

**A**

**Allgemeines und Regelwerke**



---

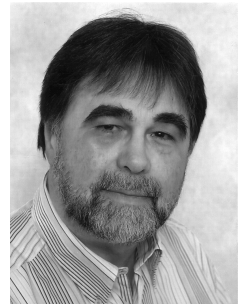
# A 1 Nachhaltiges Bauen – Beitrag des Bauwesens zur Nachhaltigkeit

Andreas Rietz, Nicolas Kerz, Tanja Brockmann, Olaf Böttcher

---

Dipl.-Ing. Andreas Rietz, Architekt BDB  
Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)  
Straße des 17. Juni 112, 10623 Berlin

Studium der Architektur an der TU Braunschweig, 1988 Abschluss als Dipl.-Ing. 1989 bis 1992 Tätigkeit als angestellter Architekt in der privaten Wohnungswirtschaft in Berlin. 1992 bis 2008 wissenschaftlicher Mitarbeiter/Referatsleiter im Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e. V. an der TU Berlin (IEMB), mit den Themenschwerpunkten Bau- und Wohnungswirtschaft sowie Nachhaltiges Bauen. Seit Januar 2009 Leiter des Referats Nachhaltiges Bauen im BBSR.



---

Dipl.-Ing. Nicolas Kerz  
Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)  
Straße des 17. Juni 112, 10623 Berlin

Jahrgang 1969, Studium des Bauingenieurwesens an der TU Berlin, Diplom 1998. Von 1998 bis Ende 2008 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e. V. an der TU Berlin, Abteilung Nachhaltiges Bauen/Baukonstruktionen/Baustoffwesen. Seit 2008 Leiter der Geschäftsstelle Nachhaltiges Bauen für das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und seit 2009 stellvertretender Referatsleiter im Referat Nachhaltiges Bauen des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.



Dr.-Ing. Tanja Brockmann  
Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)  
Straße des 17. Juni 112, 10623 Berlin

Studium des Bauingenieurwesens an der TU Braunschweig mit Auslandsjahr in Liverpool (UK). Promotion am Institut für Bauforschung (ibac), RWTH Aachen (2006). Tätigkeit beim Deutschen Beton- und Bautechnik-Verein und der Gemeinschaft für Überwachung im Bauwesen in Berlin von 2006 bis 2008. Seit 2008 Referatsleiterin Bauen und Umwelt beim BBSR mit den Themenschwerpunkten Nachhaltiges Bauen, Forschung Innovative Baustoffe und Bautechnik, baufachliche Richtlinien, barrierefreies Bauen, klimaangepasstes Bauen und Ressourceneffizienz, Bauprodukte. Seit 2012 Lehrtätigkeit an der Beuth Hochschule Berlin (Umwelt-ingenieur-Bau, Baustoffe und Nachhaltigkeitsaspekte).



---

Dr.-Ing. Olaf Böttcher  
Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)  
Straße des 17. Juni 112, 10623 Berlin

Geb. 1970, Studium der Energietechnik an der TU Berlin, nach dem Diplom 1998 Arbeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der TU Berlin (Hermann-Rietschel-Institut für Heiz- und Raumlufttechnik, 2003 Promotion), seit 2006 am Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e. V. (IEMB), seit 2009 Leiter des Referates „Energieoptimiertes Bauen“ im Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. Im November 2008 Bestellung zum Bundes-Energiebeauftragten durch das BMVBS.



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundlagen und Instrumente des Nachhaltigen Bauens im Bundesbau</b>	<b>6</b>	4.1.2	Wirkungen auf die globale und lokale Umwelt	15
1.1	Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung	6	4.1.3	Beurteilung des Risikopotenzials für die Umweltmedien Grundwasser, Oberflächenwasser, Boden und Außenluft	16
1.2	Geschäftsstelle Nachhaltiges Bauen	6	4.1.4	Nachhaltige Materialgewinnung/Holz	16
1.3	Leitfaden Nachhaltiges Bauen	7	4.1.5	Innenraumhygiene	17
1.3.1	Neufassung des Leitfadens Nachhaltiges Bauen	8	4.1.6	Technische Materialanforderungen	17
1.3.2	Struktur des Leitfadens	9	4.1.7	Ökonomische Materialanforderungen	17
<b>2</b>	<b>Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen des Bundes</b>	<b>10</b>	4.2	WECOBIS	17
2.1	Grundlagen	10	<b>5</b>	<b>Nachhaltigkeitsindikator Energie</b>	<b>19</b>
2.2	Lebenszyklusbetrachtung	11	<b>6</b>	<b>Maßnahmen zur praktischen Umsetzung von BNB und Leitfaden Nachhaltiges Bauen</b>	<b>25</b>
2.3	Bewertungsmethodik	11	6.1	Arbeit und Ausbildung des BNB-Nachhaltigkeitskoordinators	25
2.4	Werkzeuge und Arbeitshilfen	13	6.2	Netzwerk Nachhaltiger Bundesbau	26
<b>3</b>	<b>Weiterentwicklung des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen</b>	<b>13</b>	6.3	Aktuelle Bauprojekte mit BNB-Relevanz	26
3.1	Entwicklung weiterer Systemvarianten	13	6.3.1	BNB-Projekte	26
3.2	Module für die Nutzungsphase	13	6.3.2	Nachhaltigkeitskoordinierung Umweltbundesamt Berlin	26
3.3	Nachhaltigkeit in Wettbewerbsverfahren	13	<b>7</b>	<b>Ausblick</b>	<b>28</b>
<b>4</b>	<b>Nachhaltigkeitsanforderungen an zukünftige Baustoffe</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>Literatur</b>	<b>28</b>
4.1	Rolle der Baustoffe im BNB	14			
4.1.1	Überblick	14			

# 1 Grundlagen und Instrumente des Nachhaltigen Bauens im Bundesbau

## 1.1 Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung

Als größter öffentlicher Bauherr in Deutschland bekennt sich der Bund seit Langem zu seiner Vorbildfunktion im nachhaltigen und energieeffizienten Bauen. Mit dem umfassend überarbeiteten Leitfaden Nachhaltiges Bauen [1] unterzieht der Bund seine Gebäude von der ersten Planung an einer „Nachhaltigkeitsüberprüfung“ und definiert Mindestanforderungen in der Umsetzung. Mit der verpflichtenden Einführung des Leitfadens für die Bundesbauverwaltung mit Erlass vom März 2011 [2] setzt das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) nachhaltiges Bauen in konkretes Verwaltungshandeln um. Mit dem Erlass vom 14. Mai 2012 [3] sind diese Mindestanforderungen nunmehr bei allen großen Neubaumaßnahmen von Büro- und Verwaltungsgebäuden, also mit Investitionskosten über 2 Mio. Euro, die entsprechend der Richtlinien für die Durchführung von Bauaufgaben des Bundes (RBBau) [4] als „große“ Neu-, Um- und Erweiterungsbauten erstellt werden, einzuhalten. Der Nachweis ist auf Grundlage des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen des Bundes (BNB) zu führen, das in Abschn. 2 im Detail vorgestellt wird.

Das Leitbild der Bundesregierung geht zurück auf den Zukunftsbericht „Our Common Future“ (Brundtland-Report) der UN-Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (WCED) aus dem Jahr 1987, der eine allgemeingültige Definition einer nachhaltigen Entwicklung begründete. Grundlage ist, dass diese „den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeit zukünftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen“ [5]. Von dem Ansatz ausgehend, entwickelte sich die grundsätzliche Forderung nach einer gleichberechtigten Integration sozialer und ökologischer Aspekte, an denen sich die wirtschaftliche Entwicklung orientieren sollte.

Damit war die Grundlage für eine gleichberechtigte Betrachtung der drei Säulen der Nachhaltigkeit „Ökologie“, „Ökonomie“ sowie „sozio-kulturelle Aspekte“ geschaffen, wie sie bereits 2001 im ersten Leitfaden Nachhaltiges Bauen [6] zu Grunde gelegt wird.

Basierend auf den „Zielen und Rahmenbedingungen einer nachhaltigen zukunftsverträglichen Entwicklung“ – formuliert von der vom Deutschen Bundestag eingesetzten Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ –, setzt die Bundesregierung 2001 in Weiterführung ihrer nationalen Nachhaltigkeitsstrategie erstmalig den „Rat für Nachhaltige Entwicklung“ ein. Dieser soll einen kritischen Dialog mit den Akteuren aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft führen und mit der Formulierung von Zielen und Indikatoren zur Weiterentwicklung der Nachhaltigkeitsstrategie beitragen und insbesondere konkrete Handlungsfelder und Projekte für die Umsetzung vorschlagen. So wurden

erstmalig quantifizierbare Nachhaltigkeitsziele definiert und methodische Ansätze entwickelt, diese durch Indikatoren überprüfbar zu machen. In den folgenden Aktionsfeldern konnten konkrete Handlungsempfehlungen entwickelt werden:

- zur Energieeffizienz und -forschung,
- zur Verminderung der Flächeninanspruchnahme,
- gegen die unkontrollierte Nutzung natürlich vorkommender Ressourcen,
- zur Modernisierung des öffentlichen Beschaffungswesens und
- zur unternehmerischen Verantwortung in einer globalisierten Welt.

Der Rat für Nachhaltige Entwicklung wirkt damit sowohl beratend in die Politik wie auch in die breite Öffentlichkeit, indem er Nachhaltigkeitspolitik vermittelt [7].

Die Bundesregierung hat darüber hinaus mit dem „Staatssekretärsausschuss für Nachhaltige Entwicklung“ – Green Cabinet – unter Leitung des Chefs des Bundeskanzleramtes ein zentrales Steuerungselement geschaffen, dessen Aufgabe es ist, die nationale Nachhaltigkeitsstrategie umzusetzen, inhaltlich weiterzuentwickeln und deren Umsetzung regelmäßig zu überprüfen. Er entwickelte u. a. Empfehlungen für den Bereich „Bauen und Wohnen“. Demnach soll „Nachhaltigkeit von Gebäuden vermehrt über den gesamten Lebenszyklus – also von der Rohstoffgewinnung über die Errichtung bis zum Rückbau – durch Einbeziehung ökologischer, ökonomischer wie auch sozialer Aspekte transparent, messbar und überprüfbar ausgewiesen werden – bei gleichzeitiger Beachtung der gestalterischen, städtebaulichen, technischen und funktionalen Qualität. Die Beurteilung soll sich dabei auf wissenschaftlich anerkannte Methoden der Ökobilanzierung und Lebenszykluskostenrechnung stützen“ [8].

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung hat bereits im Dezember 2001 den „Runden Tisch Nachhaltiges Bauen“ als Gremium zu seiner Unterstützung bei der Umsetzung des Nachhaltigen Bauens eingerichtet. Seine Mitglieder setzen sich aus Vertretern von Verbänden der Bauwirtschaft, der Industrie und der Planer sowie der wesentlichen Bauverwaltungen und der Wissenschaft zusammen. Im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau wurde der Runde Tisch in begleitenden Forschungsvorhaben intensiv wissenschaftlich unterstützt. Die am Runden Tisch eingerichteten Arbeitsgruppen leisteten in den Jahren 2007 und 2008 einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung sowie Fortschreibung der Kriterien und Berechnungsmethoden des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen und begleiteten die Aktualisierung des Leitfadens Nachhaltiges Bauen.

## 1.2 Geschäftsstelle Nachhaltiges Bauen

Zur fachlichen und organisatorischen Unterstützung hat das BMVBS im Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Referat Nachhaltiges Bau-

Bild 1. Informationsportal Nachhaltiges Bauen www.nachhaltigesbauen.de

en die Geschäftsstelle Nachhaltiges Bauen im Sinne eines Kompetenzzentrums für Fragen zum nachhaltigen Bauen eingerichtet. Das Referat ist neben der eigenständigen wissenschaftlichen Bearbeitung des Themenfeldes Nachhaltiges Bauen u. a. für die Koordinierung der Forschungsaktivitäten zum Cluster Nachhaltiges Bauen und Bauqualität im Rahmen der Forschungsinitiative „Zukunft BAU“ sowie die Politikberatung und Unterstützung in der Öffentlichkeitsarbeit des BMVBS verantwortlich.

Die Geschäftsstelle Nachhaltiges Bauen unterstützt das BMVBS fachlich und organisatorisch, insbesondere bei der Umsetzung und Fortschreibung des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen, aber auch durch die Vertretung in Gremien, die Durchführung von öffentlichkeitswirksamen Maßnahmen sowie die Pflege des Informationsportals Nachhaltiges Bauen (www.nachhaltigesbauen.de).

Das Informationsportal bündelt wesentliche Informationen, die zum nachhaltigen Bauen erarbeitet wurden. Zu den angebotenen Informationen zählen neben allgemeinen Erläuterungen und Hinweisen zum nachhaltigen Bauen insbesondere die Leitfäden und Arbeitshilfen des Bundes, Angaben zum Bewertungssystem Nach-

haltiges Bauen sowie umfangreiche Datengrundlagen zur Nachhaltigkeitsbewertung. Ergänzt wird dieses Angebot durch Hinweise zu Forschungsthemen, aktuelle Veranstaltungen und die Darstellung von guten Beispielen für das Nachhaltige Bauen.

Aufgrund des breiten Informationsspektrums bildet dieses Portal eine nationale und zukünftig auch internationale Schnittstelle für alle Akteure des nachhaltigen Bauens (Bauverwaltungen von Bund, Ländern und Kommunen, Planer, Bauherren, Zertifizierer und andere Interessierte).

### 1.3 Leitfaden Nachhaltiges Bauen

Bereits 2001 setzte das BMVBS mit den formulierten Zielen und Anforderungen im ersten Leitfaden Nachhaltiges Bauen (s. Abschn. 1.1) in der Fachöffentlichkeit deutliche Impulse im Sinne des nachhaltigen Bauens. Für die Bundesbauverwaltung wurde der Leitfaden als Arbeitshilfe für die Planung, das Bauen, die Bauunterhaltung, den Betrieb und die Nutzung von Liegenschaften und Gebäuden eingeführt. Mit einer überwiegend qualitativen Beschreibung der Anforderungen erfüllte der Leitfaden seine Aufgabe als Planungshilfe

und adressierte erstmalig die Themen der ganzheitlichen Betrachtungsweise hinsichtlich einer „Ökologischen Tiefenbewertung“ und der monetären Lebenszyklusbetrachtung.

### 1.3.1 Neufassung des Leitfadens Nachhaltiges Bauen

Die angestrebte Weiterentwicklung zu einem Instrument der Qualitätskontrolle bedingte allerdings – auf Grund des weitgehenden Fehlens quantifizierbarer Kriterien – verstärkte wissenschaftliche Anstrengungen zur Entwicklung von kriterienbasierten Bewertungshilfen für das nachhaltige Bauen. In Folge wurde der „Leitfaden Nachhaltiges Bauen“ auf Grundlage verschiedener wissenschaftlicher Vorhaben im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau des BMVBS umfassend aktualisiert und durch ein ganzheitliches quantitatives Bewertungsverfahren für nachhaltige Gebäude ergänzt. Das BMVBS hat den Leitfaden im März 2011 in der aktualisierten Fassung herausgegeben. Diese Neufassung des Leitfadens beschreibt Methoden und Verfahren zur Umsetzung von Nachhaltigkeitsaspekten im Bauwesen. Darüber hinaus formuliert der Leitfaden einzuhaltende Zielvorgaben für die Gebäudeplanung von Neubauvorhaben und Erweiterungsbauten im Regelungsbereich der Bundesbauverwaltung bzw. der Richtlinien für die Durchführung von Baumaßnahmen des Bundes [4]. Mit der vorgesehenen Ergänzung um die Teile Empfehlungen für das nachhaltige „Nutzen und Betreiben von Gebäuden“ und „Bauen im Bestand“ liegt dann mit dem überarbeiteten Leitfaden eine kom-

plexe Handlungsanleitung zum nachhaltigen Bauen vor. Als zeitbezogene Systemgrenze wird im Sinne der DIN EN 15643-2:2011-05 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden – Teil 2: Rahmenbedingungen für die Bewertung der umweltbezogenen Qualität [9] der gesamte Lebenszyklus eines Gebäudes betrachtet, als räumliche Systemgrenze wird im Rahmen des Leitfadens das Gebäude selbst bewertet.

Allgemein basiert der klassische Ansatz der Nachhaltigkeit auf den drei Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziokultur, die als gleichwertig und über einen langfristigen Zeithorizont zu betrachten sind. Ziel ist es, möglichst über die gesamte Nutzungsdauer eines Gebäudes – die umgangssprachlich auch Lebensdauer genannt wird – die Betrachtungen und Bewertungen zu führen. Für die konkreten Lebenszyklusbetrachtungen wird ein definiertes Abbild der ersten 50 Jahre eines Gebäudes in den Berechnungen simuliert.

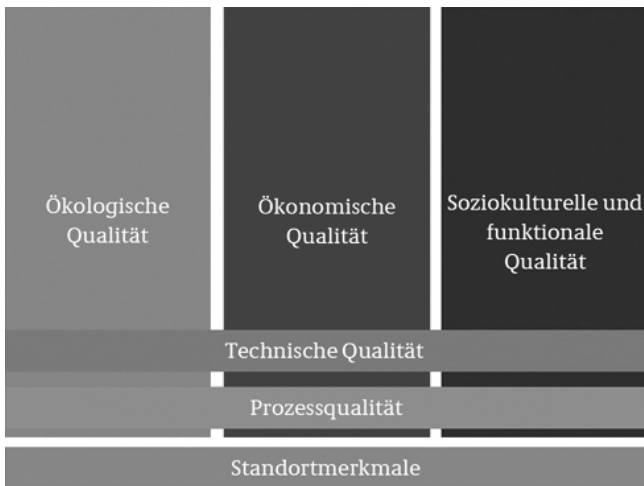
Aus den allgemeinen Schutzgütern wurden für die Nachhaltigkeitsbetrachtung von Gebäuden Schutzziele abgeleitet, die dann in einzelnen Kriterien konkretisiert wurden.

Neben den klassischen und schon beschriebenen Nachhaltigkeitsbereichen musste ein Weg gefunden werden, damit die hohen technischen Standards der Gebäude in Deutschland angemessen bewertet und ausgewiesen werden können. Somit wurde die Technische Qualität als Querschnittsqualität neu eingeführt. Voraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung des nachhaltigen Bauens ist eine intensive Begleitung der Planung und Bauausführung. Bereits in der frühen Planungsphase werden

Nachhaltiges Bauen			
	Ökologie	Ökonomie	Sozio-kultur
SCHUTZ-GÜTER	Natürliche Ressourcen Globale und lokale Umwelt	Kapital/Werte	Nutzungsqualität Nutzerzufriedenheit kultureller Wert
SCHUTZ-ZIELE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schutz der natürlichen Ressourcen</li> <li>• Schutz des Ökosystems</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimierung der Lebenszykluskosten</li> <li>• Verbesserung der Wirtschaftlichkeit</li> <li>• Erhalt von Kapital/Wert</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewahrung von Gesundheit, Sicherheit und Behaglichkeit</li> <li>• Gewährleistung von Funktionalität</li> <li>• Sicherung der Gestaltungsqualität</li> </ul>

Bild 2. Herleitung der Schutzziele des nachhaltigen Bauens (BBSR)





**Bild 3.** Nachhaltigkeitsqualitäten – Hauptkriteriengruppen (BBSR)

die Weichen für die spätere Nachhaltigkeitsqualität eines Gebäudes gestellt. Eine Optimierung des Planungsprozesses im Hinblick auf die Aspekte der Nachhaltigkeit ist daher aus heutiger Sicht unerlässlich. Diese Aspekte müssen in allen Planungs-, Bau- und Bewirtschaftungsprozessen berücksichtigt werden, um einerseits die Qualität des Gebäudes herzustellen (Neubau), andererseits aufrechtzuerhalten (Betrieb) bzw. zu verbessern (Bauen im Bestand). Die ebenfalls neu aufgenommene Prozessqualität schafft darüber hinaus die Möglichkeit, dies über entsprechende Kriterien zu bewerten.

Eine ganzheitliche Betrachtung der Nachhaltigkeit eines Gebäudes ist ohne die Berücksichtigung des Standortes aus wissenschaftlicher Sicht nicht vollständig, da die Standortauswahl und die Standortbedingungen wesentlichen Einfluss auf die Gebäude und deren Ausführung haben. Andererseits sind bei einem vorgegebenen Standort die Rahmenbedingungen für den Bauherrn und die Planer nur sehr bedingt beeinflussbar. Aus diesen Gründen wurde am Runden Tisch entschieden, den Standort nicht direkt zu bewerten, sondern die Standortmerkmale getrennt auszuweisen und nicht in die eigentliche Gebäudebewertung einzubeziehen.

### 1.3.2 Struktur des Leitfadens

Der Leitfaden Nachhaltiges Bauen soll einerseits die allgemeingültigen Grundlagen des nachhaltigen Bauens vermitteln, andererseits eine Handlungsanleitung für die obersten Bauverwaltungen des Bundes darstellen. In diesem Sinne gliedert sich der Leitfaden wie folgt:

- Allgemeiner Teil mit dem Regelungsbereich zum Leitfaden,
- Teil A Grundsätze,
- Teil B Neubau,
- Teil C Empfehlungen für das nachhaltige Nutzen und Betreiben von Gebäuden,
- Teil D Bauen im Bestand.

Mit Erlass des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung vom März 2011 wurden in einem ersten Schritt die Teile A und B für die Bundesbauverwaltung verbindlich eingeführt. Der Leitfaden nimmt dabei direkt Bezug auf das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen, zur Zeit vorrangig auf die Systemvariante Neubau Büro- und Verwaltungsbau, da diese bei der Einführung des Leitfadens zur Anwendung zur Verfügung stand.

Die derzeit in der Entwicklung befindlichen Teile C „Empfehlungen für das nachhaltige Nutzen und Betreiben von Gebäuden“ und Teil D „Bauen im Bestand“ werden Anfang 2013 nachgeführt. Zeitgleich stehen auch die zugehörigen Bewertungsmodule mit den entsprechenden Kriteriensteckbriefen zur Verfügung.

Der Teil A des Leitfadens bietet eine allgemeine Einführung zu den Grundsätzen des nachhaltigen Bauens. Neben der Beschreibung der Prinzipien, Dimensionen und Qualitäten des nachhaltigen Bauens werden allgemeine Handlungsanweisungen zur Nachhaltigkeitsbewertung erläutert. Die dargestellten Planungsstrategien und Bewertungsmethoden gelten für alle Bauvorhaben, unabhängig davon, ob diese von der öffentlichen Hand oder der Privatwirtschaft durchgeführt werden. Im Teil B Neubau wird die Umsetzung der Nachhaltigkeitsanforderungen orientiert an der chronologischen Abfolge der Planungsphasen bei Neubaumaßnahmen nach den Richtlinien für die Durchführung von Bauaufgaben des Bundes bzw. den Leistungsphasen der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) dargestellt. Damit soll das Bewertungssystem als Instrument für eine ganzheitliche Qualitätssicherung über den gesamten Planungs- und Bauprozess angewendet werden.

Einerseits sind für jedes Teilkriterium Mindestanforderungen zu erfüllen. Andererseits können durch eine ganzheitliche Betrachtung über alle Nachhaltigkeitskriterien die gegenseitigen Wechselwirkungen frühzeitig

in die Planungsentscheidungen einbezogen werden. Damit wird über den gesamten Prozess eine laufende Optimierung im Sinne der Nachhaltigkeit erreicht. Mit der Sicherstellung einer hohen Nachhaltigkeitsqualität können die Gebäude des Bundes darüber hinaus Vorbildwirkung für andere Bauherren entfalten. Durch eine laufende Dokumentation kann der Prozess insgesamt transparent gestaltet werden.

In Verbindung mit dem Bewertungssystem BNB steht der Leitfaden damit als Werkzeug für die Planung und Errichtung nachhaltiger Gebäude zur Verfügung und bietet gleichzeitig ein Instrument zur Überprüfung der beschriebenen Nachhaltigkeitsaspekte im Sinne der Qualitätssicherung bis hin zu einer abschließenden Bewertung und Auszeichnung der erreichten Qualität.

Neben den dargestellten Textteilen werden die Anlagen zum Leitfaden, u. a. das energetische Muster-Pflichtenheft, Zielvereinbarungen, Checklisten oder Dokumentationshilfen über das Informationsportal Nachhaltiges Bauen aktuell zur Verfügung gestellt.

## 2 Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen des Bundes

### 2.1 Grundlagen

Aufbauend auf den Erfahrungen mit den ersten weltweit vorhandenen Gebäudebewertungs- und -zertifizierungssystemen, war es das Ziel, in Deutschland ein Zertifizierungssystem der „zweiten Generation“ zu entwickeln. Die Systeme der ersten Generation, wie z. B. BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) in Großbritannien oder LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) in den USA bewerten in der Regel jeweils ausgewählte Aspekte der Nachhaltigkeit auf sehr hohem Niveau. Sie weisen jedoch deutliche Unterschiede in der systematischen Herangehensweise, den methodischen und datentechnischen Grundlagen sowie den verwendeten Kriterien und Indikatoren auf. Bestimmte Aspekte der Nachhaltigkeit, wie z. B. eine lebenszyklusorientierte Kostenbetrachtung, werden nicht in allen Systemen adressiert. Die deutsche Systematik sollte bewusst die Möglichkeit bieten, die Nachhaltigkeit von Gebäuden mittels eines ganzheitlichen Betrachtungsansatzes umfassend zu bewerten und so dazu beitragen, energieeffiziente und ökologische Entwicklungen voranzutreiben.

Für die Beschreibung und Bewertung nachhaltiger Wirkungen von Gebäuden wurden Regelungen zugrunde gelegt, die aus den gleichzeitigen Aktivitäten im Rahmen der nationalen (DIN), europäischen (CEN) und internationalen (ISO) Normung hervorgingen. In Übereinstimmung mit den dort entwickelten ganzheitlichen Ansätzen wurde das Bewertungssystem auf die in Bild 3 dargestellten fünf Nachhaltigkeitsqualitäten abgestellt. Hierfür sind unter anderem die Normungsvorhaben im Rahmen von ISO/TC 59/CS 17 „Nachhaltiges

Bauen“ von Bedeutung, die ihrerseits die Grundlage für das europäische Normungsvorhaben unter CEN/TC 350 „Nachhaltigkeit von Gebäuden“ bilden. Der Normenausschuss NA 005-01-31 AA Nachhaltiges Bauen spiegelt für Deutschland die genannten internationalen Gremien.

Das Bewertungssystem spiegelt damit einerseits den internationalen Stand der Normung zum Nachhaltigen Bauen wider, andererseits wurden bei der Entwicklung der Bewertungsgrundlagen und Methoden die nationalen Rahmenbedingungen, wie Planungs- und Bauverfahren, Gesetzeswerke, Normen, Leitfäden etc. herangezogen. Wesentliche Grundlagen bildeten dabei zahlreiche Forschungsprojekte, die durch die Forschungsinitiative „Zukunft Bau“ des BMVBS finanziert wurden.

Nach einer zweijährigen Kooperationsphase des BMVBS mit der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) konnte der Fachöffentlichkeit ein erster Satz nationaler Nachhaltigkeitskriterien einschließlich einer Berechnungs- und Bewertungsmethodik vorgestellt werden. Er zeichnet sich durch die umfassende Betrachtung des gesamten Lebenszyklus von Gebäuden unter Berücksichtigung der ökologischen, ökonomischen, soziokulturellen Qualität sowie der technischen und prozessualen Aspekte und durch ein transparentes, objektiv nachvollziehbares Bewertungssystem aus. Der Verwendungsbereich des Bewertungssystems beschränkte sich dabei vorerst auf den Neubau von Büro- und Verwaltungsgebäuden.

Das Bewertungssystem folgt einem ganzheitlichen Bewertungsansatz unter Berücksichtigung des Lebenszyklus eines Gebäudes sowie einer umfassenden Quantifizierung. Neben einer abschließenden Bewertung eines Gebäudes, soll mit dem Bewertungssystem, beginnend mit der Planung über die Bauausführung, die Nutzung, die Wartung, die Instandhaltung bis hin zu Hinweisen zum Umgang mit dem Abbruch und den baulichen Anlagen im Sinne der Weiternutzung von im Gebäude gespeicherten „Wertstoffen“, eine hohe Bauqualität erreicht werden.

Für den Regelungsbereich der Bundesbauten wurde daraus das „Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen des Bundes“ (BNB) abgeleitet und für die besonderen Anforderungen der öffentlichen Hand als Bauherr weiterentwickelt.

Mit dem BNB steht dem Bund erstmalig ein wissenschaftlich fundiertes und planungsbasiertes Bewertungssystem zur Umsetzung und Bewertung der Anforderungen aus dem Leitfaden Nachhaltiges Bauen zur Verfügung. Im Gegensatz zur Bundesbauverwaltung bleibt die Anwendung des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen zur Beschreibung und Bewertung der Nachhaltigkeitsqualität von Gebäuden und baulichen Anlagen für andere, insbesondere private Bauherren freiwillig. Seitens einiger Bundesländer besteht jedoch Interesse an einer Einführung für ihre Landesbauvorhaben, ggf. auch für kommunale Projekte. Das BNB ist über das Internetportal [www.nachhaltigesbauen.de](http://www.nachhaltigesbauen.de) öffentlich zugänglich.

## 2.2 Lebenszyklusbetrachtung

Da Gebäude üblicherweise über sehr lange Zeiträume genutzt werden, kann erst die Betrachtung über den gesamten Lebenszyklus Aufschluss über die tatsächliche Qualität eines Gebäudes geben. Der Lebenszyklus eines Gebäudes setzt sich insbesondere aus den folgenden Phasen zusammen:

- Planung, Rohstoffgewinnung (Vorstufen),
- Herstellung, Errichtung,
- Nutzung einschließlich Instandhaltung und Modernisierung sowie
- Rückbau, Verwertung und Entsorgung.

Ziel des nachhaltigen Bauens ist es, ein Gebäude über dessen gesamten Lebenszyklus zu optimieren. Es geht darum, den Energie- und Ressourcenverbrauch zu minimieren, Umweltbelastungen zu verringern und die Gesamtwirtschaftlichkeit zu verbessern. Die konventionelle Planung von Gebäuden beschränkt sich bisher auf die Betrachtung von Einzelaspekten, ohne mögliche Wechselwirkungen zu berücksichtigen. Die integrale Planung bezieht hingegen den gesamten Lebenszyklus des Bauwerkes „von der Wiege bis zur Bahre“ ein und die Planungsbestandteile werden mit Blick auf ihre Wechselwirkung verknüpft und sinnvoll ergänzt.

Darüber hinausgehendes Ziel ist es, zu einer objektivierenden und quantifizierenden Bewertungsmethode für den Variantenvergleich unterschiedlicher Gebäudeentwürfe zu gelangen, um eine möglichst hohe Gebäudequalität mit möglichst geringen Auswirkungen auf die Umwelt zu erreichen. Weiter- oder Umnutzungen bieten dabei gegenüber dem Neubau von Gebäuden und Liegenschaften den Vorteil, dass in der Regel deutlich geringere Energie- und Stoffströme im Bereich der eingesetzten Baumaterialien anfallen. Den Bestand weiter zu nutzen und durch gezielte Instandhaltung und Modernisierung an die Nutzeranforderungen anzupassen, minimiert den Ressourcenverbrauch und schont die Umwelt. Für die wirtschaftliche Bewertung werden einmalige Investitionskosten und laufende Nutzungskosten in einer Lebenszykluskostenrechnung (Life cycle costing, LCC), bezogen auf den ausgewählten Betrachtungszeitraum, berechnet.

Alle aus dem Lebenszyklus eines Gebäudes resultierenden Umweltwirkungen, wie Ressourcenverbrauch, Emissionen und Flächeninanspruchnahme, werden in einer Ökobilanzierung (Life cycle assessment, LCA), dargestellt – standardisiert nach DIN EN ISO 14040 „Umweltmanagement-Ökobilanz“ [10] – und somit bewertbar gemacht.

## 2.3 Bewertungsmethodik

Im Zuge einer Bewertung nach dem BNB werden die fünf Hauptkriteriengruppen des Nachhaltigen Bauens, die ökologische Qualität, die ökonomische Qualität, die soziokulturelle und funktionale Qualität, die technische Qualität und die Prozessqualität, anhand verschiedener Einzelkriterien quantitativ abgebildet. Obgleich die

fünf Qualitäten der Nachhaltigkeit in enger Wechselwirkung zueinander stehen, werden sie jeweils getrennt bewertet und mit festgelegter Gewichtung zu einer Gesamtnote verrechnet. Dies bietet die Möglichkeit, herausragende Qualitäten in ein oder mehreren Teilbereichen auch gesondert darzustellen. Mit Hilfe der Gesamtnote kann die Nachhaltigkeit von Gebäuden objektiv dargestellt und quantifiziert werden, sodass zukünftig Vergleiche zwischen bewerteten bzw. zertifizierten Gebäuden möglich sind. Die Standortmerkmale, auf die die Planung nur bedingt Einfluss nehmen kann, werden getrennt von den Objektqualitäten bewertet und als zusätzliche Information ausgewiesen.

Die fünf Hauptkriteriengruppen sind in der BNB Version 2011\_1 mit derzeit 46 Kriteriensteckbriefen (vgl. Bild 4) genau definiert und lassen sich anhand von quantifizierbaren Größen messen bzw. bewerten. Eine Gewichtung der Kriterien innerhalb der übergeordneten Hauptkriteriengruppen erfolgt nach deren Relevanz für die Schutzziele mit Hilfe eines Bedeutungsfaktors von 1 bis 3 (geringe bis hohe Bedeutung). Die Festlegung der Bedeutungsfaktoren erfolgte in enger Abstimmung mit den Arbeitsgruppen des Runden Tisches Nachhaltiges Bauen sowie dem BMVBS.

Die Steckbriefe – quasi die Handlungsanweisungen für die Bewertung der Einzelkriterien – sind im Wesentlichen gegliedert nach:

### (A) Beschreibung des Einzelkriteriums

- Relevanz und Zielsetzungen,
- Beschreibung und Kommentar,
- Bewertung,
- Datengrundlagen und
- Rechenhilfen sowie
- Beziehungen zu weiteren Kriterien;

### (B) Bewertungsmaßstab

#### (C) Anlagen

- Nutzungskostentabellen,
- Gesetzesgrundlagen,
- Begriffsklärungen,
- Checklisten.

Für die einzelnen Kriterien werden nach festgelegten Regeln Punkte vergeben. Insgesamt kann in jedem Kriterium eine maximale Bewertung von 100 Punkten entsprechend der jeweiligen Berechnungsvorschrift erreicht werden, wobei der Wert 100 immer der Zielwertdefinition entspricht. Die Hauptkriteriengruppen werden jeweils getrennt bewertet und mit festgelegter Gewichtung zu einem Gesamterfüllungsgrad und damit zu einer Endnote zusammengeführt. In der Urkunde zum Bewertungsergebnis werden das Gebäude vorgestellt und sowohl die Einzelwerte wie auch das Gesamtergebnis dargestellt. In Abhängigkeit vom erreichten Gesamterfüllungsgrad können die Gebäude mit einem Zertifikat in den Qualitätsstufen Bronze ( $\geq 50\%$ ), Silber ( $\geq 65\%$ ) oder Gold ( $\geq 85\%$ ) ausgezeichnet wer-

Nachhaltigkeitskriterien		Gewichtung Einzelkriterien Gesamtbewertung	Bedeutungs- faktor	Gewichtung Hauptkriterien- Gruppen Gesamtbewertung
<b>Ökologische Qualität</b>				22,5 %
Wirkungen auf die globale und lokale Umwelt				
1.1.1	Treibhauspotenzial (GWP)	3,375 %	3	
1.1.2	Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	1,125 %	1	
1.1.3	Ozonbildungspotenzial (POCP)	1,125 %	1	
1.1.4	Versauerungspotenzial (AP)	1,125 %	1	
1.1.5	Überdüngungspotenzial (EP)	1,125 %	1	
1.1.6	Risiken für die lokale Umwelt	3,375 %	3	
1.1.7	Nachhaltige Materialgewinnung / Holz	1,125 %	1	
Ressourceninanspruchnahme				
1.2.1	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PE <sub>nc</sub> )	3,375 %	3	
1.2.2	Gesamprimärenergiebedarf (PE <sub>ges</sub> ) u. Anteil erneuerbare Primärenergie (PE <sub>e</sub> )	2,250 %	2	
1.2.3	Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	2,250 %	2	
1.2.4	Flächeninanspruchnahme	2,250 %	2	
<b>Ökonomische Qualität</b>				22,5 %
Lebenszykluskosten				
2.1.1	Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	13,500 %	3	
Wertentwicklung				
2.2.1	Drittverwendungsfähigkeit	9,000 %	2	
<b>Soziokulturelle und funktionale Qualität</b>				22,5 %
Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit				
3.1.1	Thermischer Komfort im Winter	1,607 %	2	
3.1.2	Thermischer Komfort im Sommer	2,411 %	3	
3.1.3	Innenraumhygiene	2,411 %	3	
3.1.4	Akustischer Komfort	0,804 %	1	
3.1.5	Visueller Komfort	2,411 %	3	
3.1.6	Einflussnahme des Nutzers	1,607 %	2	
3.1.7	Aufenthaltsmerkmale im Außenraum	0,804 %	1	
3.1.8	Sicherheit und Störfallrisiken	0,804 %	1	
Funktionalität				
3.2.1	Barrierefreiheit	1,607 %	2	
3.2.2	Flächeneffizienz	0,804 %	1	
3.2.3	Umnutzungsfähigkeit	1,607 %	2	
3.2.4	Zugänglichkeit	1,607 %	2	
3.2.5	Fahrradkomfort	0,804 %	1	
Sicherung der Gestaltungsqualität				
3.3.1	Gestalterische und städtebauliche Qualität	2,411 %	3	
3.3.2	Kunst am Bau	0,804 %	1	
<b>Technische Qualität</b>				22,5 %
technische Ausführung				
4.1.1	Schallschutz	5,625 %	2	
4.1.2	Wärme- und Tauwasserschutz	5,625 %	2	
4.1.3	Reinigung und Instandhaltung	5,625 %	2	
4.1.4	Rückbau, Trennung und Verwertung	5,625 %	2	
<b>Prozessqualität</b>				10,0 %
Planung				
5.1.1	Projektvorbereitung	1,429 %	3	
5.1.2	Integrale Planung	1,429 %	3	
5.1.3	Komplexität und Optimierung der Planung	1,429 %	3	
5.1.4	Ausschreibung und Vergabe	0,952 %	2	
5.1.5	Vorraussetzungen für eine optimale Bewirtschaftung	0,952 %	2	
Bauausführung				
5.2.1	Baustelle / Bauprozess	0,952 %	2	
5.2.2	Qualitätssicherung der Bauausführung	1,429 %	3	
5.2.3	Systematische Inbetriebnahme	1,429 %	3	
<b>Standortmerkmale</b>				0,0 %
Standortmerkmale				
6.1.1	Risiken am Mikrostandort	--	2	
6.1.2	Verhältnisse am Mikrostandort	--	2	
6.1.3	Quartiersmerkmale	--	2	
6.1.4	Verkehrsanbindung	--	3	
6.1.5	Nähe zu nutzungsrelevanten Einrichtungen	--	2	
6.1.6	Anliegende Medien / Erschließung	--	2	

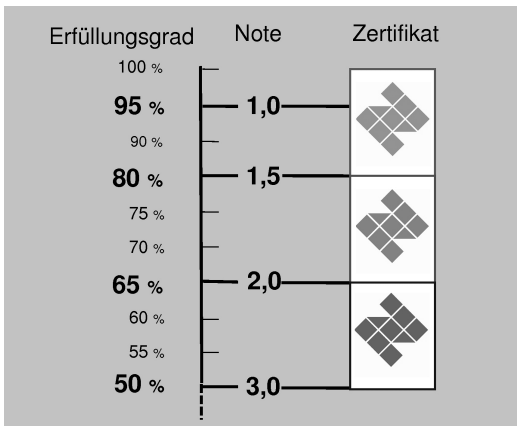


Bild 5. Bewertungsstufen in Gold, Silber und Bronze (BNB)

den. Die Bewertung erfolgt durch einen Auditor und wird jeweils einer Konformitätsprüfung unterzogen. Die kontinuierliche Fortschreibung des Systems wird sichergestellt durch die Anpassung des Kriterienkatalogs an aktuelle Forschungsergebnisse sowie an Änderungen gesetzlicher Regelungen, Normungen, ministerieller Erlasse etc. Die Veröffentlichung erfolgt über den Runden Tisch Nachhaltiges Bauen sowie über das Informationsportal Nachhaltiges Bauen. Dort werden auch Ansprechpartner sowie Regelungen zur Durchführung von BNB-Bewertungen, zur Konformitätsprüfung und zur Dokumentation der Zertifizierung und Modalitäten zur Auditorenausbildung zur Verfügung gestellt.

## 2.4 Werkzeuge und Arbeitshilfen

Zur Unterstützung der Anwender des Bewertungssystems BNB, insbesondere für die komplexen Berechnung der LCC und LCA, werden über das Informationsportal Nachhaltiges Bauen eine Reihe von Werkzeugen, Arbeitshilfen und Datengrundlagen bereitgestellt. Eine wesentliche Grundlage für die Ökobilanzierung bildet eine dynamische Baustoff-Datenbank ÖKOBAU.DAT, die im wesentlichen Datensätze zu den globalen Umweltwirkungen aus Baustoffen zur Verfügung stellt (siehe Abschnitt 4.1).

Das Informationssystem WECOBIS – webbasiertes ökologisches Baustoffinformationssystem (siehe Abschnitt 4.2) – liefert für den Planungsprozess weitere Informationen zu ökologischen Gesichtspunkten ausgewählter Produktgruppen. Eine Tabelle mit Nutzungsdauern für ausgewählte Bauteile ermöglicht die notwendige Abschätzung der Erneuerungszyklen innerhalb des Betrachtungszeitraums von 50 Jahren und damit der Kosten und ökologischen Wirkungen für den Austausch im Rahmen der Lebenszyklusbetrachtung. Für verschiedene Steckbriefe werden Berechnungstools angeboten. Mit diesen Instrumenten kann eine einheitliche und umfassende Dokumentation sichergestellt werden.

## 3 Weiterentwicklung des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen

### 3.1 Entwicklung weiterer Systemvarianten

Im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau hat das BMVBS die vorhandenen Instrumente und Arbeitshilfen stetig fortentwickeln lassen. Es liegen derzeit Systemvarianten für den Neubau von Verwaltungsgebäuden in den Versionen 2009\_4 und 2011\_1 und für Außenanlagen vor. Zudem haben bereits Systemerprobungen für die Bewertungssystemvarianten „Neubau von Unterrichtsgebäuden“ und „Forschungs- und Laborbauten“ begonnen. Nach einer abschließenden Überprüfung der Steckbriefe soll die Einführung stufenweise im Jahr 2013 beginnen. Für die Gebäudekategorie „Überbetriebliche Ausbildungsstätten“ wird noch in diesem Jahr ein Systemvorschlag erwartet, der im Anschluss ebenfalls in eine Erprobung geht und nach Feststellung der Anwendungsreife voraussichtlich Ende 2013 zur Verfügung gestellt werden kann.

### 3.2 Module für die Nutzungsphase

Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeiten lag dabei auf der Erweiterung des Anwendungsbereichs des Leitfadens Nachhaltiges Bauen für den Gebäudebestand, verbunden mit notwendigen Anpassungen der Bewertungskriterien und -regeln mit abschließender Erprobung des Bewertungssystems. Das neu erarbeitete Modul „Nutzen und Betreiben“ beschreibt den nachhaltigen Gebäudebetrieb. Das dahinter liegende Bewertungssystem führt zu einer erstmaligen Bewertung des Gebäudebetriebs rund drei Jahre nach der Fertigstellung. Grundsätzlich wird dabei davon ausgegangen, dass für das Gebäude eine Planungs- und Baubegleitung mit dem Leitfaden beziehungsweise mit dem Bewertungssystem für Neubauten stattgefunden hat. Das Modul „Komplettmaßnahmen im Bestand“ beschreibt die nachhaltige Fortentwicklung bestehender Gebäude im Zuge von Umbau- oder Erweiterungsmaßnahmen sowie umfangreicheren Modernisierungen. Das Bewertungssystem stellt analog zum Neubaustystem eine Bewertung des Planungs- und Bauprozesses während der Maßnahme dar. Die schrittweise Einführung dieser Teile des Leitfadens ist für die erste Hälfte des Jahres 2013 geplant.

### 3.3 Nachhaltigkeit in Wettbewerbsverfahren

Weitere Handlungsempfehlungen, zum Beispiel um Nachhaltigkeitsaspekte einheitlich in Wettbewerbsverfahren im Sinne der Richtlinien für Planungswettbewerb (RPW 2008) zu verankern oder zum barrierefreien Bauen, sind in der Abstimmung. Zukünftig werden bereits in das Wettbewerbsverfahren – neben den bisher üblichen Fragestellungen zu städtebaulichen und gestalterischen Qualitäten – auch die ökologischen, ökonomischen, soziokulturellen und

funktionalen Aspekte sowie die technische Qualität und die Prozessqualität einbezogen. Ebenso sind Abschätzungen zu Ökobilanzierung und Lebenszykluskostenrechnung sowie soziokulturelle Fragen als verbindliche Anforderungen im Planungswettbewerb zu definieren. Im Leitfaden werden Kernkriterien für die Berücksichtigung im Wettbewerb definiert, anhand derer die Umsetzung der Anforderungen an die Nachhaltigkeit in einer solch frühen Phase geprüft werden kann. Die spätere Kontrolle der Umsetzung der im Wettbewerb festgelegten Anforderungen ist mittels der angebotenen und ausgeführten Leistungen zu gewährleisten, die Ergebnisse sind entsprechend zu dokumentieren. Wichtige Aspekte sind dabei die Gewichtungen von einzelnen Wettbewerbskriterien zueinander sowie die Zusammensetzung des Preisgerichtes hinsichtlich der Vorkenntnisse zu den genannten Nachhaltigkeitsqualitäten. Im Bereich der Bundesbaumaßnahmen planen und realisieren die zuständigen Bundesbauverwaltungen die Wettbewerbe.

#### 4 Nachhaltigkeitsanforderungen an zukünftige Baustoffe

In zahlreichen politischen Initiativen, auf globaler, europäischer und nationaler Ebene werden politische Ziele formuliert, die im Zusammenhang mit der Nachhaltigkeit zu sehen sind, beispielsweise Energieeffizienz, Ressourceneffizienz, Verringerung der Treibhausgasemissionen. Es gibt unterschiedliche politische Programme, die mit verschiedenen Einzelaspekten der Nachhaltigkeit befasst sind. Programme, in denen das Bauwesen angesprochen wird, sind z. B. die nationale Nachhaltigkeitsstrategie (Bundesregierung, April 2002) [11], die Deutsche Anpassungsstrategie (DAS) (Bundeskabinett, Dezember 2008) [12], das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm (Prog Ress) (Bundeskabinett Februar 2012) [13].

Häufig sind die für das Bauwesen relevanten Themen mit Anforderungen an Baumaterialien und Bauprodukte verknüpft. In der Deutschen Anpassungsstrategie werden im Bereich Bauwesen zukünftig erforderliche Anpassungen an den Klimawandel genannt, beispielsweise Anpassungen der Gebäude an häufiger auftretende feuchte Winter oder intensive Sonneneinstrahlung im Sommer – hierfür sind ggf. Baumaterialien anders als bisher zu bewerten oder neue Materialien zu entwickeln.

Im Ressourceneffizienzprogramm wird u. a. die Frage nach Stoffströmen und erhöhten Recyclingquoten gestellt. Hierbei können energiesparende Materialien und Produkte, Material sparende Bauweisen, Erhöhung der Dauerhaftigkeit, Umnutzungsfähigkeit von Gebäuden etc. eine wichtige Rolle spielen.

In der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie werden für eine nachhaltige Entwicklung in Deutschland konkrete Aufgaben und Ziele definiert. In den entsprechenden

Maßnahmenprogrammen wurden konkret Ziele wie die Halbierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Bundesregierung bis 2020 (gegenüber 1990) oder die Erarbeitung eines energetischen Sanierungsfahrplans für alle bestehenden Bundesgebäude beschlossen. Für den Bundesbau spielt die Nationale Nachhaltigkeitsstrategie eine besonders wichtige Rolle, da im Maßnahmenprogramm die „Ausrichtung von Bundesbauten an den Anforderungen des BNB“ beschlossen und im Nachgang die Anwendung des BNB für den Neubau von Büro- und Verwaltungsgebäuden per Erlass durch das BMVBS am 3. März 2011 [2] verbindlich eingeführt wurde.

Durch die verbindliche Einführung des BNB nimmt Deutschland bezüglich des Nachhaltigen Bauens in Europa eine Vorreiterrolle ein. Es ist eines der wenigen Länder, in denen der Staat für seine öffentlichen Gebäude (Bundesbauvorhaben) eine Nachhaltigkeitsbewertung verbindlich einfordert. In den meisten europäischen Ländern werden derartige Zertifizierungssysteme, wenn überhaupt, freiwillig angewendet. Zudem sind die deutschen Bewertungssysteme, BNB ebenso wie das privatwirtschaftlich eingesetzte Zertifizierungssystem der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e. V., in Europa diejenigen Systeme, die die meisten überhaupt definierten und bewerteten Nachhaltigkeitskriterien abdecken.

Bei der Anwendung des BNB werden über die umfassenden Nachhaltigkeitskriterien viele der in den zuvor genannten politischen Initiativen genannten Nachhaltigkeitsaspekte bereits berücksichtigt: beispielsweise Rückbaubarkeit eines Gebäudes; Recyclingfähigkeit von Bauprodukten; globale Umweltwirkungen mit dem Treibhauspotenzial als wesentlichem Faktor; umwelt- und gesundheitsrelevante Auswirkungen auf Boden, Wasser und Luft; Innenraumluftqualität und weitere Aspekte.

Dass die Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten in Europa und für Bauprodukte aktuell an Bedeutung gewinnt, wird u. a. durch die europäische Bauproduktenverordnung deutlich, die seit dem 24. April 2011 in Kraft getreten ist (die für Bauprodukterhersteller wesentlichen Artikel werden allerdings erst zum 1. Juli 2013 wirksam). Erstmals wird das Thema Nachhaltigkeit im Zusammenhang mit Bauprodukten direkt formuliert in der wesentlichen Grundanforderung 7 „Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen“ [14].

#### 4.1 Rolle der Baustoffe im BNB

##### 4.1.1 Überblick

Im Folgenden wird die Rolle der Baustoffe/-produkte im BNB erläutert. Vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeitsentwicklung wird immer wieder die Nennung sogenannter „ökologischer“ oder „nachhaltiger“ Bauprodukte gefordert. Da im BNB die Nachhaltigkeit eines Gebäudes unter Berücksichtigung aller Nachhaltigkeitskriterien im Bereich der ökologischen, ökonomischen, soziokulturellen, technischen Qualität und Pro-

zessqualität erfolgt, werden auch die Bauprodukte auf Gebäudeebene innerhalb der jeweiligen Hauptkriterien- gruppen in der Bewertung berücksichtigt. Die Bauprodukte werden nicht als einzelnes Produkt bewertet, sondern im Gebäudekontext berücksichtigt. Bauprodukte müssen die unterschiedlichsten Anforderungen erfüllen, hinsichtlich technischer Aspekte (z.B. Festigkeiten, Brandschutz, Dauerhaftigkeit), aber auch hinsichtlich umwelt- und gesundheitsrelevanter Aspekte (z.B. Gefahren für die Umwelt; Gefahren für den Anwender während der Verarbeitung oder während der Gebäudenutzung) sowie wirtschaftlicher Aspekte (Kosten). Die Beurteilung, ob die Bauprodukte in einem Gebäude nachhaltig eingesetzt werden, hängt daher vom Kontext des betrachteten Gebäudes und somit von unterschiedlichen Nachhaltigkeitskriterien ab. Im Grunde spielen die Eigenschaften der Bauprodukte in allen Nachhaltigkeitsbereichen eine Rolle: ökologische Qualität (Ökobilanzierung, Umwelt, Material), ökonomische Qualität (Lebenszykluskosten), soziokulturelle Qualität (z.B. Innenraumhygiene), technische Qualität und Prozessqualität. Daher findet im BNB eine Beurteilung der Baustoffe indirekt und anteilig in verschiedenen Kriteriensteckbriefen statt – generell unter Berücksichtigung des Lebenszyklus in dem gewählten Betrachtungszeitraum von 50 Jahren.

Insbesondere im Bereich der Ökologischen Qualität, in dem Wirkungen auf die globale und lokale Umwelt berücksichtigt werden, fließen die Bauprodukte wesentlich in die Gesamtbewertung ein. Hervorzuheben sind hierbei die folgenden Nachhaltigkeitskriterien.

#### 4.1.2 Wirkungen auf die globale und lokale Umwelt

Hinter den folgenden Kriteriensteckbriefen (1.1.1 „Treibhauspotenzial“, 1.1.2 „Ozonschichtabbaupotenzial“, 1.1.3 „Ozonbildungspotenzial“, 1.1.4 „Versauerungspotenzial“, 1.1.5 „Überdüngungspotenzial“) verbirgt sich im BNB die Ökobilanzierung auf Gebäudeebene für die genannten Umweltindikatoren. Der Beitrag des Gebäudes zum Treibhauseffekt – über das Treibhauspotenzial ermittelt – ist unter den genannten Umweltindikatoren der bedeutungsvollste und wird stärker gewichtet als die anderen Umweltindikatoren. Neben dem Treibhauseffekt werden die vorgenannten Umwelteinwirkungen berücksichtigt, die u.a. Ozonloch, Smog, sauren Regen und Überdüngung verursachen mit den entsprechenden Folgewirkungen auf die Gesundheit des Menschen und das ökologische System inklusive Flora und Fauna. Bei der Ökobilanzierung wird der Beitrag des Gebäudes zum jeweils betrachteten Umweltindikator für den im BNB gewählten Betrachtungszeitraum von 50 Jahren berechnet. Hierbei werden die Phasen Gebäudeerstellung, Nutzung und Entsorgung berücksichtigt.

Für die Phase Herstellung sind sämtliche im Bauwerk verwendete Materialien gliedert nach den Kosten- gruppen 300 und 400 gemäß DIN 276 [15] mengenmäßig zu berücksichtigen. Für die im Bauwerk ver-

wendeten Baustoffe und Bauprodukte liefert die vom Bund über das Informationsportal Nachhaltiges Bauen kostenfrei zum Download bereitgestellte Datenbank ÖKOBAU.DAT [16] die notwendigen Basisdaten. Für die Bauprodukte werden produktneutrale oder für einige Bauprodukte herstellerspezifische Werte für Treibhaus-, Ozonschichtabbau-, Ozonbildungs-, Versauerungs- und Überdüngungspotenzial geliefert, in der Regel bezogen auf eine Einheitsgröße wie z.B. m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>, Stück. Diese Daten stammen aus Ökobilanzierungen, die u.a. im Rahmen von Umweltproduktdeklarationen für die Bauprodukte erstellt werden. In diesen Daten sind die für die Produktherstellung verwendeten Ausgangsstoffe, die Rohstoffgewinnung und Produktionsprozesse berücksichtigt (Herstellung bis Werkator). Es handelt sich um Ökobilanzdaten der Bauprodukte, die in die Ökobilanzierung auf Gebäudeebene einfließen.

Neben den produktbezogenen Basisdaten fließen für die betrachtete Phase Nutzung des Gebäudes Daten für die Gebäude- und Anlagentechnik, z.B. für die Energie- und Wasserversorgung, ein. Auch diese Daten werden in der ÖKOBAU.DAT bereitgestellt. In der Nutzungsphase sind weiterhin planmäßige Instandsetzungen zu berücksichtigen. Die vom Bund im Informationsportal zur Verfügung gestellte Nutzungsdauertabelle [17] gibt an, welche Bauteile innerhalb der betrachteten 50 Jahre auszutauschen sind – diese sind entsprechend mit den dafür zu verwendenden Materialien in der Ökobilanzierung zu berücksichtigen.

Für die Phase der Entsorgung ist prinzipiell zwischen den Entsorgungs- bzw. Verwertungswegen Recycling/Verwertung, Thermische Verwertung und Entsorgung auf Deponie zu unterscheiden. Auch hier bietet die ÖKOBAU.DAT für die jeweiligen Baumaterialien Basisdaten für die jeweiligen Entsorgungswege. Alle diese Daten fließen in die Ökobilanzierung auf Gebäudeebene ein. Ökobilanzierungen werden von Fachexperten in der Regel mit Hilfe geeigneter Softwaretools durchgeführt. Häufig generieren diese Tools zusätzlich Daten für die lebenszyklusbezogenen Kosten (relevant für Kriteriensteckbrief 2.1.1 „Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus“). Am Ende werden die gebäudebezogenen Werte der Umweltindikatoren geliefert, die je nach Anforderungsniveau zu der Bewertung im entsprechenden Kriteriensteckbrief führen. Ziel ist es, für eine positive Bewertung die Materialien so zu wählen, dass die negativen Beiträge zu den Umweltwirkungen möglichst gering ausfallen.

In der Datenbank finden sich generische Basisdaten, die für die Baumaterialien geeignete Durchschnittswerte der Umweltindikatoren liefern, sowie auch produktspezifische Werte, die im Rahmen von Umweltproduktdeklarationen ermittelt werden. Je nach Datenlage oder Planungsphase ist es sinnvoll, generische bzw. produktspezifische Daten einzusetzen.

Als derzeit aktuelle Version wird die ÖKOBAU.DAT 2011 (Vorgängerversion ÖKOBAU.DAT 2009) zur Verfügung gestellt. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass voraussichtlich in 2013 eine Folgeversion

der ÖKOBAU.DAT veröffentlicht wird, die den Anforderungen der europäischen Norm DIN EN 15804 [18] entsprechen wird.

#### 4.1.3 Beurteilung des Risikopotenzials für die Umweltmedien Grundwasser, Oberflächenwasser, Boden und Außenluft

Während über die Ökobilanzierung im Wesentlichen sogenannte globale Umwelteinflüsse (z. B. Treibhauspotenzial) berücksichtigt werden, werden in dem Kriteriensteckbrief 1.1.6 „Risiken für die lokale Umwelt“ Bauprodukte hinsichtlich ihres lokalen Risikopotenzials für Grund- und Oberflächenwasser, Boden und Außenluft bezüglich Umwelt- und Gesundheitsgefahren bewertet.

Ziel ist es, die Verwendung von Materialien zu reduzieren bzw. zu vermeiden, die aufgrund ihrer stofflichen Eigenschaften oder Rezepturbestandteile während ihrer Verarbeitung auf der Baustelle oder durch längerfristige Bewitterung (Außenbauteile) ein Risikopotenzial für die o. g. Medien enthalten. Folgende Stoffgruppen werden betrachtet:

- halogenierte und teilhalogenierte Kälte- und Treibmittel,
- Schwermetalle,
- Stoffe und Produkte, die unter die Biozid-Richtlinie [19] fallen,
- besonders besorgniserregende Stoffe gemäß CLP-/REACH-Verordnung [20],
- organische Lösemittel (VOC – volatile organic compounds),
- Freisetzung gefährlicher Stoffe (Boden und Grundwasser).

Die erforderlichen Informationen sind derzeit meist unübersichtlich in verschiedenen Informationsquellen zu finden (technische Merkblätter; Sicherheitsdatenblätter; produktbezogene Informationen der Berufsgenossenschaften (GISCODE); Stofflisten und Stoffinformationen gemäß gültiger Verordnungen, Richtlinien und Regelwerke; technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS); Umwelt(produkt-)deklarationen; branchenbezogene Regelwerke und Gütezeichen bzw. Zertifizierungen; öffentliche Ausschreibungsempfehlungen des Umweltbundesamtes und sonstige).

Aufgrund der Vielzahl an zu berücksichtigenden Umwelt- und Gesundheitsparametern sowie der entsprechend hohen Anzahl an verschiedenen Informationsquellen wird derzeit für das BNB ein anwenderfreundliches Bewertungstool (accessbasiert) entwickelt. In dem Tool werden zunächst die allgemeinen Projektdaten und Zielwerte eingegeben (d. h., es wird angegeben, welche Bewertungsstufe in dem Kriteriensteckbrief insgesamt erreicht werden soll); und schließlich werden für das Gebäude strukturiert über Bauteile gemäß DIN 276 [15] (analog zur Ökobilanzierung) die verwendeten Bauproduktgruppen und Bauprodukte mit den entsprechenden Hersteller- und Mengenangaben aufgeführt. Eine Umsortierung nach Leistungs-

bereichen ermöglicht einen Abgleich mit den Positionen im Leistungsverzeichnis. Hinter jedem verwendeten Produkt werden Informationen darüber geliefert, welche möglichen Risikopotenziale bestehen, welche Nachweise vorzulegen sind und ob das avisierte Qualitätsniveau in der Bewertung überhaupt erreicht werden kann. Das Tool erlaubt sowohl für die Planungsphase (z. T. unter Verwendung produktunabhängiger Umweltinformationen aus WECOBIS, vgl. Abschnitt 4.2) als auch schließlich für das realisierte Gebäude – unter Angabe der produktspezifischen Umweltinformationen – die Eingabe der gesundheits- und umweltrelevanten Daten und Nachweise. Zudem sind erläuternde Texte, Informationen zu den Baumaterialien und Hinweise, an welchen Quellen die geforderten Produktdaten zu finden sind, eingestellt.

Ausnahmen von den Anforderungen werden zugelassen, wenn aus technischen oder funktionalen Gründen (z. B. aufgrund der geringen verbauten Mengen, in Ermangelung eines funktional gleichwertigen Produktes oder einer Konstruktionsalternative) die Umwelanforderungen für das Produkt nicht erfüllbar sind.

Generell ist zu beobachten, dass die im BNB abgefragten gesundheits- und umweltrelevanten Aspekte immer häufiger auch an anderen Stellen abgefragt werden und an Bedeutung gewinnen. Die Bewertungen im hier beschriebenen Nachhaltigkeitskriterium können bei der Zielvorgabe hoher Qualitätsniveaus durchaus zum Ausschluss von bestimmten Bauprodukten/Bauproduktgruppen führen. Dieses Kriterium hat daher für die Bauprodukte eine besonders hohe Bedeutung. Generell haben die Produkthersteller ein Interesse daran, dass die Produkte in den Bewertungssystemen der Nachhaltigkeit positiv abschneiden, so dass das BNB in gewisser Weise eine Motivation für die Entwicklung von Bauprodukten mit niedrigem Risikopotenzial für die hier angesprochenen Umwelt- und Gesundheitsgefahren sein kann.

#### 4.1.4 Nachhaltige Materialgewinnung/Holz

Wälder haben eine herausragende Bedeutung für die Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen und für die Bewahrung und nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt. Ziel ist es daher, eine nachhaltige Waldbewirtschaftung und legalen Holzeinschlag zu fördern. Das Bewertungskriterium 1.1.7 „Nachhaltige Materialgewinnung / Holz“ bildet insofern im Rahmen des BNB eine Ausnahme, da hier für eine Materialgruppe explizite Anforderungen gestellt werden. Jedoch wird nicht das Material Holz an sich bevorzugt bewertet, sondern es wird über die Forderung von Zertifikaten die Verwendung von Holz und Holzwerkstoffen, für die eine geregelte, nachhaltige Bewirtschaftung des Herkunftsförstes nachgewiesen ist, befördert und positiv angerechnet. Damit wird einem gemeinsamen Erlass des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi), des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), des



Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) sowie des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) vom 22. Dezember 2010 Rechnung getragen. Danach sind für alle Hölzer und Holzprodukte Zertifikate wie PEFC – Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes, FSC – Forest Stewardship Council sowie vergleichbare Zertifikate oder entsprechende Einzelnachweise vorzulegen.

#### 4.1.5 Innenraumhygiene

Im Bereich der soziokulturellen Qualität (Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit) ist das Nachhaltigkeitskriterium der Innenraumhygiene hervorzuheben (BNB-Kriteriensteckbrief 3.1.3), mit dem die Luftqualität im Innenraum bewertet wird. Konkret werden im fertig gestellten Gebäude (4 Wochen nach Erstellung) die Innenraumluftkonzentration flüchtiger organischer Stoffe (TVOC – total volatile organic compounds) und die Formaldehydemission bestimmt. Weiterhin werden die vorgesehenen Lüftungsraten bewertet, die z. B. über die Auslegung der zu öffnenden Fensterflächen oder andere Methoden beeinflusst werden.

#### 4.1.6 Technische Materialanforderungen

Im Bereich der technischen Qualität (technische Ausführung) spielen die technischen Eigenschaften der Materialien im Zusammenhang mit der Konstruktion eine Rolle, z. B. Schall-, Wärme- und Tauwasserschutz. Im Zusammenhang mit den Forderungen nach einem schonenden Umgang mit Ressourcen ist die Betrachtung der Verwertungs- und Recyclingfähigkeit des Gebäudes bzw. der verwendeten Materialien das wesentliche Nachhaltigkeitskriterium, in dem die Bauprodukte berücksichtigt werden (BNB-Kriteriensteckbrief 4.1.4 „Rückbau, Trennung und Verwertung“).

#### 4.1.7 Ökonomische Materialanforderungen

Im Bereich der ökonomischen Qualität fließen die Kosten der Bauprodukte entsprechend in die Gesamtkosten (Lebenszykluskosten) und somit die Gesamtbewertung ein. Da die Baustoffe an verschiedenen Stellen in die Bewertung einfließen und u. a. nach den oben genannten, sehr unterschiedlichen Kriterien auszuwählen sind, ist eine geeignete Auswahl der zu verwendenden Baumaterialien und Bauprodukte für ein Gebäude äußerst schwierig. Es gibt zahlreiche Informationen zu Baustoffen, die jedoch in der Regel nur Informationen zu bestimmten Eigenschaften liefern und daher an sehr unterschiedlichen Informationsquellen zu finden sind (z. B. technische Eigenschaften im technischen Datenblatt oder Lieferblatt; Arbeitsschutzhinweise im Sicherheitsdatenblatt, umweltrelevante Informationen über verschiedene Labels oder in Umweltproduktdeklarationen; Abfallschlüsselnummern in entsprechenden Katalogen). Dies macht die Baustoffauswahl sehr komplex.

## 4.2 WECOBIS

Eine sinnvolle Hilfestellung bietet die WECOBIS. Die Internetplattform [www.wecobis.de](http://www.wecobis.de) wird seit 2010 gemeinsam vom BMVBS und der Bayerischen Architektenkammer betrieben und über die Geschäftsstelle im Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) geführt. Der Bund bietet über die Internetplattform WECOBIS kostenfrei umfassende Informationen zu umwelt- und gesundheitsrelevanten Aspekten von Baumaterialien für unterschiedliche Lebenszyklusphasen an. Berücksichtigt werden die Rohstoffe, die Herstellung, Verarbeitung, Nutzung und Nachnutzung der Bauprodukte und Materialien. WECOBIS richtet sich an Planer und Architekten und bietet ein Hilfsmittel für die Auswahl von geeigneten Baumaterialien und -produkten unter Berücksichtigung von umwelt- und gesundheitsrelevanten Fragestellungen. Da die Informationen sämtlich produktneutral angeboten werden, geht es zunächst darum, beispielsweise herauszufinden, ob es in bestimmten Bauproduktgruppen überhaupt schadstoffarme oder schadstofffreie Produkte gibt. So ist es möglich, bei bestimmten Produktgruppen (z. B. Kleber, Farben und Lacke) herauszufinden, dass sowohl lösemittelfreie als auch lösemittelhaltige Produkte auf dem Markt verfügbar sind. Diese Information kann eine Hilfe für die weitere Produktwahl sein, je nachdem, welche weiteren Anforderungen für die entsprechende Anwendung in dem Gebäude/Bauwerk zu erfüllen sind. Es kann durchaus sein, dass für bestimmte Anwendungen aufgrund der geforderten technischen Eigenschaften (z. B. Brandschutz) bestimmte Inhaltsstoffe mit den entsprechenden Umweltwirkungen in Kauf genommen werden. WECOBIS bietet insofern eine Hilfestellung, als dass darauf hingewiesen wird, welche Risikopotenziale überhaupt möglicherweise zu beachten sind. Je nach Lebenszyklusphase kann das unterschiedlich sein: einige Bauprodukte emittieren beispielsweise während der Herstellung umwelt- und gesundheitsrelevante Gase – diese Auswirkungen können zumeist über einen geeigneten Arbeitsschutz abgefangen werden –, sind aber während der Anwendungs- und Nutzungsphase unkritisch.

Über eine nachhaltige Anwendung von Bauprodukten entscheidet schließlich das komplexe Zusammenspiel der vielfältigen Anforderungen an die Bauprodukte in der jeweiligen Anwendung im Gebäude/Bauwerk. Hierbei spielen u. a. die oben erwähnten Nachhaltigkeitskriterien (Ökobilanz, Kosten, Risiken für die lokale Umwelt, Innenraumhygiene, Verwertung/Entsorgung/Recyclingfähigkeit und weitere) eine Rolle. Die Bewertung über eine nachhaltige Anwendung erfolgt somit im Rahmen der Zertifizierung auf Gebäudeebene.

WECOBIS ist kein Tool zur Beurteilung einzelner Bauprodukte, sondern gibt hilfreiche und umfassende Erstinformationen, um mögliche umwelt- oder gesundheitsrelevante Aspekte der betrachteten Bauproduktgruppen aufzuzeigen. In den jeweiligen Kategorien werden dann weiterführende Informationen geliefert. Es wird zudem

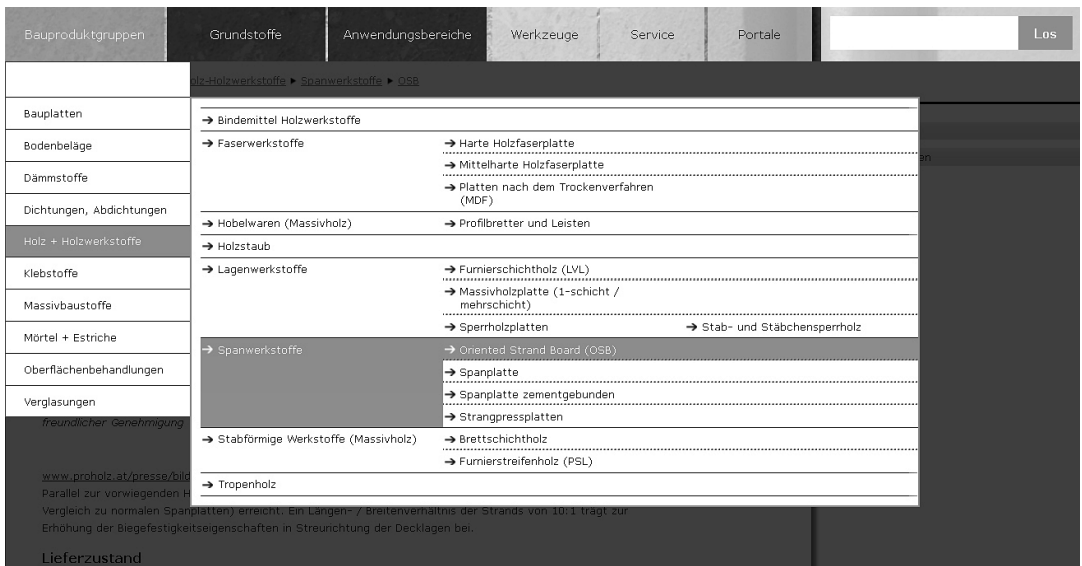


Bild 6. Internetplattform WECOBIS – Gliederung der Bauproduktgruppen (Beispiel Holz und Holzwerkstoffe)

zahlreich auf weiterführende Internetseiten verlinkt, auf denen dann produktbezogene Informationen zu finden sind.

In WECOBIS sind verschiedenste Bauproduktgruppen bzw. Grundstoffe erfasst. Bild 6 zeigt beispielhaft die Auflistung der Untergruppen für Holz und Holzwerkstoffe.

Nach Auswahl einer entsprechenden spezifischen Untergruppe der Bauproduktgruppe gliedern sich die weiterführenden Informationen in die Bereiche „Allgemeines“ und „Lebenszyklus“. Generell werden für jede

spezifizierte Bauproduktgruppe bzw. für jeden dargestellten Grundstoff die in Tabelle 1 aufgeführten Informationen geliefert.

Sämtliche aktuellen Entwicklungen im Bereich der Nachhaltigkeit zeigen, dass die Beurteilung von Bauprodukten hinsichtlich möglicher umwelt- und gesundheitsrelevanter Auswirkungen deutlich an Bedeutung zunimmt. So gibt es derzeit unterschiedliche Überlegungen, ob an verschiedenen Stellen, an denen bereits

Tabelle 1. Übersicht der Grundinformationen in WECOBIS für jede spezifizierte Bauproduktgruppe

Allgemeines	Lebenszyklus
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Allgemeines</b> Produktdefinition; Lieferzustand, Anwendungsbereich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Rohstoffe</b> Ausgangsstoffe und Hauptbestandteil; Informationen zu Gewinnung und Verfügbarkeit der Primärstoffe</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Risiken</b> tabellarische Übersicht zu möglichen Gesundheits- und Umweltrisiken innerhalb der angezeigten Bauproduktgruppe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Herstellung</b> Gesundheits- und Umweltschutz bei Herstellprozessen; „Graue Energie“</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Ausschreibung</b> Ausschreibungshilfen (z. B. Verlinkung zu den öffentlichen Ausschreibungshilfen des Umweltbundesamtes)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Verarbeitung</b> Verarbeitungsempfehlungen: Arbeitshygienische Risiken und Arbeitsschutz</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Umweltdeklarationen</b> Verlinkungen zu Zeichen, Labels etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Nutzung</b> Umwelt- und Gesundheitsrisiken bei bestimmungsgemäßer Nutzung sowie im Schadenfall (z. B. Emission Innen-/Außenraum); Dauerhaftigkeitsaspekte</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Literatur</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Nachnutzung</b> Informationen zur Wiederverwendung bzw. Entsorgungswege; EAK-Abfallschlüssel</li> </ul>

jetzt Informationen über die Bauprodukte geliefert werden, auch die für die Beurteilung im Sinne der beschriebenen Bewertungssysteme (BNB, DGNB) erforderlichen Kriterien geliefert werden können, beispielsweise in den Umweltproduktdeklarationen. Derartige Entwicklungen verfolgt der Bund aufmerksam.

## 5 Nachhaltigkeitsindikator Energie

In der Vergangenheit wurde das Thema „Nachhaltigkeit“ oftmals auf den Bereich „Energie“ reduziert. Dabei lag das Hauptaugenmerk zudem nahezu ausschließlich auf dem Energieeinsatz für den Betrieb von Gebäuden. Ein Grund hierfür ist sicherlich auch dessen klare ökonomische Bewertbarkeit. Mit der Entwicklung von Bewertungssystemen für die Nachhaltigkeit von Gebäuden kamen und kommen deutlich mehr Aspekte in den Fokus, die es zu berücksichtigen gilt, wenn ein nachhaltiges Gebäude gebaut, saniert oder betrieben werden soll. Gleichwohl hat das Thema „Energie“ nach wie vor einen starken Einfluss bei einer Nachhaltigkeitsbewertung.

Die Bundesregierung hat vor etwa 20 Jahren im Zusammenhang mit der Entscheidung der Verlegung des Regierungssitzes von Bonn nach Berlin den Beschluss gefasst, für die neu zu errichtenden sowie die herzurichtenden Gebäude in Berlin einen Energiebeauftragten zu berufen, der für eine einheitlich hohe energetische Güte

bei den jeweiligen Baumaßnahmen sorgen sollte. Mitte der 90er Jahre nahm der Energiebeauftragte für die umzugsbedingten Bauten des Bundes in Berlin, so die offizielle Bezeichnung, seine Tätigkeit auf. Einige der wesentlichen grundsätzlichen Prinzipien, die für alle von ihm begleiteten Baumaßnahmen galten, lauteten:

- Es ist ein hohes Maß an winterlichem und sommerlichem Wärmeschutz zu erreichen.
- Auf die Kühlung von Räumen mit „normaler“ Nutzung ist zu verzichten.
- Die Tageslichtnutzung ist zu maximieren.
- Es soll eine weitgehende Nutzung erneuerbarer Energien erfolgen.
- Die Warmwasserbereitstellung ist auf wenige ausgewählte Bereiche zu beschränken.

Anhand der vorgenannten Leitprinzipien ist bereits erkennbar, dass sowohl bauliche als auch anlagentechnische Parameter bei der energetischen Optimierung von Gebäuden zu betrachten sind. Dabei sollten zunächst erst alle baulichen Möglichkeiten zur Senkung des Energiebedarfs eines Gebäudes ausgeschöpft und darauf aufbauend ein optimales Konzept zur Deckung des verbleibenden Energiebedarfs entwickelt werden.

Das wohl bekannteste und in seiner Dimension wohl auch größte Energiekonzept der damaligen Baumaßnahmen des Bundes wurde für den Spreebogen in Berlin entwickelt. Zur Versorgung der Gebäude des Deutschen Bundestages und des Bundeskanzleramtes wurde ein Energieverbund geschaffen, in dem die von Blockheiz-

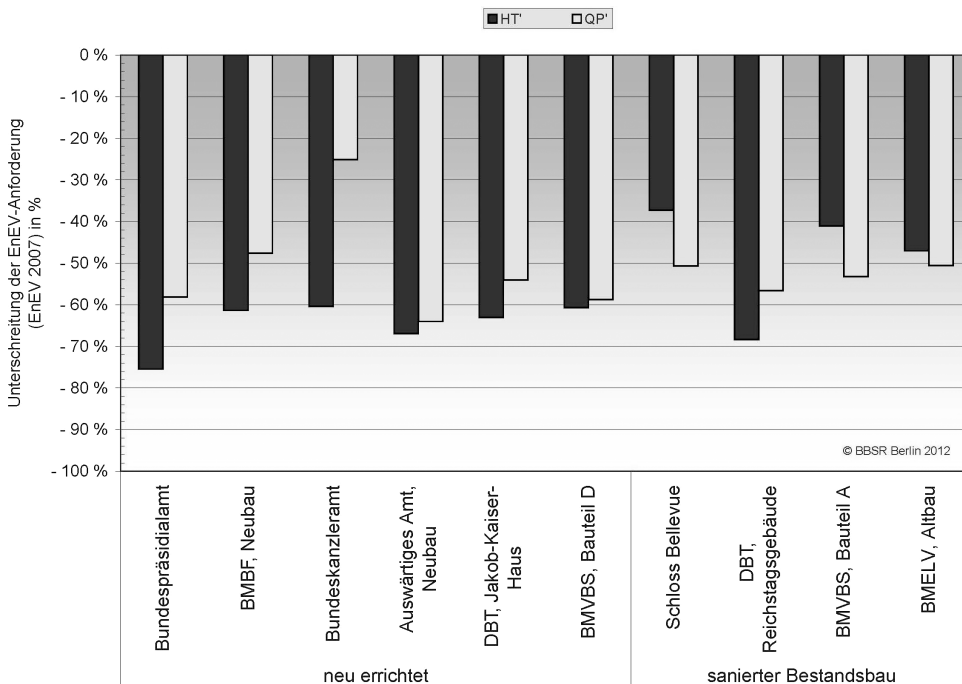


Bild 7. Ergebnis der Energiebedarfsberechnung gemäß EnEV 2007 für ausgewählte Bundesbauten

kraftwerken (BHKW) erzeugte Energie zwischen den Gebäuden optimal verteilt werden kann. Zur Zwischenspeicherung von Wärme und Kälte wurden zwei Aquiferspeicher in verschiedenen Tiefen (etwa 60 m Tiefe für Kältespeicherung, etwa 300 m Tiefe für Wärmespeicherung) angelegt. Als ökologische Komponente der Energieversorgung des Spreebogens ist im Wesentlichen der Einsatz von Rapsöl für die BHKW vorgesehen. Zudem wurden einige Gebäude mit Photovoltaikanlagen ausgestattet. Insgesamt wurden 357 kWPeak PV-Leistung auf einer Dachfläche von 5230 m<sup>2</sup> installiert. Dabei handelt es sich sowohl um Module aus monokristallinem Silizium (1990 m<sup>2</sup>) als auch um Module aus amorphem Silizium (3240 m<sup>2</sup>).

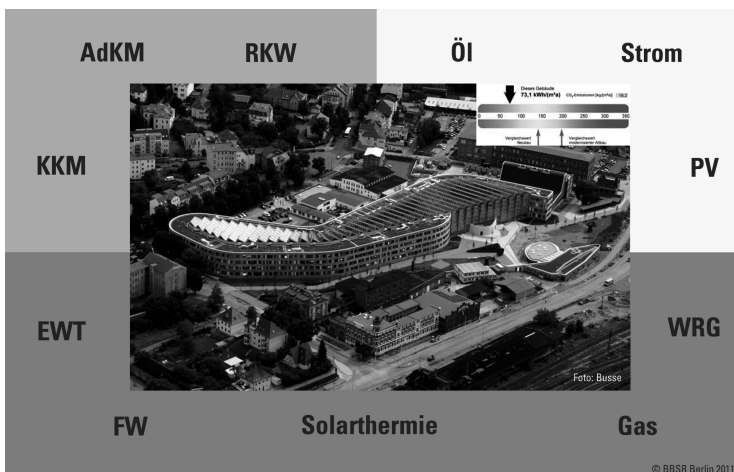
Die praktischen Erfahrungen aus den vom Energiebeauftragten begleiteten Baumaßnahmen flossen bereits in den ersten Leitfaden Nachhaltiges Bauen ein, der im Jahr 2001 veröffentlicht wurde. Eine einheitliche Bewertung der verschiedenen Baumaßnahmen, in denen der Energiebeauftragte tätig war, wurde in den Jahren 2007–2009 vorgenommen, als nämlich für die Gebäude der Obersten Bundesbehörden und für ausgewählte Gebäude des Deutschen Bundestages in Berlin Energiebedarfsausweise nach den Regeln der Energieeinsparverordnung 2007 (EnEV 2007) erstellt wurden. Das Ergebnis dieser Berechnungen für ausgewählte Bundesgebäude zeigt Bild 7.

Im Durchschnitt aller betrachteten Gebäude ergibt sich, dass die Anforderungen aus der EnEV 2007 an sanierte Bestandsbauten bezüglich des Jahres-Primärenergiebedarfs (Q<sub>p</sub>) um 46% bzw. bzgl. des spezifischen Transmissionswärmetransferkoeffizienten (HT') um 39% unterschritten wurden. Für die errichteten Neubauten weisen die Berechnungen Unterschreitungen von 50% bei Q<sub>p</sub> und 58% bei HT' aus.

Vergleicht man die Ergebnisse für die Neubauten mit den Neubauanforderungen der EnEV 2007, so werden immer noch durchschnittliche Unterschreitungen von 30% in Bezug auf den Jahres-Primärenergiebedarf

und 41% in Bezug auf den spezifischen Transmissionswärmetransferkoeffizienten erreicht. Dies belegt eindrucksvoll den Erfolg der Bestrebungen hinsichtlich eines Energie sparenden und ressourcenschonenden Bauens.

Wegen der nachgewiesenen Erfolge wurde das Wirkungsgebiet des Energiebeauftragten nach dem offiziellen Abschluss des Umzuges der Bundesregierung ausgedehnt und seine Erfahrungen auch in Baumaßnahmen außerhalb von Berlin genutzt. Erster Meilenstein dieser Aufgabenerweiterung war die Errichtung des neuen Dienstsitzes des Umweltbundesamtes in Dessau für ca. 800 Mitarbeiter. Auch hier gab es ambitionierte energetische Zielstellungen, die mit der Planung umzusetzen waren. Beispielsweise sollte der Jahres-Primärenergiebedarf des Gebäudes 100 kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>·a) nicht übersteigen. Zur Erreichung der Zielstellungen wurde eine Gebäudehülle gewählt, deren energetische Qualität vergleichbar mit dem Passivhausstandard ist, und ein Versorgungskonzept umgesetzt, dass eine hohe Ausnutzung erneuerbarer Energien vorsieht. Dieses Konzept ist in Bild 8 dargestellt. Besonderheiten des Konzeptes sind die solare Kälteerzeugung, bei der die für den Kälteerzeugungsprozess in der Adsorptions-Kältemaschine erforderliche Wärme zum Teil über thermische Solarkollektoren gewonnen wird, und die Einbindung eines Erdwärmetauschers mit etwa 5000 m<sup>2</sup> Wärmetauscherfläche zur Vortemperperierung der Außenluft für die mechanische Bürolüftung. Das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten des Energieversorgungskonzeptes in der Praxis erwies sich als schwierig. So musste beispielsweise die Betriebsführung von Erdwärmetauscher und Wärmerückgewinnung, beide Bauteile sind im Anlagenaufbau der raumlufttechnischen Anlagen in Serie geschaltet, erst im Laufe des Gebäudebetriebs auf der Basis der gesammelten Messwerte optimiert werden. Erst im Jahr 2008 – und damit erst im dritten Jahr nach Inbetriebnahme des Gebäudes im Mai 2005 – konnte messtechnisch nachgewiesen werden, dass der ange-



**Bild 8.** Energieversorgungskonzept Umweltbundesamt in Dessau (EWT – Erdwärmetauscher, FW – Fernwärme, WRG – Wärmerückgewinnung, PV – Photovoltaik, RKW – Rückkühlwerk/freie Kühlung, AdKM – Adsorptions-Kältemaschine, KKM – Kompressions-Kältemaschine); Foto: Busse

strebte primärenergetische Zielwert tatsächlich eingehalten werden kann. Seither allerdings wird die Marke von 100 kWh/(m<sup>2</sup>NGfA), trotz einer stetig wachsenden Installationsdichte und längeren Betriebszeiten, stabil unterschritten.

Mit der Ausweitung des Tätigkeitsgebietes des Energiebeauftragten wurden auch dessen Aufgaben vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) neu definiert. Die wesentlichen Aufgaben sind nunmehr:

*Fachliche Begleitung von ausgewählten Bundes-Baumaßnahmen (Neubau und Sanierung)*

- Definition der spezifischen energetischen Ziele einer Baumaßnahme
- (regelmäßige) Teilnahme an Projektbesprechungen während der Planungsphase
- Begleitung während der Bauphase durch die fachliche Bewertung von Maßnahmen zur Qualitätssicherung (Luftdichtheitstest, Infrarot-Thermografie)

*Bewertung bzw. Erstellung von Energiebedarfsausweisen*

*Durchführung eines energetischen Monitorings in den ersten Jahren nach Inbetriebnahme eines Gebäudes*

*Erstellung des Energie- und CO<sub>2</sub>-Berichts der Bundesregierung*

*Konzeptionelle Arbeiten im Bereich des Energie sparenden und ressourcenschonenden Bundesbaus*

- Neubau-Standard „Niedrigstenergiegebäude Bundesbau“
- Energetischer Sanierungsfahrplan für den Bundesbau

*Vorbereitung der fachlichen Inhalte zu Erlassen des BMVBS (z. B. „Vorbildwirkung Bundesbau“)*

*Beratung des BMVBS in Fragen des Energie sparenden und ressourcenschonenden Bauens sowie im Bereich Technische Gebäudeausrüstung*

*Wissenschaftliche Begleitung von Energieeinsparprogrammen im Bundesbau*

- Grundlagenermittlung zur Aufstellung der Förderrichtlinien
- Wiss. Begleitung der Umsetzung bzw. Auswertung des Programmerfolgs

*Fachliche Betreuung des Themas „Energie“ im Leitfaden nachhaltiges Bauen des BMVBS*

*Wissenschaftliche Begleitung des Einsatzes von innovativen Technologien im Bereich Hochbau (z. B. Phasenwechselmaterialien, Vakuumisolierung etc.) sowie im Bereich Technische Gebäudeausrüstung (z. B. LED-Beleuchtung, Brennstoffzelle etc.)*

*Vertretung des BMVBS in Gremien*

*Unterstützung des BMVBS bei Öffentlichkeitsarbeit*

Die Definition der energetischen Ziele in einer konkreten Baumaßnahme erfolgt über ein energetisches Pflichtenheft. Hierin wird auf die einzuhaltenden Rahmenbe-

dingungen (thermische Behaglichkeit, Luftqualität, Beleuchtungsstärken etc.) sowie energetischen Kenngrößen eingegangen, zudem werden die Anforderungen an die energetische Güte der zu entwickelnden Technikkonzepte formuliert. Außerdem werden in dem Pflichtenheft die Verantwortlichkeiten innerhalb des Projektes benannt sowie die jeweiligen Nachweismethoden und -zeitpunkte aufgeführt. Das Instrument eines energetischen Pflichtenheftes hat sich in der Vergangenheit sehr gut bewährt. Deshalb und weil sich die Tätigkeit des Bundes-Energiebeauftragten aus Kapazitätsgründen auf ausgewählte Baumaßnahmen des Bundes beschränkt, wurde ein energetisches Muster-Pflichtenheft in den Anhang des Leitfadens Nachhaltiges Bauen aufgenommen. In Anlage 4 des Leitfadens ist nunmehr eine Vorlage enthalten, auf deren Basis ein energetisches Pflichtenheft für jede Bundes-Baumaßnahme erstellt werden kann. Mit dem energetischen Pflichtenheft werden wesentliche Kennwerte für eine bestimmte Baumaßnahme vorgegeben, die es in der Planung zu berücksichtigen gilt und an denen sich die Planung messen lassen muss. Dabei wird im Regelfall mit Grenzwerten, die in jedem Fall eingehalten werden müssen, und mit Zielwerten gearbeitet. Die Zielwerte zeigen das Potenzial auf, in welchem Maß die Planung optimiert werden sollte. Die wesentlichen Kennwerte sind insbesondere:

- Jahres-Primärenergiebedarf,
- energetische Qualität der Bauteile der wärmeübertragenden Umfassungsfläche,
- Jahres-Elektroenergiebedarf.

Die Anforderungen an die beiden erstgenannten Kriterien richten sich an den jeweils aktuellen energetischen Zielstellungen der Bundesregierung aus. Derzeit ist diesbezüglich ein Erlass des BMVBS (B-12-8133.2/3 vom 03.03.2011) in Kraft. Darin werden folgende Anforderungen formuliert (Tabelle 2):

Bezüglich der Anwendung der Anforderungen aus Tabelle 2 heißt es im Erlass (B-12-8133.2/3): „Die Anforderungswerte [...] gelten im Falle von Neubauten sowie bei Änderung, Erweiterung und Ausbau sowie größeren Sanierungen von Bestandsgebäuden, wenn die Erfüllung der EnEV-Anforderungen über den Nachweis der Einhaltung des Jahres-Primärenergiebedarfs und der Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche erfolgt (EnEV 2009, § 9, Absatz 1, Satz 2). Erfolgt der Nachweis der Erfüllung der EnEV-Anforderungen im Falle der Änderung, der Erweiterung und des Ausbaus sowie bei größeren Sanierungen von Bestandsgebäuden anhand der Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (EnEV 2009, Anlage 3, Tabelle 1), so sind die dort genannten Werte zu unterschreiten, soweit wirtschaftlich vertretbar ist.“

Die energetischen Kennwerte für den Elektroenergiebedarf werden im Rahmen des energetischen Muster-Pflichtenheftes auf der Basis von Teilenergiekennwerten ermittelt. Dabei werden sowohl der Energiebedarf

**Tabelle 2.** Auszug aus dem Erlass (B-12-8133.2/3) zur energetischen Vorbildwirkung Bundesbau

Unterschreitung der EnEV-Anforderung (Bezug: EnEV 2009)	
Jahres- Primärenergiebedarf	-20% (-30% bei Bezug von Fernwärme)
(1)	Der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient [W/8 m <sup>2</sup> K] ist als spezifischer Kennwert der gesamten wärmeübertragenden Umfassungsfläche des Gebäudes zu verstehen und ein Maß für deren energetische Güte. Er ist gemäß EnEV 2009 (Anlage 2, Nummer 2.3) anhand der vorgesehenen U-Werte der einzelnen Bauteile und deren Fläche zu ermitteln.
(2)	Die Anforderung bezieht sich auf die Gesamtheit von opaken und transparenten Bauteilen der wärmeübertragenden Umfassungsfläche eines Gebäudes. Das Erreichen des vorgenannten Ziels für die gesamte Gebäudehülle ist durch eine kostenoptimale energetische Verbesserung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle sicherzustellen. Das heißt, dass eine gegebenenfalls unwirtschaftliche Zielerreichung bei einem Bauteil durch die wirtschaftliche energetische Verbesserung eines anderen Bauteils kompensiert werden soll. Der Bezugswert hinsichtlich der Unterschreitungsanforderung ist, in gleicher Weise wie unter (1) benannt, anhand der Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten aus der EnEV 2009 (Anlage 2, Tabelle 2) und den spezifischen Bauteilflächen des realen Gebäudes zu ermitteln.

für die EnEV-relevanten Prozesse, wie Heizung, Lüftung, Kühlung, Beleuchtung und Warmwasserbereitung, als auch der nutzerbedingte Elektroenergiebedarf, bspw. für Computer, Teeküchen etc., betrachtet. Somit ist bereits während der Planungsphase darstellbar, welchen Anteil der Nutzer mit seinem Handeln und seiner Beschaffungsstrategie am gesamten Elektroenergiebedarf eines Gebäudes haben wird. Hierüber gelingt es zunehmend, auch den Nutzer in die Bemühungen zur Reduzierung des Energiebedarfs einzubeziehen.

Die im energetischen Muster-Pflichtenheft aufgeführten Teilenergiekennwerte wurden der VDI 3807, Teil 4 (2008) [21] sowie der SIA 380/4 (2006) [22] entnommen. Der Vorteil der Daten aus der VDI 3807 ist, dass es sich um gemessene Werte handelt. Zudem werden technologische Lösungen zum Erreichen der aufgeführten Werte benannt. Hierdurch werden die abstrakten Anforderungen aus den jeweils genannten energetischen Kennwerten auf reale bautechnische Komponenten heruntergebrochen und somit das praktische Erfüllen der Anforderungen oder die Einschätzung des erreichten Planungsstandes erleichtert. Mit der im energetischen Pflichtenheft detailliert dargestellten Herleitung des jeweiligen Grenz- und Zielwertes für den Elektroenergiebedarf wird ein hohes Maß an Trans-

parenz erreicht, wodurch die Akzeptanz der geforderten Kennwerte, aber auch die Identifikation mit der Planungsaufgabe erhöht werden sollen.

Tabelle 3 enthält energetische Kennwerte für den Elektroenergiebedarf, wie sie für Bundesbauten im energetischen Muster-Pflichtenheft benannt sind. Die Aufstellung bezieht sich auf Gebäude, deren Hauptnutzung eine Büronutzung ist. Bei den genannten Grenz- und Zielwerten wird sowohl zwischen verschiedenen Hauptnutzungsanteilen als auch zwischen unterschiedlichen technischen Ausstattungsgraden unterschieden. Neben der Tabelle enthält das energetische Muster-Pflichtenheft auch die Berechnungsblätter aller dargestellten Kennwerte. In analoger Weise kann auf dieser Basis für eine konkrete Baumaßnahme ein spezifischer Grenz- und Zielwert ermittelt werden.

Mit den Planungsvorgaben aus dem energetischen Pflichtenheft sollen natürlich nicht nur der Energiebedarf des Gebäudes gesenkt, sondern auch dessen Emissionen an klimaschädigenden Gasen reduziert werden. Die aktuellen Ziele der Bundesregierung hierzu stammen aus dem „Maßnahmenprogramm Nachhaltigkeit“ [23], welches am 06.10.2010 vom Staatssekretärsausschuss für nachhaltige Entwicklung beschlossen wurde. Darin wird formuliert, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Gebäuden im Geschäftsbereich der Bundesregierung gegenüber dem Wert von 1990 halbiert werden sollen. Derzeit weist der aktuelle Energie- und CO<sub>2</sub>-Bericht eine entsprechende Reduzierung um etwa 60% aus.

Um dem Aspekt der Emissionsreduzierung klimaschädigender Gase einen besonderen Wert zu geben, wird im energetischen Pflichtenheft vorgeschrieben, in den planungsbegleitenden Wirtschaftlichkeitsberechnungen auch einen monetären Ansatz für die Klimafolgenvermeidung vorzusehen. Derzeit sind hier 70,- €/t<sub>CO2</sub> zu berücksichtigen, womit einer Empfehlung des Umweltbundesamtes [24] gefolgt wird.

Die künftigen Ziele der Bundesregierung im Bereich des Energie sparenden Bauens finden sich in [23] und den Beschlüssen der Bundesregierung zum Energiekonzept, die im Eckpunktepapier „Der Weg zur Energie der Zukunft – sicher, bezahlbar und umweltfreundlich“ [25] aufgeführt sind. Darin heißt es, dass der Gebäudebestand bis 2050 klimaneutral werden soll und die neu zu errichtenden Gebäude ab 2012 die Kriterien des Niedrigstenergiestandards erfüllen sollen.

Um die energetische Qualität der Bestandsgebäude zu verbessern, ist noch in der laufenden Legislaturperiode ein energetischer Sanierungsfahrplan zu entwickeln. Mit diesem Sanierungsfahrplan sind der Wärmebedarf der Gebäude im Geschäftsbereich der Bundesregierung um 20% bis 2020 und der Primärenergiebedarf in der Größenordnung von 80% bis 2050 zu senken. Diese ambitionierte Aufgabe wird mit einer deutlichen Erhöhung der jährlichen Sanierungsrate verbunden sein. Auf Basis der bereits vorliegenden Studien zu diesem Sanierungsfahrplan ist bereits jetzt davon auszugehen, dass die Sanierungsrate mindestens auf den in der kürzlich verabschiedeten EU-Energieeffizienzrichtlinie [26]

**Tabelle 3.** Beispiele für Grenz- und Zielwerte des Elektroenergiebedarfes für Bundesbauten

Bürogebäude	Anteil Hauptnutzung	Zielwerte	Grenzwerte
		kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/(m <sup>2</sup> a)
		NGF <sup>1)</sup>	NGF <sup>1)</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Hauptnutzung: Einzel- und Gruppenbüros (max. 6 Arbeitsplätze)</li> <li>– „helle“ Arbeitsplätze (hier: Fenster-/Bodenflächen-Verhältnis min. 30 %)</li> <li>– geringer Anteil ventilatorgestützte Lüftung (hier: Besprechung und WC)</li> <li>– geringer Anteil Kühlung (hier: Besprechung und Serverraum)</li> <li>– geringer Anteil EDV-Großgeräte (Serverraum)</li> <li>– normale Geräteausstattung bzw. Betriebseinrichtungen</li> <li>– Cafeteria</li> </ul>	ca. 33 %	15	27,5
	ca. 50 %	20	37,5
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Hauptnutzung: Einzel- und Gruppenbüros (max. 6 Arbeitsplätze)</li> <li>– „helle“ Arbeitsplätze (hier: Fenster-/Bodenflächen-Verhältnis min. 30 %)</li> <li>– höherer Anteil ventilatorgestützte Lüftung (hier: Besprechung, WC, Küche, Kantine)</li> <li>– geringer Anteil Kühlung (hier: Besprechung, Serverraum)</li> <li>– mittlerer Anteil EDV-Großgeräte (Serverraum)</li> <li>– höhere Geräteausstattung bzw. Betriebseinrichtungen</li> <li>– Küche/Kantine</li> </ul>	ca. 30 %	25	45
	ca. 50 %	35	60
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Hauptnutzung: Einzel- und Gruppenbüros (max. 6 Arbeitsplätze)</li> <li>– „helle“ Arbeitsplätze (hier: Fenster-/Bodenflächen-Verhältnis min. 30 %)</li> <li>– höherer Anteil ventilatorgestützte Lüftung (hier: Besprechung, WC, Küche, Kantine, Büro)</li> <li>– höherer Anteil Kühlung (hier: Besprechung, Serverraum, Büro)</li> <li>– hoher Anteil EDV-Großgeräte (Serverraum)</li> <li>– höhere Geräteausstattung bzw. Betriebseinrichtungen</li> <li>– Küche/Kantine</li> </ul>	ca. 33 %	40	65
	ca. 50 %	50	85

1) für Umrechnung auf BGF-Bezug:  $NGF/BGF = 0,87$

für Gebäude der jeweiligen nationalen Zentralregierung geforderten Wert von jährlich 3 % steigen wird.

Für ihre neu zu errichtenden Gebäude strebt die Bundesregierung den Niedrigstenergiestandard an. Dieser Beschluss gilt im Grundsatz bereits jetzt, jedoch ist der benannte Standard erst noch zu definieren. Bei der Definition werden mit Sicherheit auch die Erfahrungen aus einem aktuellen Pilotprojekt im Bundesbau einfließen. In diesem Projekt wird in Berlin ein erstes klimaneutrales Gebäude für Zwecke des Bundes errichtet. Hierbei wurde das Planungskonzept des „Netto-Nullenergiehauses“ verfolgt, bei dem der Jahres-Energiebedarf des Gebäudes durch den Jahres-Energieertrag aus der Nutzung erneuerbarer Energien am Gebäude vollständig gedeckt wird.

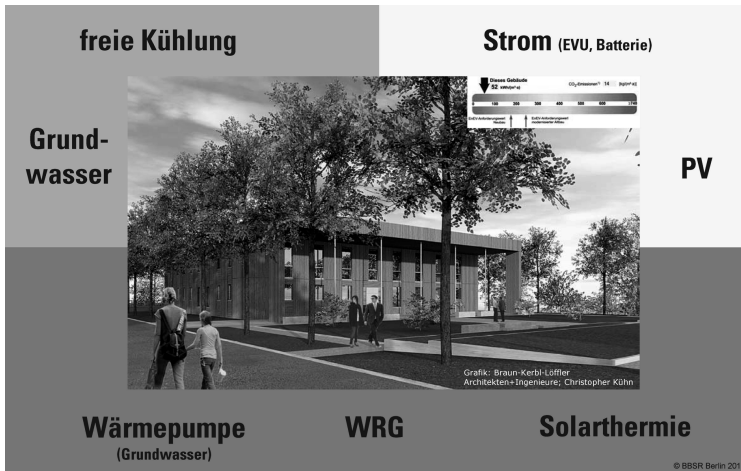
Es wird demnach eine ausgeglichene Jahresbilanz hinsichtlich des Energieertrags und des Energiebedarfs angestrebt, nicht hingegen eine zu jedem Zeitpunkt ausgeglichene Bilanz.

Das Gebäude wird nach seiner Fertigstellung durch das Umweltbundesamt genutzt werden. Der Projekttitle der Baumaßnahme „UBA 2019“ berücksichtigt aber nicht nur den späteren Nutzer, sondern gibt auch einen

Hinweis auf die Ausgangsbasis bei der Projektplanung. Zeitgleich mit der Entscheidung für eine Neubaumaßnahme im Jahr 2009 wurde auf europäischer Ebene über die nunmehr in Kraft getretene EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (2010/31/EU) [27] diskutiert. Es war absehbar, dass mit dieser Richtlinie zukünftige Anforderungen an neu zu errichtende Gebäude formuliert werden. Die Anforderungen an öffentliche Gebäude, ab dem Jahr 2019 den jeweiligen nationalen Niedrigstenergiestandard erfüllen zu müssen, wurden in das Projekt übertragen und als wesentliche Planungsaufgabe definiert. In Ermangelung einer bestehenden nationalen Definition dieses energetischen Standards wurde entschieden, sowohl den nutzungsbedingten als auch den nutzerbedingten Energiebedarf des Gebäudes bei der Bilanzierung zu berücksichtigen.

Das strategische Herangehen zur Lösung der Planungsaufgabe ist wiederum davon geprägt, dass

1. der Energiebedarf des Gebäudes zuerst durch bauliche Maßnahmen minimiert wird und dann
2. der verbliebene Energiebedarf weitgehend durch die Nutzung erneuerbarer Energien gedeckt wird.



**Bild 9.** Energieversorgungskonzept „UBA 2019“; Umweltbundesamt in Berlin (WRG – Wärmerückgewinnung, PV – Photovoltaik); Grafik: Braun-Kerbl-Löffler Architekten + Ingenieure; Christopher Kühn

Die energetische Güte der Gebäudehülle entspricht der eines Passivhauses. Die U-Werte der Bauteile sind wie folgt:

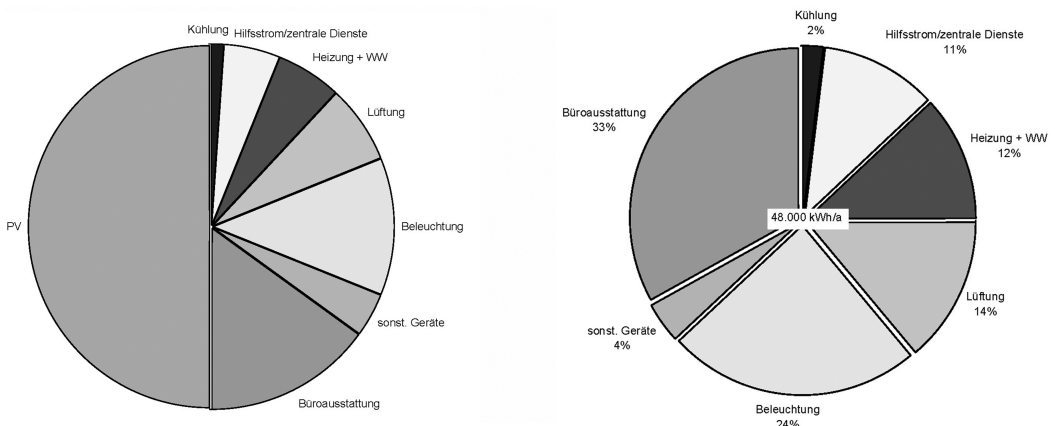
- Außenwand (vorgefertigte Holzelementtafeln mit Zellulosedämmung): 0,12 W/(m<sup>2</sup>K);
- Dach (Flachdach mit Zellulosedämmung): 0,06 W/(m<sup>2</sup>K);
- Bodenplatte (Beton mit Schaumglas und PUR/PIR): 0,09 W/(m<sup>2</sup>K);
- Fenster (3-fach Verglasung mit integriertem Sonnenschutz): 0,71 W/(m<sup>2</sup>K).

Das vorgesehene Energieversorgungskonzept des Gebäudes ist in Bild 9 dargestellt. Das Gebäude selbst verfügt lediglich über einen Anschluss an das Energienetz des Stromversorgers. Über diese Schnittstelle werden überschüssige Energieerträge aus der PV-Anlage in das Netz eingespeist oder eine etwaige regenerative Unterdeckung des Energiebedarfs ausgeglichen.

Die Jahres-Energiebilanz des Gebäudes für den Bereich „Elektroenergie“ ist in Bild 10 gezeigt. Dem Bild ist

auch zu entnehmen, wie sich der Energiebedarf auf die verschiedenen Bedarfsträger aufteilt. Das Bild macht deutlich, dass in der Jahresbilanz auch die Energiebedarfe der nutzerbedingten Verbraucher, wie beispielsweise PC oder Teeküchen, berücksichtigt wurden. Den errechneten etwa 48 000 kWh Jahresbedarf an elektrischer Energie steht eine PV-Anlage mit etwa 65 kWPeak installierter Leistung und einem erwarteten Jahresertrag von etwa 53 000 kWh gegenüber. Die Differenz zwischen dem errechneten Bedarf und dem prognostizierten Ertrag ist der vollständigen Ausnutzung der bestehenden Dachfläche für die Installation der PV-Anlage geschuldet. Hierdurch werden nunmehr formal sogar die Anforderungen an ein „Netto-Effizienzhaus Plus“ erfüllt, also ein Überschuss an Energie erzeugt.

Für das Gebäude ist ein umfangreiches mehrjähriges Monitoring vorgesehen. Dies berührt insbesondere energetische Belange, aber auch Aspekte der Nachhaltigkeit. Die Baumaßnahme wird 2013 fertiggestellt.



**Bild 10.** Jahres-Elektroenergiebilanz „UBA 2019“; Umweltbundesamt in Berlin



## 6 Maßnahmen zur praktischen Umsetzung von BNB und Leitfaden Nachhaltiges Bauen

### 6.1 Arbeit und Ausbildung des BNB-Nachhaltigkeitskoordinators

Parallel zur Einführung des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen in den Bundesbau, wird nunmehr die Bundesbauverwaltung mit der Umsetzung der Nachhaltigkeitsanforderungen bei zivilen Neubauten des Bundes konfrontiert. Es stellt sich dabei die Frage, ob die Anforderungen an eine Nachhaltigkeitskoordination im Sinne der Umsetzung des Leitfadens Nachhaltiges Bauen grundsätzlich als interne Eigenleistung der Bauverwaltung oder als externe Dienstleistung durch freiberuflich Tätige zu erfolgen hat. Neben den reinen Inhalten des Leitfadens und des Bewertungssystems sowie den darauf aufbauenden Nachweisen, ist der Bundesbau im Speziellen durch die Umsetzungen der Richtlinien für die Durchführung von Bauaufgaben des Bundes gekennzeichnet. Die RBBau beschreibt dem Grunde nach den Projektablauf von der Bedarfsermittlung bis hin zur Dokumentation des errichteten Gebäudes und ist von allen Bundesbau-

verwaltungen verbindlich anzuwenden. Die logische Konsequenz einer Nachhaltigkeitskoordination ist somit die Berücksichtigung der festgelegten Prozesse in der RBBau in Abstimmung mit den Anforderungen und Nachweisschritten des Leitfadens Nachhaltiges Bauen.

Um diese Zusammenhänge bestmöglich in Harmonie zu bringen, wurde seit 2011 ein Curriculum zur Ausbildung von BNB-Nachhaltigkeitskoordinatoren entwickelt und ein Ausbildungsprozess in allen Bundesbauverwaltungen ins Leben gerufen. Primär richtet sich die Ausbildung, die aus mehreren aufeinander aufbauenden Lehrmodulen besteht, an die Projektleitungen, da diese sämtliche Projektphasen direkt begleiten. Die Ausbildung besteht aus insgesamt vier Lehrmodulen, einem Grundlagenmodul und drei Fachmodulen zur Anwendung des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen, die an jeweils zwei Tagen unterrichtet werden. Das erlernte Wissen muss für ein erfolgreiches Bestehen der Ausbildung über eine praktische Hausarbeit sowie eine mündliche und schriftliche Prüfung nachgewiesen werden. Bisher haben bereits über 140 Mitarbeiter der Bundesbauverwaltungen die Ausbildung erfolgreich absolviert und wenden das erlernte Wissen in verschiedensten Projekten des Bundes an.

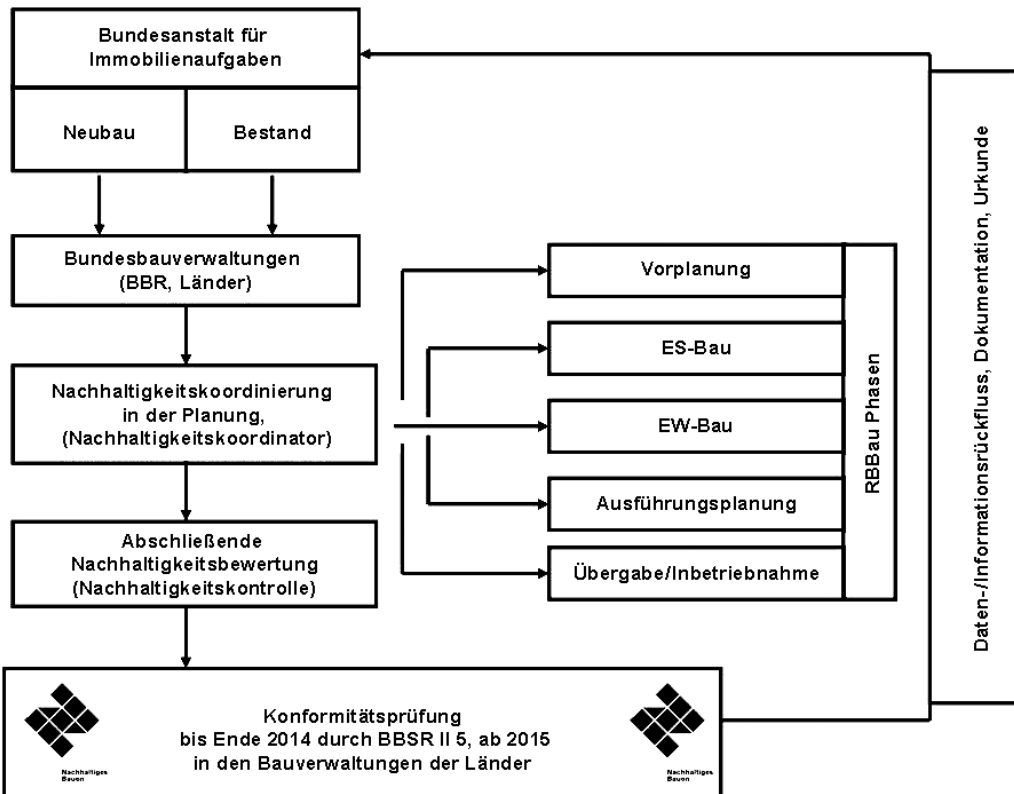


Bild 11. Konzept Nachhaltigkeitskoordination Bundesbau

Parallel zu den Ausbildungen im Bereich der Bundesbauverwaltungen haben seit dem Jahr 2011 erste, im privatrechtlichen Bereich agierende Ausbildungsträger wie z. B. die Architektenkammer Berlin, die Ingenieurkammer Sachsen oder das Steinbeis Transfer Institut in Dresden ein Ausbildungsangebot auf Basis des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen im Aufbau bzw. aktuell im Fortbildungsangebot, so dass Freiberuflern ebenfalls der Zugang zum Bewertungssystem ermöglicht wird.

## 6.2 Netzwerk Nachhaltiger Bundesbau

Neben der reinen Ausbildung steht für die Bundesbauabteilungen auch die Vernetzung der aus den Nachhaltigkeitskoordinierungen abgeleiteten Erkenntnisse im Fokus. Mit dem „Netzwerk Nachhaltiger Bundesbau“ als Submenü des Informationsportals Nachhaltiges Bauen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung wird derzeit eine interne Arbeitsplattform für die ausgebildeten Nachhaltigkeitskoordinatoren aufgebaut. Ziel ist, zukünftig den hohen Informationstransfer zu laufenden Bundesbaumaßnahmen – wie z. B. Pilotprojekten im Niedrigstenergiehausstandard oder im Auslandsbau – bestmöglich verfügbar zu machen und inhaltliche Fragestellungen zur Umsetzung des Bewertungssystems in der Praxis mit allen Bundesbauabteilungen der Bundesländer übergreifend diskutieren zu können.

## 6.3 Aktuelle Bauprojekte mit BNB-Relevanz

Um der Vorbildrolle des Bundes gerecht zu werden, muss neben der Erarbeitung der theoretischen Grundlagen zur Nachhaltigkeit von Bauwerken sowie der damit einhergehenden Ausbildung von Nachhaltigkeitskoordinatoren die praktische Umsetzung der im Leitfaden Nachhaltiges Bauen verbindlich definierten Anforderungen – Mindestniveau Silber im Neubau – an konkreten Bauvorhaben vorangetrieben werden.

### 6.3.1 BNB-Projekte

Derzeit befinden sich folgende Verwaltungsgebäude in Planung und Ausführung:

- Bundesministerium für Bildung und Forschung in Berlin,
- Ersatzneubau Umweltbundesamt „UBA 2019“ Berlin,
- Erweiterungsneubau und Bestandssanierung Umweltbundesamt Berlin,
- Erweiterungsneubau UN-Campus in Bonn,
- Erweiterungsneubau Bundesamt für Justiz Bonn,
- Erweiterungsbau Umweltbundesamt in Dessau-Roßlau,
- Erweiterungsbau Bundesamt für Strahlenschutz in Salzgitter und
- Erweiterungsbau Bundesministerium für Arbeit und Soziales in Berlin.

Darüber hinaus wird das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen freiwillig bei Baumaßnahmen angewendet, für die die aktuelle Erlasslage des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung bisher noch keine Regelungen getroffen hat:

- Neubau Vorstandsgebäude Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Zuwendungsbaumaßnahme) in Köln,
  - Ersatzneubau Umweltbundesamt Messstation „Schauinsland“,
  - Neubau Umweltbundesamt Messstation „Zingst“ und die
  - Sanierung der Deutschen Botschaft in Washington.
- Es ist eine hohe Motivation erkennbar, nachhaltige Gebäude zu errichten – so streben derzeit ca. die Hälfte der aktuellen Projekte das Ziel eines BNB-Erfüllungsgrades über 80 % – Gold-Niveau – an. Das Vorbild des Bundes zeigt Wirkung. So bekommt der derzeit hinsichtlich Nachhaltigkeitsbewertungen bei den öffentlichen Bauverwaltungen Deutschlands quantitativ noch führende Bundesbau durch freiwillige Landesbaumaßnahmen seit 2012 erste Konkurrenz. Auch im Bereich der Bundesländer werden erste Aktivitäten zur Umsetzung von Baumaßnahmen initiiert sowie die Fragen zur vereinheitlichten Regelfindung beim Ausschuss Staatlicher Hochbau in eigens dafür eingerichteten Projektgruppen diskutiert.

### 6.3.2 Nachhaltigkeitskoordinierung Umweltbundesamt Berlin

Wie im Abschnitt 5 „Nachhaltigkeitsindikator Energie“ erwähnt, errichtet das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung für das Umweltbundesamt in Berlin das erste „Netto-Nullenergiehaus“ des Bundes. Parallel zu den beschriebenen energetischen Zielforderungen wurden für das Gebäude die freiwillige Anwendung des Leitfadens Nachhaltiges Bauen sowie die Umsetzung des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen mit dem Nutzer vereinbart. Zielforderung ist die maximale Umsetzung der Nachhaltigkeitskriterien im obersten Silberniveau und – wenn möglich – die Erreichung des Goldstandards nach BNB Version 2009\_4. Mit Beginn der Planungsphase erfolgt seit Januar 2010 die Nachhaltigkeitskoordinierung durch interne Mitarbeiter im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.

Aufgrund der sehr hohen energetischen Anforderungen an das Gebäude einerseits und der besonderen Anforderungen an die Nutzungsqualitäten andererseits, ergab die Bestimmung des Gesamterfüllungsgrades des Entwurfes zum Zeitpunkt der ES-Bau – im Leitfaden Nachhaltiges Bauen auch mit „Pre-Check“ bezeichnet – ein hohes Silberniveau. Die Detailbeurteilung ist dem Bericht zur Bewertung der Nachhaltigkeit mit Stand ES-Bau, Anlage 8 des Leitfadens Nachhaltiges Bauen [1], zu entnehmen.

Mit Vertiefung der Planungsdetails liegt der prognostizierte Gesamterfüllungsgrad des Gebäudes (dargestellt

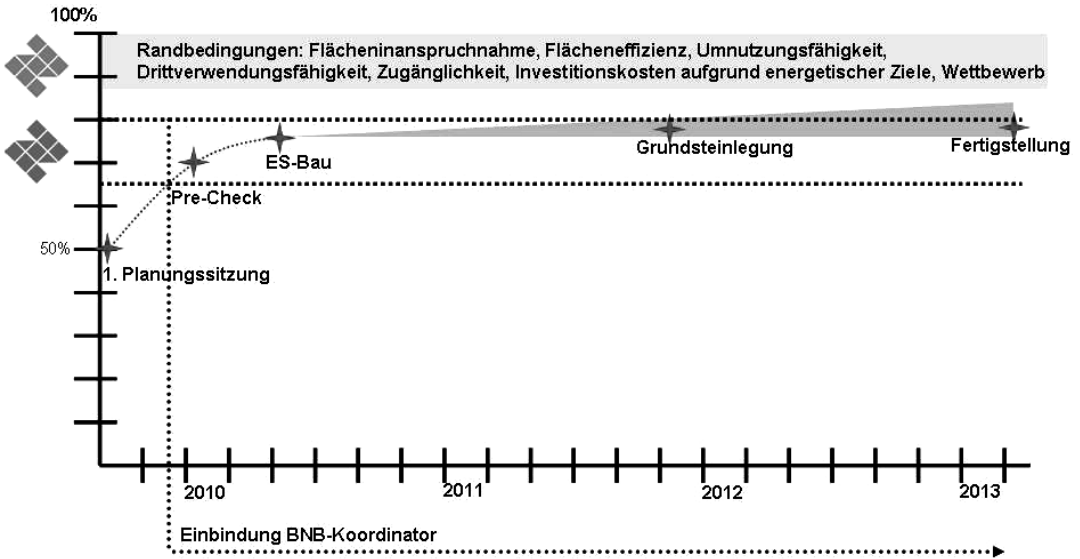


Bild 12. Entwicklung des Gesamterfüllungsgrads Umweltbundesamt über die Planungs- und Ausführungsphasen

im Bild 12) bei rund 78 % mit Option auf weitere 2 bis maximal 4 %.

Die Bewertung der vierzig bauwerksrelevanten Nachhaltigkeitskriterien sowie der sechs Standortmerkmale wird mit fortschreitender Planung und Ausführung sukzessiv durch den Nachhaltigkeitskoordinator aktualisiert.

Das Beispiel einer ökobilanziellen Variantenuntersuchung am Bauteil des Flachdaches soll die nunmehr im Bundesbau Einzug haltende Betrachtungstiefe und die daraus resultierenden Entscheidungsprozesse verdeutlichen.

### Randbedingungen an das Flachdach

Bedingt durch den Wunsch der Ausführung eines Gründaches in Kombination mit einer relativ flächenintensiven Photovoltaik-Anlage und den hohen energetischen Anforderungen bezüglich des U-Wertes des Bauteils, waren die konstruktiven Varianten Holzkonstruktion mit Aufdämmung aus Hochleistungsdämmstoffen (favorisierter Planungsvorschlag) oder alternativ eine Holzkonstruktion mit Zwischendämmung zu untersuchen. Weitere Randbedingungen waren zudem die Sicherstellung der Entwässerungsgefälle aufgrund relativ langer Entwässerungswege, die aus dem Gefälle re-

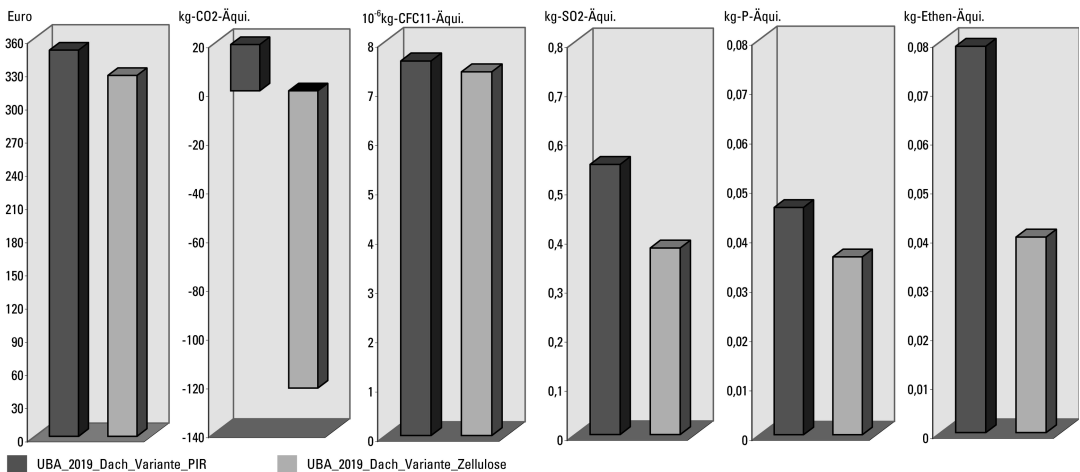


Bild 13. Durchführung einer ökobilanziellen Variantenuntersuchung am Bauteil Flachdach gerechnet mit der Software LEGEP

sultierende Bauteilhöhe sowie die Umsetzung der konstruktiven Lösung mit einer Holztragkonstruktion, da es sich bei dem Gebäude um ein Gebäude mit Holztragwerk handelt. Die Dimensionierung der Materialschichten wurde so gewählt, dass die Bauteilvarianten identische U-Werte aufweisen. Somit ist die Vergleichbarkeit der funktionellen Einheit – ein m<sup>2</sup>-Flachdach – sichergestellt.

Zur Vereinfachung wurden in die Bilanzierung nur die Bereiche aufgenommen, die nicht identisch in ihrer Ausführung waren, d. h., der Aufbau des Gründaches sowie die installierte Photovoltaikanlage sind in den berechneten Umweltwirkungen des Bildes 13 nicht enthalten. Die ökobilanzielle Auswertung hat dabei ergeben, dass der Einsatz einer Zelluloseschüttung bei dieser konkreten Baumaßnahme in Holzbauweise, in allen zu berechnenden Umweltwirkungen

- dem Treibhauspotenzial,
- dem Versauerungspotenzial,
- dem Überdüngungspotenzial,
- dem Ozonschichtzerstörungspotenzial sowie
- dem Ozonbildungspotenzial

geringere Beiträge an Umweltlasten erzeugt. Das sehr eindeutige Ergebnis ist dabei auf den Herstellungsprozess der Zelluloseschüttung als eigentliches Recyclingprodukt zurückzuführen. In Kombination mit den zudem leicht geringeren Investitionskosten, fiel die Entscheidung für die Ausführung der Variante „Zellulose“.

## 7 Ausblick

Aus Sicht der Bundesregierung – besonders aus Sicht der für das Bauwesen zuständigen Ressorts – wurden in den vergangenen Jahren erste wesentliche Schritte für die Umsetzung der vorgehend beschriebenen Nachhaltigkeitsaspekte auf den Weg gebracht.

Speziell der Hochbau hat mit den nun zur Verfügung stehenden Rahmendokumenten und Nachweismethoden einen „Werkzeugkasten“ zur Umsetzung der zukünftigen Anforderungen zur Verfügung. Die erarbeiteten Methoden wurden evaluiert und verfeinert, so dass eine Übertragung in andere Nutzungsvarianten im Hochbau, aber auch weitere Bereiche des Bauwesens, wie z. B. den Tiefbau, den Wasserwegebau oder die infrastrukturellen Baumaßnahmen, ansteht.

Wichtig bei den zukünftigen Entwicklungen ist das Ziel von vergleichbaren Inhalten und Begrifflichkeiten, damit eine hohe Transparenz und Verständlichkeit gewahrt bleibt. Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung sowie die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen werben deshalb für einen gemeinsamen methodischen Ansatz in Deutschland.

Neben dem Hochbau ist es darüber hinaus von größter Bedeutung, diesen Gedanken der ganzheitlichen Betrachtung und Bewertung langfristig auf sämtliche Bauwerke anwenden zu können, um die ruhenden Optimierungspotenziale der Bauwerke sinnvoll zu aktivieren. Dabei müssen Fragen zu notwendigen oder nicht not-

wendigen Abgrenzungen unterschiedlicher Systemprofile, wie z. B. Außenanlagen zu Gebäuden oder Liegenschaften zu städtebaulichen Fragen, erörtert und in Lösungsansätze überführt werden.

Bedingt durch den stetigen demografischen Wandel in Deutschland, die sich verändernden klimabedingten Anforderungen, neue Anforderungen an Bauprodukte oder aber zukünftige energetische Qualitäten von Gebäuden, geregelt in EU-Verordnungen, muss das Bauwesen in seinen Teilbereichen auf seine Anpassungsfähigkeit hin neu durchdacht werden. Diesen zukünftigen Aufgaben für das Bauwesen stellt sich das BMVBS mit seiner Forschungsinitiative ZukunftBau, um durch gezielte Grundlagenforschung die wissenschaftliche Basis für das nächste Jahrzehnt der Entwicklungen zu legen.

Darüber hinaus wurde die Evaluierung der bisherigen eingeleiteten Maßnahmen im Bereich Bundesbau für den Zeitraum von 2011 bis Ende 2014 im Maßnahmenprogramm Nachhaltigkeit des Staatssekretärsausschuss für nachhaltige Entwicklung [23] verbindlich verankert.

## 8 Literatur

[1] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hrsg.): Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Berlin, 2011.

[2] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS): Erlass des BMVBS vom 3. März 2011, Az. B13-8141.7/2, Richtlinien für die Durchführung von Bauaufgaben des Bundes (RBBau) – Einführung des Leitfadens Nachhaltiges Bauen (Not-Nr. 2010/554/D), Berlin, 2011.

[3] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS): Erlass des BMVBS vom 14. Mai 2012, Az. B13-8141.7/2, Leitfaden Nachhaltiges Bauen – Umsetzung im Bundesbau, Berlin, 2012.

[4] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hrsg.): Richtlinien für die Durchführung von Bauaufgaben des Bundes (RBBau); 19. Austauschlieferung; Runderlass vom 09.03.2009.

[5] Brundtland-Report „Our Common Future“, United Nations Organization (UNO), 1987.

[6] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) (Hrsg.): Leitfaden Nachhaltiges Bauen; Berlin, 2001.

[7] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.): BBSR-Berichte KOMPAKT; Nachhaltiges Bauen – Strategien/Methodik/Praxis, Ausgabe 14/2010, Bonn, 2010.

[8] Bausteine für ein zukünftiges nachhaltiges Regierungsprogramm 2008/2009.

[9] DIN EN 15643-2:2011-05 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden – Teil 2:

Rahmenbedingungen für die Bewertung der umweltbezogenen Qualität.

[10] Nationale Nachhaltigkeitsstrategie (durch die Bundesregierung verabschiedet am 17. April 2002), Internet [www.nationale-nachhaltigkeitsstrategie.de](http://www.nationale-nachhaltigkeitsstrategie.de).

[11] DIN EN ISO 14040:2009-11 Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006).

[12] Deutsche Anpassungsstrategie (DAS) (durch das Bundeskabinett verabschiedet am 17. Dezember 2008), Internet <http://www.bmu.de/klimaschutz/downloads/doc/42783.php>.

[13] Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (Prog Ress) (durch das Bundeskabinett verabschiedet am 29. Februar 2012), Internet [http://www.bmu.de/wirtschaft-\\_und\\_umwelt/ressourceneffizienz/ressourceneffizienzprogramm/doc/47841.php](http://www.bmu.de/wirtschaft-_und_umwelt/ressourceneffizienz/ressourceneffizienzprogramm/doc/47841.php).

[14] Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates (Bauproduktenverordnung), Internet <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:088:0005:0043:DE:PDF> (Stand 30. 10. 2012).

[15] DIN 276-1:2008-12 Kosten im Bauwesen – Teil 1: Hochbau.

[16] ÖKOBAU.DAT, Datenbank; Internet [www.nachhaltigesbauen.de](http://www.nachhaltigesbauen.de).

[17] „Nutzungsdauern von Bauteilen zur Lebenszyklusanalyse nach BNB“, Internet [www.nachhaltigesbauen.de](http://www.nachhaltigesbauen.de).

[18] DIN EN 15804:2012-04 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte.

[19] Richtlinie 98/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Februar 1998 über das Inverkehrbringen von Biozid-Produkten (Biozid-Richtlinie), Internet [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/de/oj/1998/l\\_123/l\\_12319980424de00010063.pdf](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/de/oj/1998/l_123/l_12319980424de00010063.pdf) (Stand 30. 10. 2012).

[20] CLP/REACH (Classification, Labeling and Packaging of Substances and Mixture/Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals), Internet <http://www.reach-clp-helpdesk.de/de/Startseite.html> (Stand 30. 10. 2012).

[21] VDI 3807 Blatt 4:2008-08 Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude – Teilkennwerte elektrische Energie.

[22] SIA 380/4:2006 Elektrische Energie im Hochbau.

[23] Staatssekretärsausschuss für nachhaltige Entwicklung: „Nachhaltigkeit konkret im Verwaltungshandeln umsetzen – Maßnahmenprogramm Nachhaltigkeit“, 06. 12. 2010.

[24] Umweltbundesamt: „Ökonomische Bewertung von Umweltschäden – Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten“, 2007.

[25] BMWi/BMU: Eckpunktepapier „Der Weg zur Energie der Zukunft – sicher, bezahlbar und umweltfreundlich“, 06. 06. 2011.

[26] EU-Kommission: Richtlinie 2012/27/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über Energieeffizienz vom 25. 10. 2012, 2012.

[27] EU-Kommission: Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. 05. 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, 2010.

