um das am weitesten verbreitete Zertifizierungssystem. Es wurde 1998 vom USGBC (US Green Building Council) entwickelt und seitdem international für die Bewertung von verschiedenen Bauaufgaben eingesetzt. Dafür existieren unterschiedliche Varianten mit unterschiedlichen Bewertungsaspekten für einen Neubau, bestehende Gebäude sowie in Abhängigkeit vom Ausbaustandard. Das System befindet sich in ständiger Weiterentwicklung und mittlerweile in der dritten Version.

Für denkmalgeschützte Gebäude kommt entweder das Rating System für bestehende Gebäude oder das Vorgehen für größere Sanierungen, welches an den Neubau anlehnt, in Frage. Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich auf den Fall einer umfassenden energetischen Sanierung, da sich das alternative Verfahren für bestehende Gebäude in erster Linie auf eine Bestandsbewertung konzentriert und den Gebäudebetrieb optimieren soll.

Variante	Regelwerk
LEED for New Construction	GREEN BUILDING DESIGN & CONSTRUCTION 2009 Edition
LEED for Core & Shell	
LEED for Schools	
LEED for Healthcare	
LEED for Retail	
LEED for Commercial Interiors	GREEN INTERIOR DESIGN & CONSTRUCTION 2009 Edition
LEED for Retail Interiors	
LEED for Existing Buildings	GREEN BUILDING OPERATIONS & MAINTENANCE 2009 Edition
LEED for Existing Schools	

Bild 2-6 Verschiedene Varianten der LEED-Zertifizierung

Die LEED-Zertifizierung basiert auf einem Punktesystem, das derzeit sieben verschiedene Kategorien aufweist. Insgesamt werden für alle Untergruppen 100 Punkte und zusätzlich zehn Bonuspunkte für regionale Schwerpunkte und Innovationen vergeben. Des Weiteren müssen sogenannte Prerequisites als Voraussetzungen zwingend eingehalten werden. Am Schluss kann man je nach erzielter Punktzahl folgende Zertifizierungsgrade erreichen:

- Platin bei 80 oder mehr Punkten
- Gold bei 60–79 Punkten
- Silber bei 50–69 Punkten
- Zertifiziert bei 40–49 Punkten

Für größere Sanierungen lassen sich die benötigten Punkte in folgenden Kategorien gewinnen:

- Sustainable Sites (Standort und Außenraum)
- Water Efficiency (Wasserbedarf in der Nutzung)
- Energy & Atmosphere (Energiebedarf in der Nutzung)
- Materials & Resources (Baumaterialien)
- Indoor Environmental Quality (Komfort und Behaglichkeit)
- Innovation in Design (Besonderheiten)
- Regional Priority (Regionale Schwerpunkte für USA)

Die erste Kategorie „Sustainable Sites“ befasst sich mit dem Standort und den Wechselwirkungen des Gebäudes mit dem Außenraum. Dazu zählt ein nachhaltiger Managementplan für freie und versiegelte Flächen. Vorteilhaft wirken sich die Reduktion von versiegelten Flächen sowie eine einfache Reinigung und Instandhaltung des Außenraums aus. Einen weiteren wichtigen Einfluss besitzt die Verkehrsanbindung des Gebäudes. Die Nähe zu öffentlichen Verkehrsmitteln und zu Wohngebieten mit öffentlichen Einrichtungen werden positiv bewertet. Beispielweise erreicht man 6 Punkte durch eine Straßenbahn- oder U-Bahn-Haltestelle, die

sich innerhalb von 800 m Entfernung befindet. Neben den genannten Kriterien gehören auch Wärmeinseleffekte und Lichtverschmutzung zum Bereich „Sustainable Sites“.

Die zweite Kategorie „Water Efficiency“ behandelt die Maßnahmen zur Wassereinsparung. Dies beinhaltet sowohl die Wasserversorgung des Gebäudes als auch der Außenanlagen und Bepflanzung. Für den Sanitärbereich gelten die Vorgaben des Uniform Plumbing Codes (UPC) oder des International Plumbing Codes (IPC) für die Begrenzung der Abwassermengen. Die Grenzwerte können zum Beispiel für WCs durch Regen- oder Grauwassernutzung oder durch Dualspülung in Kombination mit Trockenurinalen deutlich gesenkt werden.

Tabelle 2.1 Vergleich und Vorgaben für Spülmengen aus dem Sanitärbereich

Sanitäranlage	Vor 1992	Energy Policy Act of 1992 (EPA 1992)	Current Plumbing Codes (UPC/IPC 2005)
Toilette	4–7 gpf	1,6 gpf	1,6 gpf
Urinal	3,5–5 gpf	1,0 gpf	1,0 gpf
Wasserhahn	5–7 gpm	2,5 gpm	0,5 gpm
Dusche	4,5–8 gpm	2,5 gpm	2,5 gpm

Im Außenbereich erweisen sich heimische Pflanzen beziehungsweise Bepflanzungen mit niedrigem Wasserbedarf und effiziente Bewässerungssysteme als günstig.

Die umfassendste Kategorie „Energy & Atmosphere“ beschäftigt sich mit der Effizienz und Überwachung von Heiz- sowie Kühlsystemen, Beleuchtung und anderer Ausstattungen und dem Einsatz von erneuerbaren Energien. Hier lassen sich etwa 1/4 der Gesamtpunktzahl erreichen. Als Mindestvoraussetzungen muss eine überwachte Inbetriebnahme der Gebäudetechnik erfolgen, gewisse Mindestenergiestandards müssen eingehalten und die Reduktion von ozonschädigenden Gasen in den Lüftungs- und Klimaanlage angestrebt werden. Innerhalb der gesamten Kategorie besitzt die Energieeffizienz die größte Bedeutung. Die Berechnung erfolgt nach dem ASHRAE Standard 90.1-2007 mittels thermischer Simulationsprogramme wie DOE-2, BLAST, EnergyPlus oder vergleichbaren. Die erreichbaren Wertungspunkte sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Für eine möglichst hohe Punktzahl sollte das Gebäude gegenüber dem vorgegebenen ASHRAE Standard deutliche Einsparungen erzielen. Dabei dürfen Sanierungsbauten im Vergleich zu Neubauten eine 4 % geringere Einsparung für eine gleich hohe Punktzahl aufweisen. Die Maximalpunktzahl von 19 Punkten erreichen Bestandssanierungen bei einer Einsparung von 44 % gegenüber den Vorgaben der ASHRAE

Im Falle einer Reduktion um 13 % durch den Einsatz von erneuerbaren Energien, wie Solarthermie, Photovoltaik oder Geothermie, lassen sich weitere sieben Punkte erreichen. Deckt man zusätzlich 35 % des gesamten jährlichen Stromverbrauchs mit erneuerbarem Strom, so wird man darüber hinaus mit zwei Punkten belohnt. Mit einer Reduktion von ozonschädigenden Gasen über die Mindestanforderungen kann man weitere Punkte sammeln. Ebenfalls wirken sich die Überwachung, die Kontrolle und die Installation von Messsensoren im Bereich der Gebäudetechnik positiv auf die Bewertung aus.

Tabelle 2.2 Erreichbare Punktzahl in Abhängigkeit von der Unterschreitung zu den Vorgaben der ASHRAE

Neubau	Sanierung	Punktzahl
12 %	8 %	1
14 %	10 %	2
16 %	12 %	3
18 %	14 %	4
20 %	16 %	5
22 %	18 %	6
24 %	20 %	7
26 %	22 %	8
28 %	24 %	9
30 %	26 %	10
32 %	28 %	11
34 %	30 %	12
36 %	32 %	13
38 %	34 %	14
40 %	36 %	15
42 %	38 %	16
44 %	40 %	17
46 %	42 %	18
48 %	44 %	19

Der Unterpunkt „Materials & Resources“ behandelt das Recycling, die Wiederverwendung und den ressourcenschonenden Materialeinsatz. Als Grundvoraussetzung müssen auf der Baustelle geeignete Strukturen zum Trennen und Sammeln von Bauabfällen existieren. Pluspunkte lassen sich durch die Verlängerung des Lebenszyklusses infolge von Instandsetzungen und Wiederverwendung der Tragstruktur und Gebäudehülle sammeln. Auch das weitere Nutzen von mindestens 50 % der Gebäudeausstattung wird durch einen Punkt belohnt. Die Voraussetzung für eine möglichst hohe Recyclingquote stellt ein geeignetes Müllmanagement dar, mit dem man bei einem Recyclinganteil von 75 % die Maximalpunktzahl in der entsprechenden Rubrik erreicht. Auch die Wiederverwendung bereits genutzter Materialien wirkt sich positiv aus. Beim Einsatz neuer Materialien sollte man auf eine gute Recyclebarkeit achten, um künftige Baurestmassen zu reduzieren. Weiterhin sollten bei der Materialwahl schnell nachwachsende Rohstoffe, regionale Baustoffe sowie zertifizierte Holzsorten den Vorzug erhalten.

Die Rubrik „Indoor Environmental Quality“ widmet sich der Luftqualität und dem Komfort im Gebäude. Das Rauchverbot im Gebäude und in der unmittelbaren Umgebung gilt mit Ausnahme von speziell ausgestatteten Raucherzonen als Voraussetzungskriterium. Zudem müssen die jeweiligen Mindestanforderungen für natürliche oder mechanische Lüftung des aktuellen ASHRAE-Standards eingehalten werden. Um den Komfort und das Wohlbefinden der Nutzer zu erhöhen, sollte ein Monitoringsystem starke Veränderungen im Volumenstrom und den

CO₂-Gehalt detektieren. Eine zusätzliche Innenbelüftung über die ASHRAE Mindestanforderungen hinaus werden mit einem Zusatzpunkt belohnt. Eine Planung zur Sicherstellung der Luftqualität während der Bauphase und vor der Inbetriebnahme des Gebäudes steigert ebenfalls die Punktzahl. Des Weiteren findet man in dieser Kategorie Grenzwerte für die Schadstoffemissionen der verwendeten Materialien. Neben den Kriterien der Raumluftqualität bestehen auch Anforderungen zur thermischen Behaglichkeit, die man mit den Regelungen der DIN EN 7730 vergleichen kann. Die Kategorie schließt mit den Vorgaben zur Tageslichtbeleuchtung und zum Außenraumbezug ab.

Im Unterpunkt „Innovation in Design“ lassen sich zusätzliche Punkte durch die Umsetzung neuer Technologien oder durch die Übererfüllung voran genannter Kategorien erreichen. So wird ein zusätzlicher Punkt durch Verdopplung der Voraussetzungen erlangt. Bei einer mehrstufigen prozentualen Bewertung lassen sich die Innovationspunkte erreichen, indem man bei einer vorgegebenen Abstufung von 10 % und 20 % die Zielgröße um 30 % unterschreitet.

Den Abschluss der Bewertungsmethodik bildet die Kategorie „Regional Priority“. Da diese Punkte nur für die USA definiert sind, lassen sich für internationale Projekte keine der sechs erreichbaren Punkte erwerben. Nach derzeitigem Stand soll die Rubrik auch in der Zukunft nicht für Projekte außerhalb der USA erweitert werden.

Im Fazit lässt sich festhalten, dass das LEED-Zertifikat einen internationalen Maßstab setzt. Da es eine weltweite Vergleichbarkeit von Gebäuden ermöglicht, eignet es sich vorrangig für international agierende Unternehmen. Die Aspekte des Denkmalschutzes werden in diesem Zertifikat ungenügend behandelt. Für diesen Bereich besitzt diese Zertifizierungsmethode einen großen Nachholbedarf.

2.3.2 BREEAM – BRE's Environmental Assessment Method

Das britische BREEAM-System wurde in den 1980er Jahren und damit noch vor der LEED-Zertifizierung entwickelt. Wie beim LEED gibt es je nach Gebäudetyp verschiedene Varianten für die Bewertung.

Tabelle 2.3 Unterschiedliche Varianten des BREEAM-Zertifikates

Assessment categories	Zertifizierungskategorien
breeam: bespoke	breeam: Maßgeschneidert
breeam: courts	breeam: Gerichte
breeam: ecohomes	breeam: Wohngebäude
breeam: ecohomesXB	breeam: Wohngebäudebestand
breeam: industrial	breeam: Industrie
breeam: multiresidential	breeam: Kommunale Wohngebäude
breeam: prisons	breeam: Gefängnisse
breeam: offices	breeam: Bürogebäude
breeam: retail	breeam: Einzelhandel
breeam: schools	breeam: Schulen
breeam: international	breeam: International

Vom Grundsatz ähneln sich beide Systeme und bauen aufeinander auf. Im Jahre 2008 erfolgten einige grundlegende Erneuerungen: eine Ausweitung auf den gesamten Lebenszyklus, eine veränderte Gewichtung und die Einführung von Mindestkriterien.

Der überwiegende Teil der Varianten richtet sich an das Mutterland Großbritannien. Jedoch stehen für internationale Projekte regionale Anpassungsversionen zur Verfügung. Diese Möglichkeit existiert derzeit für Europa und die Golfregion. Hier kann man auf nationale Normen zurückgreifen.

Im BREEAM-System existieren in der Abhängigkeit vom erzielten Endergebnis folgende Ratingstufen:

- Outstanding bei $\geq 85\%$
- Excellent bei $\geq 70\%$
- Very Good bei $\geq 55\%$
- Good bei $\geq 45\%$
- Pass bei $\geq 30\%$

Im Detail beinhaltet die Bewertung der Nachhaltigkeit die Ergebnisse aus verschiedenen Unterkategorien. Dazu gehören:

- Management (Planungs- und Bauablauf)
- Health & Wellbeing (Gesundheit und Behaglichkeit)
- Energy (Energiebedarf in der Nutzung)
- Transport (Verkehrsinfrastruktur)
- Water (Wasserbedarf in der Nutzung)
- Materials (Baumaterialien)
- Waste (Abfälle)
- Land Use and Ecology (Landnutzung)
- Pollution (Schadmission in der Nutzung)

Ähnlich wie bei LEED lassen sich zusätzlich zu den genannten Kategorien Innovationspunkte sammeln und es gelten in Abhängigkeit der gewünschten zu erreichenden Zertifizierungsstufe definierte Mindestvoraussetzungen. Mit steigender Zertifizierungsstufe wächst die Anzahl der Kriterien, bei denen man eine minimale Punktzahl erreichen muss.

Im Unterschied zum US-amerikanischen System erfolgt aber eine festgelegte Gewichtung der einzelnen Kriterien. Die erreichte Punktzahl aus einem Bereich fließt nur mit einem vorher definierten prozentualen Anteil in die Gesamtpunktzahl ein.

Dabei unterscheidet man bei der Zertifizierung zwischen Neubau, Generalsanierung und Erweiterung auf der einen Seite und auf der anderen Seite in Ausstattung und Nachrüstung. Für diese zwei Möglichkeiten gelten geringfügig veränderte Gewichtungsfaktoren für die Berechnung der Gesamtpunktzahl. Insbesondere entfällt bei der Ausstattung und Nachrüstung von Gebäuden der Punkt „Landnutzung“, so dass sich die Gewichtung der restlichen Faktoren gleichmäßig erhöht.

In der folgenden Tabelle erkennt man anhand eines Beispiels, wie sich aus den Teilergebnissen für die einzelnen Kriteriengruppen das Endresultat zusammensetzt.

Tabelle 2.4 Beispiel für Berechnung eines Ratingergebnisses nach BREEAM

BREEAM Section	Credits Achieved	Credits Available	Credits Achieved in %	Section Weighting	Section score
Management	7	10	70 %	0,12	8,40 %
Health & Wellbeing	11	14	79 %	0,15	11,79 %
Energy	10	21	48 %	0,19	9,05 %
Transport	5	10	50 %	0,08	4,00 %
Water	4	6	67 %	0,06	4,00 %
Materials	6	12	50 %	0,125	6,25 %
Waste	3	7	43 %	0,075	3,21 %
Land Use & Ecology	4	10	40 %	0,10	4,00 %
Pollution	5	12	42 %	0,10	4,17 %
Innovation	1	10	10 %	0,10	1,00 %
Final BREEAM score				55,87 %	
BREEAM Rating				VERY GOOD	
Minimum Standards for BREEAM „Very Good“ rating				Achieved	
Man 1 – Commissioning				X	
Hea 4 – High frequency lighting				X	
Hea 12 – Microbial contamination				X	
Ene 2 – Sub-metering of substantial energy uses				X	
Wat 1 – Water consumption				X	
Wat 2 – Water meter				X	
LE 4 – Mitigating ecological impact				X	

Zur ersten Kategorie „Management“ zählen Aspekte zum Planungs- und Bauablauf. Als Mindestvoraussetzung muss ein Teilnehmer des Planungsteams für ein umfassendes, projektbezogenes Qualitätsmanagement über die gesamte Planungs- und Realisierungsphase ernannt werden, der die Verantwortung für Inbetriebnahmen und Abnahmen trägt. Pluspunkte lassen sich in dieser Kategorie sammeln, wenn die ausführenden Bauunternehmen die Vorgaben des Considerate Constructors Scheme (CCS) oder ähnliche Anforderungen erfüllen. Das CCS ist ein britisches Zertifizierungssystem zur Qualifizierung von Bauunternehmen für eine möglichst umweltfreundliche und sichere Bauausführung. Zudem wird ein umweltgerechter Baustellenbetrieb im Hinblick auf die Nutzung von Ressourcen, Energieverbrauch und Verschmutzung positiv angerechnet. Eine Dokumentation über die Funktionsweise des Gebäudes,

die sich an nicht technisches Personal richtet, erhöht ebenfalls die Punktzahl. Darüber hinaus existieren selektive Kriterien, die nur für bestimmte Gebäudetypen in Frage kommen. Dazu zählen unter anderem die Involvierung von wichtigen Entscheidungsträgern, die Förderung von öffentlichen Nutzungen, Sicherheitsaspekte und eine Lebenszyklusanalyse der Kosten.

2

Die zweite Kategorie „Health & Wellbeing“ beschäftigt sich mit Gesundheit, Komfort und Behaglichkeit im Gebäudeinneren. Als Mindestanforderungen muss man eine flimmernde Beleuchtung durch hochfrequente Leuchtmittel vermeiden und ein gesundheitsschädliches Legionellenwachstum im Trinkwasser verhindern. In der ersten Wertungsrubrik kann man Pluspunkte durch eine ausreichende Tageslichtbeleuchtung gewinnen. Auch ein gesicherter Außenraumbezug durch eine direkte Sicht in die Umgebung wirkt sich günstig auf die Zertifizierung aus, weil er eine Überanstrengung der Augen verhindert und der Monotonie von geschlossenen Räumen vorbeugt. Gleichzeitig dürfen die Nutzer jedoch nicht von dem direkten Sonnenlicht geblendet werden. Hält man darüber hinaus die Planungsvorgaben der Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE) für interne und externe Beleuchtungsstärken ein, erreicht man einen weiteren Kreditpunkt. Die Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE) ist ein britischer Ingenieurverband, der sich mit Gebäudetechnik beschäftigt. Einen Schwerpunkt bildet die Licht- und Beleuchtungstechnik. Die Einteilung in separat steuerbare Beleuchtungszonen wird positiv angerechnet. Nach den Fragen zu der Beleuchtung folgen die Aspekte zu Luftqualität und Belüftung. Bei natürlicher Belüftung von Aufenthaltsräumen lässt sich ein Pluspunkt gewinnen. Dafür sollten die offenbaren Fensterflächen mindestens 5 % der Raumfläche betragen oder über eine Lüftungssimulation ausreichende Bedingungen nachgewiesen werden. Allgemein gilt es, die Luftqualität innerhalb der Räume durch vorgeschriebene Abstände von Luftetritten und -austritten sicherzustellen. Ein Extrapunkt beschäftigt sich mit Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen wie Formaldehyd. Danach folgen die Vorgaben zur thermischen Behaglichkeit und zur Einteilung in getrennt regelbare thermische Zonen. Die Sektion schließt mit dem Thema Akustik und weiteren spezifischen Bewertungskriterien ab, die aber nicht für jeden Gebäudetyp gelten.

Die Kategorie „Energy“ besitzt den größten Gewichtungsfaktor in der BREEAM-Zertifizierung und umfasst neun Unterpunkte. Im ersten Kriterium für die Reduktion von Kohlendioxid-Emissionen lassen sich bereits 15 der 21 Kreditpunkte erreichen, wenn man im Sanierungsfall den maximalen Grenzwert des EPC Ratings unterschreitet. Das Energy Performance Certificate entspricht dem deutschen Energieausweis und setzt in Großbritannien die EU-Richtlinie 2002/91/EG um. Bis zu zwei Zusatzpunkte können bei einer Unterschreitung der Vorgaben des EPC durch ein Nullemissionsgebäude erzielt werden. Unabhängig davon erhält man bis zu einer Maximalzahl von 15 Kreditpunkten zwei Bonuspunkte bei einer Beteiligung eines Denkmalpflegers für historisch geschützte Gebäude. Dabei muss in einem Gutachten für die meisten Bauteile zwischen dem Erhalt der Bausubstanz und der Energieeinsparung abgewogen werden. Wenn keine signifikanten Verbesserungen möglich sind, sollten die Gründe dafür aufgeschlüsselt werden. Durch die Installation von Unterzählern für das Monitoring, getrennt nach Energiesystemen, lassen sich weitere Bonuspunkte erreichen. Auch der Einsatz von einer energieeffizienten Beleuchtung der Außenanlagen steigert das Bewertungsergebnis. Deckt man allgemein einen Großteil des Energiebedarfs durch erneuerbare Energieträger, erhält man zusätzliche Kreditpunkte, weil diese Maßnahme zur Reduktion von Kohlendioxid-Emissionen beiträgt. Die Kategorie setzt sich noch mit weiteren Kriterien fort, die aber nicht für jeden Gebäudetyp gelten. Dazu gehören unter anderem die Energieeffizienz bei der Beförderungstechnik, bei der Kühltechnik, bei technischen Geräten und die Luftdichtigkeit des Gebäudes.

Die nächste Kategorie „Transport“ beschäftigt sich mit der Anbindung des Gebäudes an Verkehrsmittel und an die öffentliche Infrastruktur. Als Erstes kann man abhängig von der Entfer-

nung zur nächsten öffentlichen Verkehrsanbindung, vom jeweiligen Verkehrsmittel und von der Haltefrequenz mehrere Kreditpunkte gewinnen. Neben der Verkehrsanbindung spielt auch die Nähe zu Briefkästen, Geldautomaten oder Lebensmittelgeschäften eine Rolle bei der Bewertung. Da der Individualverkehr mit dem Fahrrad oder zu Fuß als besonders umweltfreundlich gilt, bestehen dafür separate Unterpunkte in der Zertifizierung. Indem man Parkplätze beschränkt, sollen die Nutzer auf alternative Verkehrsmittel umsteigen und so zu einer Umweltentlastung beitragen. Bei einigen Gebäudetypen wie Krankenhäusern sollte zusätzlich ein Informationssystem mit den aktuellen Abfahrtszeiten und Routen von öffentlichen Verkehrsmitteln eingerichtet werden.

Die Zertifizierung setzt sich mit der Kategorie „Water“ fort, die den Wasserverbrauch während der Nutzung des Gebäudes behandelt. Um Wasser zu sparen und die ersten Kreditpunkte zu erzielen, sollte man die effektiven Spülmengen und die Strömungsgeschwindigkeiten bei Toiletten, Duschen und Waschbecken begrenzen. Ein Kalkulationstool hilft bei der Berechnung. Mit Hilfe des BREEAM Water Calculation Tools lässt sich der Wasserbedarf für die Sanitäranlagen eines Gebäudes pro Person in Kubikmeter pro Jahr für die Bewertung ermitteln.

Tabelle 2.5 Punktevergabe bei Begrenzung der Müllmenge

	Wasserverbrauch
BREEAM credits	m ³ pro Person pro Jahr
1 credits	4,5–5,5
2 credits	1,5–4,4
3 credits	< 1,5

Überwacht man den Wasserverbrauch durch ein Messsystem, gewinnt man einen weiteren Zusatzpunkt. Da unentdeckte Rohrbrüche große Verluste verursachen, lässt sich durch ein entsprechendes Kontrollsystem ein Bonuspunkt erlangen. Gegen kleinere Leckagen erweisen sich Sicherheitsventile, die einzelne Sanitärbereiche abtrennen, als vorteilhaft und erbringen ebenfalls einen Kreditpunkt.

In der BREEAM-Bewertung folgt die Kategorie „Materials“ als Nächstes. Im ersten Unterpunkt kann man über ein Kalkulationstool die Umweltverträglichkeit der eingesetzten Baustoffe über ihren Lebenszyklus bestimmen. Mit den aufsummierten Einzelbewertungen der wichtigsten Bauteile lassen sich anschließend die erreichten Kreditpunkte berechnen. Erfüllen die verwendeten Materialien im Außenbereich des Gebäudes auch die ökologischen Anforderungen, so erhält man einen weiteren Pluspunkt. Auch bei BREEAM wird die Wiederverwendung von Materialien belohnt. Das gilt sowohl für die Fassade als auch für die Tragstruktur des Gebäudes. Darüber hinaus besitzt eine verantwortungsvolle und nachhaltige Beschaffung von Baustoffen für Hauptbauelemente eine besondere Bedeutung, mit der sich bis zu drei Kreditpunkte erreichen lassen.

Für die Bewertung Wärmedämmung kommt ein spezielles Verfahren zum Einsatz, das das ökologische Rating ins Verhältnis zur Wärmeleitfähigkeit setzt. Der sogenannte „Insulation Index“ dient als Maß der thermischen und ökologischen Leistungsfähigkeit einer Wärmedämmung für die Vergabe von Kreditpunkten. Neben der Wärmeleitfähigkeit des Materials fließt, wie in Gleichung 2.1 zu erkennen, das Green Guide Rating in den Index ein.

Die entsprechenden aktuellen Kennwerte für Wärmedämmmaterialien lassen sich auf <http://www.thegreenguide.org.uk> finden.

2

$$\text{Insulation Index} = \frac{\sum V_i / \lambda_i}{\sum GGP \cdot V_i / \lambda_i} \quad (2.1)$$

- V_i = Volumen der Wärmedämmung des Bauteils i
 λ_i = Wärmeleitfähigkeit der Wärmedämmung des Bauteils i
 GGP = Green Guide Ratings Points

Des Weiteren spielt auch der konstruktive Schutz von Materialien eine wichtige Rolle, um eine möglichst lange Lebensdauer der eingesetzten Baustoffe zu gewährleisten.

Die Kategorie „Waste“ behandelt die Abfallproblematik. Als ein entscheidendes Kriterium soll die anfallende Müllmenge pro 100 m² Nutzfläche mit Hilfe eines Abfallmanagementsystems begrenzt werden. Bei diesem Kriterium lassen sich bis zu drei „Credits“ gewinnen, wenn man die Vorgaben aus folgender Tabelle unterschreitet.

Tabelle 2.6 Punktevergabe bei Begrenzung der Müllmenge

BREEAM credits	Müllmenge pro 100 m ²	
	m ³	Tonnen
1 credits	13–16,6	6,6–8,5
2 credits	9,2–12,9	4,7–6,5
3 credits	< 9,2	< 4,7

Eine weitere positive Bewertung kann durch den möglichst hohen Einsatz von wiederverwendeten Zuschlagstoffen erreicht werden. Dabei sollten diese Stoffe vom Gebäude selbst oder von nicht mehr als 30 km entfernten Baustellen stammen. Die effiziente Umsetzung von Strategien zur Müllvermeidung im Betrieb erfordert geeignete Bereiche für die Lagerung von Recyclingmaterialien. Für diese Flächen schreibt BREEAM einzuhaltende Mindestgrößen vor, die abhängig von der Grundfläche des Gebäudes sind. Bei bestimmten Gebäudetypen sollen Müllpressen dabei helfen, die Lagerung sowie den späteren Transport von Abfällen zu optimieren. Insbesondere bei Bürogebäuden sollte man die Bodenbeläge mit dem späteren Nutzer abstimmen, um unnötige Austauscharbeiten und Abfälle zu verhindern.

Wie in allen Zertifizierungssystemen besitzt die ökologische Landnutzung, die den Schwerpunkt der Kategorie „Land Use and Ecology“ bildet, auch bei BREEAM einen hohen Stellenwert. Um einen möglichst geringen Flächenverbrauch zu gewährleisten, sollte das Gebäude mit mindestens 75 % seiner Grundfläche auf einem langjährig ausgewiesenen Baugebiet stehen. Die Flächen sollen seit mehr als fünfzig Jahren für eine Bebauung für Industrie, Handel oder Wohnen dienen. Es wirkt sich günstig auf die Bewertung aus, wenn man eine kontaminierte Brachfläche nutzbar macht und dadurch eine Sanierung von Schadstoffen fördert. Bevor jedoch ein Grundstück bebaut wird, sollte die ökologische Wertigkeit bestimmt und Flächen mit niedrigem Wert überbaut werden. Befinden sich auf den nicht bebauten Bereichen ökologisch relevante Bäume oder Hecken, sollten diese in der Bauphase geschützt werden. Die Anzahl der Kreditpunkte erhöht sich, wenn die vorher bestimmte ökologische Wertigkeit nur geringfügig

oder gar nicht abnimmt. Einen wichtigen Einfluss auf diesen Wert hat die Artenvielfalt der vorkommenden Pflanzen auf dem Baugrundstück. Steigert man sogar diese vorkommenden Pflanzenarten und erhöht dadurch den ökologischen Wert des Grundstücks, können bis zu drei weitere Pluspunkte erreicht werden. Wird durch geeignete Maßnahmen auch langfristig eine hohe Biodiversifizität gesichert, sind noch weitere Wertungspunkte möglich.

Die letzte, umfangreiche Bewertungskategorie „Pollution“ beschäftigt sich mit Schadstoffemissionen des Gebäudes. Die hier betrachteten Schadstoffemissionen begrenzen sich nicht nur auf die üblichen Luftschadstoffe, sondern berücksichtigen auch Gefahrenstoffe für das Grundwasser, Lärmemissionen oder auch die Lichtverschmutzung. Der ursprünglich aus dem Englischen übersetzte Begriff „Lichtverschmutzung“ bezeichnet eine Aufhellung des Nachthimmels durch anthropogene Lichtquellen. Dieser Effekt kann unter anderem den Wachstumszyklus von Pflanzen oder den Hormonhaushalt von Tieren beeinflussen. Ein Kreditpunkt lässt sich durch ein Kühlmittel mit einem geringen Treibhausgaspotential (GWP) oder bei einem kompletten Verzicht auf eine Gebäudekühlung erreichen. In der Praxis hat sich gezeigt, dass sich aus konventionellen Anlagen zur Kälteerzeugung der Austritt des Kühlmittels nicht verhindern lässt. Dadurch entsteht eine ständige Belastung für die Umwelt. In der folgenden Tabelle sind häufig verwendete Kühlmittel mit ihrem Treibhausgaspotenzial dargestellt.

Tabelle 2.7 Treibhausgaspotenzial (GWP) für häufig verwendete Kühlmittel.

Kühlmitteltyp	GWP	Kühlmitteltyp	GWP
R11 (CFC-11)	4000	R32 (HCFC-32)	580
R12 (CFC-12)	8500	R407C (HFC-407)	1600
R113 (CFC-113)	5000	R152a (HFC-152a)	140
R114 (CFC-114)	9300	R404A (HFC blend)	3800
R115 (CFC-115)	9300	R410A (HFC blend)	1900
R125 (HFC-125)	3200	R413A (HFC blend)	1770
Halon-1211	N/A	R417A (HFC blend)	1950
Halon-1301	5600	R500 (CFC/HFC)	6300
Halon-2402	N/A	R502 (HCFC/CFC)	5600
Ammoniak	0	R507 (HFC azeotrope)	3800
R22 (HCFC-22)	1700	R290 (HC290 propane)	3
R123 (HCFC-123)	93	R600 (HC600 butane)	3
R134a (HFC-134a)	1300	R600a (HC600a isobutane)	3
R124 (HCFC-124)	480	R290/R170 (HC290/HC170)	3
R141b (HCFC-141b)	630	R1270 (HC1270 propene)	3
R142b (HCFC-142b)	2000	R143a (HFC-143a)	4400

Falls ein Kühlmittel zum Einsatz kommt, sollten Vorsorgemaßnahmen gegen mögliche Leckagen ergriffen und somit ein Austritt von Treibhausgasen in die Atmosphäre gering gehalten werden. Im Unterschied zu den Kühlsystemen erlangt die Reduktion von Stickoxiden bei den Heizanlagen eine größere Bedeutung. Die Wirkungen dieser Luftschadstoffe sind sehr vielfäl-

tig. Neben ihren toxischen Folgen führen sie als Vorläufersubstanzen zum Sommersmog. Zudem kann durch Gebäude die Umwelt noch auf anderen Wegen verschmutzt werden. Beispielsweise können bei Hochwasser durch eine Überflutung zahlreiche Gefahrenstoffe aus einem Gebäude in die Umwelt gelangen. Trifft man gegen dieses Gefahrenpotenzial Vorsorgemaßnahmen, lassen sich dafür mehrere Kreditpunkte gewinnen. Nicht nur durch eine Überflutung, sondern auch über die Oberflächen eines Gebäudes und deren versiegelte Flächen können Umweltgifte durch das abgeführte Regenwasser in das Grundwasser gelangen. Als Gegenmaßnahmen sollten die Drainage- und Entwässerungssysteme von Parkflächen mit Öl- und Benzinabscheidern versehen werden. Über diese Punkte hinaus erfolgt am Schluss der Rubrik auch noch die Bewertung von Lichtverschmutzung und Lärmemissionen.

Nach den eigentlichen Wertungskategorien kann man noch zusätzliche Kreditpunkte durch Innovationen erreichen. Es gibt drei verschiedene Möglichkeiten, um diese Innovationspunkte zu erlangen. Als Erstes lässt sich diese Wertung erfüllen, wenn man bei bestimmten Kriterien vorbildliche Leistungen erbringt.

Tabelle 2.8 Kriterien für Innovationspunkten

Abkürzung	Kriterium
Man 2	Considerate Constructors
Hea 1	Daylighting
Hea 14	Office Space (BREEAM Retail & Industrial Schemes only)
Ene 1	Reduction of CO2 emissions
Ene 5	Low or Zero Carbon Technologies
Wat 2	Water Meter
Mat 1	Materials Specification
Mat 5	Responsible Sourcing of Materials
Wst 1	Construction Site Waste Management

Der zweite Weg besteht darin, dass das Planungsteam eigene nachhaltige Ziele konzipiert und diese unter Beteiligung eines BREEAM-Assessors umsetzt. Die dritte Möglichkeit für die Zusatzpunkte besteht, wenn eine innovative Gebäudefunktion oder -technik durch einen Gutachterausschuss bestätigt wird.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass es sich bei dem BREEAM-System um ein langjährig bewährtes System handelt. Das vorrangige Anwendungsgebiet liegt im Bereich der Britischen Inseln. Die Übertragung auf das europäische Festland, insbesondere auf Deutschland, stellt sich als schwierig dar. Aus Sicht der Baudenkmale kann man hervorheben, dass im geringen Umfang Denkmalschutzkriterien in die Bewertung einfließen.

2.3.3 DGNB – Deutsches Gütesiegel für Nachhaltiges Bauen

Die im Jahre 2007 gegründete Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) hat inzwischen ein nationales Bewertungssystem eingeführt. Als Ergebnis der Zertifizierung wird das „Deutsche Gütesiegel für Nachhaltiges Bauen“ vergeben. Die folgende Tabelle zeigt die vorhandenen sowie die zukünftig angestrebten Nutzungsprofile für den Bewertungsprozess.

Tabelle 2.9 Bestehende und zukünftige Nutzungsprofile

Bestehende Nutzungsprofile	Zukünftige Nutzungsprofile
Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude (NBV08)	Bestand Büro- und Verwaltungsgebäude
Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude (NBV09)	Filialen/Mieterausbau
Neubau Handelsbauten (NHA09)	Neubau Krankenhäuser
Neubau Industriebauten (NIN09)	Neubau Laborgebäude
Neubau Bildungsbauten (NBI09)	Architekturnahe Objekte
Modernisierung Büro- und Verwaltungsgebäude (MBV10)	Neubau Versammlungsstätten
Neubau Wohngebäude (NWO11)	Neubau Produktionsstandorte
Neubau Hotelgebäude (NHO10)	Neubau Infrastrukturbauten
Neubau gemischte Stadtquartiere (NSQ10)	Neubau Sportstätten
	Neubau Parkhäuser
	Neubau Terminalgebäude

Für das „Deutsche Gütesiegel für Nachhaltiges Bauen“ existieren unterschiedliche Zertifizierungsstufen. Abhängig vom Erfüllungsgrad und vom Basisniveau aller Kategorien lassen sich folgende Stufen erreichen:

- Gold bei Erfüllungsgrad $\geq 80\%$, Basisniveau $\geq 65\%$
- Silber bei Erfüllungsgrad $\geq 65\%$, Basisniveau $\geq 50\%$
- Bronze bei Erfüllungsgrad $\geq 50\%$, Basisniveau $\geq 50\%$

Das heißt, dass über die Gesamtleistungsfähigkeit des Gebäudes auch in jedem Themenfeld ein Mindestniveau nicht unterschritten werden darf. Darüber hinaus werden für jedes Themenfeld noch einzelne Noten vergeben.

Wie bei den vorangegangenen Bewertungssystemen kommen über die Grundsäulen der Nachhaltigkeit noch weitere Kriterien zum Einsatz. Folgende Themenfelder zählen zu dieser Systematik der DGNB:

- Ökologische Qualität
- Ökonomische Qualität
- Soziokulturelle Qualität
- Technische Qualität
- Prozessqualität
- Standortqualität

Die Hauptkriteriengruppen unterteilen sich in weitere Kriteriengruppen, die wiederum die letztendlichen Einzelkriterien enthalten. Bei jedem Kriterium lassen sich maximal zehn Punkte gewinnen. Diese Punktzahl fließt über einen Bedeutungsfaktor in den Erfüllungsgrad der jeweiligen Gruppe ein. Die anschließende Gewichtung der Gruppe ermöglicht wiederum eine differenzierte Gesamtbewertung durch den sogenannten Gesamterfüllungsgrad. Eine spezielle Softwarelösung erleichtert die Zusammenstellung und die Auswertung der einzelnen Bewertungskategorien. Als Besonderheit fließt jedoch bei diesem System die Standortqualität nicht in die Gesamtbewertung ein. Das Ergebnis wird nur als separate Note ausgewiesen.

Tabelle 2.10 Übersicht der verschiedenen Prüfkriterien für das DGNB-Zertifikat Teil 1

Hauptkriterien- gruppe	Kriterien- gruppe	Nr.	Kriterium		Be- deu- tungs- faktor	Anpas- sungsfa- ktor		Pkt.	Ge- wich- tung			
				Pkt.			Pkt.					
Ökologische Qualität	Ökobilanz	1	Treibhauspotential	10	3	1	30	210	22,5 %			
		2	Ozonschichtabbaupotential	10	1	1	10					
		3	Ozonbildungspotential	10	1	1	10					
		4	Versauerungspotential	10	1	1	10					
		5	Überdüngungspotential	10	1	1	10					
	Wirkung auf die globale und lokale Umwelt	6	Risiken für die lokale Umwelt	10	3	1	30					
		8	Nachhaltige Ressourcen- verwendung /Holz	10	1	1	10					
		9	Mikroklima	10	1	0	10					
	Ressourcen- anspruch- nahme und Abfallauf- kommen	10	Nicht erneuerbare PE	10	3	1	30					
		11	Gesamtprimärenergiebedarf und Anteil erneuerbarer PE	10	2	1	20					
		14	Trinkwasserbedarf und Abwas- seraufkommen	10	2	1	20					
		15	Flächenanspruchnahme	10	2	1	20					
		16	Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	10	3	1	30					
	Ökono- mische Qualität	Wert- entwicklung	17	Drittverwendungsfähigkeit	10	2	1			20	50	22,5 %
		18	Thermischer Komfort im Winter	10	2	1	20					
Soziokulturelle und funktionale Qualität	Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzer- zufriedenheit	19	Therm. Komfort im Sommer	10	3	1	30	280	22,5 %			
		20	Innenraumhygiene	10	3	1	30					
		21	Akustischer Komfort	10	1	1	10					
		22	Visueller Komfort	10	3	1	30					
		23	Einflussnahme des Nutzers	10	2	1	20					
		24	Gebäudebezogene Außen- raumqualität	10	1	1	10					
		25	Sicherheit und Störfallrisiken	10	1	1	10					
		Funktionalität	26	Barrierefreiheit	10	2	1			20		
	27		Flächeneffizienz	10	1	1	10					
	28		Umnutzungsfähigkeit	10	2	1	20					
	29		Öffentliche Zugänglichkeit	10	2	1	20					
	30		Fahrradkomfort	10	1	1	10					
	Gestalter- ische Qualität	31	Sicherheit der gestalterischen und städtebaulichen Qualität	10	3	1	30					
		32	Kunst am Bau	10	1	1	10					