

# Nachhaltiges Bauen –

## Umwelttechnologieeinsatz und Ressourceneffizienz bei Sanierung und Neubau



An **Hessen** führt kein Weg vorbei.



# **Nachhaltiges Bauen –**

**Umwelttechnologieeinsatz und Ressourceneffizienz  
bei Sanierung und Neubau**

# Impressum

## Nachhaltiges Bauen – Umwelttechnologieeinsatz und Ressourceneffizienz bei Sanierung und Neubau

Eine Veröffentlichung im Rahmen der Schriftenreihe der Aktionslinie Hessen-Umwelttech des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung

### Herausgeber:

HA Hessen Agentur GmbH  
Dr. Carsten Ott  
Abraham-Lincoln-Str. 38-42  
D-65189 Wiesbaden  
Tel.: 0611/774-8350, Fax: -8620  
www.hessen-umwelttech.de

### Erstellt von:

Dr. Rainer Greiff  
Institut Wohnen und Umwelt GmbH

Dipl.-Ing. Martin Bullermann und Dipl.-Ing. Helmut Schneble  
Ingenieurgemeinschaft Umweltplanung Darmstadt



### Bearbeitung Referenzgebäude:

#### Gebäude Bauingenieurwesen und Geodäsie, TUD, Darmstadt:

Dipl.-Ing. Carmen Schneider, Dipl.-Wirtsch.-Ing. Torsten Mielecke  
Technische Universität Darmstadt, Institut für Massivbau,  
Life Cycle Engineering Experts GmbH

#### Institutsgebäude ZUB, Kassel:

Dr.-Ing. Natalie Eßig, Dipl.-Ing. Corinna Gutri  
Technische Universität München, Lehrstuhl für Bauphysik

#### Sanierung Deutsche Bank,

#### Unternehmenszentrale Frankfurt am Main:

Dipl.-Ing. Christian Luft  
Drees & Sommer Advanced Building Technologies

### Redaktion:

Sebastian Hummel, Susanne Sander  
(Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und  
Landesentwicklung)  
Dr. Carsten Ott, Dagmar Dittrich  
(HA Hessen Agentur GmbH, Aktionslinie Hessen-Umwelttech)

© Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und  
Landesentwicklung  
Kaiser-Friedrich-Ring 75  
D-65185 Wiesbaden  
www.wirtschaft.hessen.de

Vervielfältigung und Nachdruck – auch auszugsweise –  
nur nach vorheriger schriftlicher Genehmigung.

### Gestaltung:

Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt;  
Titelseite: Piva & Piva, Studio für visuelles Design, Darmstadt

### Bildnachweis:

Die Bildrechte liegen bei den Autoren bzw. sind jeweils angegeben,  
Titelseite: Deutsche Bank, ZUB, TUD

Dezember 2011

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit und  
Genauigkeit der Angaben sowie die Beachtung privater Rechte  
Dritter.

## Vorwort



Dauerhaftigkeit und Wirtschaftlichkeit sind Grundvoraussetzungen für eine hohe Bauqualität. Das Konzept des Nachhaltigen Bauens greift diese Werte auf, verbindet sie mit einem wirksamen Umweltschutz und zeigt zukunftsweisende Lösungen. Nachhaltiges Bauen strebt für alle Phasen des Lebenszyklus von Gebäuden eine Minimierung des Verbrauchs von Energie und Rohstoffen an. Dies gilt für die Planung, die Erstellung und die Nutzung von Gebäuden ebenso wie für deren Rückbau. Ziele sind ein effizienter Umgang mit Ressourcen und eine möglichst geringe Belastung des Naturhaushalts.

Mit der vorliegenden Studie möchte die Aktionslinie Hessen-Umwelttech meines Hauses Entscheidungsträger im Bauwesen über den aktuellen Stand und die Möglichkeiten des Nachhaltigen Bauens bei Verwaltungs- und Gewerbeimmobilien informieren. Im Fokus stehen die Vermeidung von Baurestmassen, die Senkung des Wasserverbrauchs, und die Qualität der Baustoffe. Auf den Energiebereich wird nur mittelbar eingegangen, da es hierzu – angesichts der herausragenden Bedeutung für den Klimaschutz – bereits ein breites Spektrum an Publikationen gibt.

Für die Etablierung und Weiterentwicklung von Standards kommt Gütesiegeln – insbesondere dem der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – eine große Bedeutung zu. Die Studie veranschaulicht anhand konkreter Praxisbeispiele, wie die Kriterien für solche Siegel erfüllt werden können. Dabei zeigt sich, dass Nachhaltiges Bauen eine Vielzahl an technischen Aufgabenbereichen umfasst. Sowohl für die Umwelttechnologiebranche als auch für die Baubranche resultieren hieraus anspruchsvolle Herausforderungen, aber auch interessante Chancen. Denn Nachhaltiges Bauen schont nicht nur die Umwelt, sondern lohnt sich auch aus ökonomischer Sicht.

Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre!

A handwritten signature in black ink that reads "Dieter Posch".

Dieter Posch

Hessischer Minister für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung



## Vorbemerkung

### **Umwelttechnologie, ein bedeutsamer Kompetenzbereich der hessischen Wirtschaft**

Die Umwelttechnologiebranche spielt in der hessischen Wirtschaft eine herausragende Rolle. In rund 2.400 Unternehmen der Abfalltechnologie, Wasser,- und Abwassertechnologie, Energietechnologie und Luftreinhaltung bietet sie Arbeitsplätze für etwa 76.700 Beschäftigte. Umwelttechnologie ist nicht nur ein bedeutender Wirtschaftsfaktor, sie leistet darüber hinaus einen wesentlichen Beitrag für eine nachhaltige und leistungsstarke Wirtschaft in Hessen: Durch innovative umwelttechnologische Verfahren können Unternehmen Rohstoffe und Energie effizienter nutzen, Abfälle und Abwasser einsparen und somit ihre Kosten deutlich reduzieren.

Die hessische Umwelttechnologie bietet mit ihrem breiten Spektrum an Herstellern, Dienstleistern und Forschungseinrichtungen erhebliche Potenziale. Sie verfügt über innovative Mittelständler und namhafte, weltweit führende Produzenten. Mit herausragenden wissenschaftlichen Kompetenzen werden zukunftsfähige Lösungen erarbeitet und Produkte entwickelt. Die vielfältigen Tätigkeiten der hessischen Umwelttechnologie-Unternehmen stehen in engem sachlichem Zusammenhang mit den Zielsetzungen des nachhaltigen Bauens, beziehen sich aber auch auf städtische Systeme und siedlungsbezogene umwelttechnische Lösungen (s. Abb. 1.1-2; HMWVL Hessen-Umwelttech 2008).

Die hessische Umwelttechnologiebranche ist überwiegend mittelständisch geprägt. Doch auch namhafte, weltweit führende Hersteller von Umwelttechnologien sind in Hessen beheimatet und prägen mit ihrer wirtschaftlichen Tätigkeit entscheidend das Bild dieser Technologie. Insgesamt gibt es in Hessen ca. 2.400 Umwelttechnologie-Unternehmen, davon ca. 500 Handwerksunternehmen und ca. 200 Ingenieurbüros. Etwa 1.700 Unternehmen sind dem Sektor „Industrie“ (Hersteller) zuzuordnen. 91% der Umwelttechnologie-Unternehmen sind kleine oder mittlere Unternehmen. Die hessischen Umwelttechnologie-Unternehmen erzielen insgesamt einen Umsatz von circa 12,5 Mrd. Euro und beschäftigen ca. 76.700 Mitarbeiter.

Um die Wettbewerbsfähigkeit und Innovationskraft der hessischen Umwelttechnologiebetriebe langfristig zu stärken, hat das Hessische Wirtschaftsministerium bereits im Jahr 1999 die Aktionslinie Hessen-Umwelttech gestartet. Umwelttechnologieanbieter und -dienstleister werden hier mit vielfältigen Serviceleistungen unterstützt. Auch für mittelständische Unternehmen, die im Rahmen des produktionsintegrierten Umweltschutzes (PIUS) ihren Betrieb ökonomisch und ökologisch optimieren möchten, ist Hessen-Umwelttech der zentrale Ansprechpartner.

### **Im Blickfeld der Studie: Chancen, Potenziale und Praxisbedingungen**

Die vorliegende Studie „Nachhaltiges Bauen“ wurde im Rahmen der Aktionslinie Hessen-Umwelttech erarbeitet, um wirtschaftliche Chancen im Umweltbereich aufzuzeigen. Sie soll die vielfältigen technischen Aufgabenbereiche umreißen, die sich mit nachhaltigem Bauen ergeben. Diese betreffen einen breiten Ausschnitt der Wertschöpfungskette im Bauwesen, von der Produktion umweltfreundlicher Güter und Anlagen zum aktiven Umweltschutz bis hin zu Dienstleistungen im Bauprozess, die professionelle Unterstützung beim nachhaltigen Planen und Bauen leisten. Daran beteiligt sind Hersteller und ausfüh-

rende Betriebe ebenso wie die planenden Architekten und Ingenieure, die die konzeptionellen Vorarbeiten für die Realisierung innovativer umwelttechnischer Lösungen bei der Herstellung der Gebäude erbringen.

Das Ziel der CO<sub>2</sub>-freien Landesverwaltung ist für Hessen eine wesentliche Vorgabe für die Bauaufgaben des Landes, sowohl für den Neubau wie auch für Pflege und Instandhaltung des Bestandes. Neben dem Klimaschutz sind für die Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen und eine nachhaltige Entwicklung weitere Umweltschutzziele, wie die Schonung der Trinkwasserressourcen, die Reinhaltung von Böden und Gewässern, die Auswahl umweltfreundlicher Bauprodukte und Konstruktionen, von Bedeutung. Dabei ist, nach dem mit der Konferenz von Rio 1992 und der dort verabschiedeten Agenda 21 begründeten Verständnis von nachhaltiger Entwicklung, nachhaltiges Bauen nur unter Berücksichtigung und im Zusammenwirken der relevanten ökonomischen, ökologischen und sozialen Faktoren realisierbar.

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) hat in Abstimmung mit der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) die Voraussetzungen zu einer Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden erarbeitet, bei der die unterschiedlichen Umweltziele beim Bauen zueinander in Beziehung gesetzt werden. Neben hoch gesteckten Zielen zur Energieeinsparung werden zur Entlastung der Umwelt auch zu weiteren umweltrelevanten Auswirkungen des Bauens definierte Anforderungen an die Nachhaltigkeit bei der Herstellung und der Nutzung von Gebäuden gestellt. Sie bieten ein breites Aufgabenfeld für technologische Innovationen, die auch die Marktchancen hessischer Anbieter von Umwelttechnologie berühren.

Der Umsetzung von Nachhaltigkeitszielen im Bauwesen stehen derzeit zum einen mangelnde Kenntnisse der gegebenen technischen Möglichkeiten zur Umsetzung entgegen, aber auch generelle Befürchtungen, dass diese nur um den Preis höherer Kosten realisierbar und damit grundsätzlich mit einem Marktnachteil verbunden seien. Die vorliegende Studie soll daher dazu beitragen, die Vielfalt der Aspekte des nachhaltigen Bauens in der Breite darzustellen, um die sich daraus ergebenden Chancen und Möglichkeiten des Bauens auszuloten und die Potenziale für die hessische Wirtschaft aufzuzeigen.



## Gliederung

Vorbemerkung .....	7
Gliederung .....	9
Einführung .....	12
<b>Teil 1 Grundlagen des nachhaltigen Bauens .....</b>	<b>15</b>
1.1 Nachhaltiges Bauen – Handlungsbedarf und Rahmenbedingungen .....	15
1.1.1 Nachhaltigkeit – Worum geht es? .....	15
1.1.2 Verständigung über die Grundlagen nachhaltigen Bauens: Internationale Normung zur Nachhaltigkeit im Bauwesen .....	24
1.1.3 Ökobilanzierung .....	27
1.1.4 Umweltdeklaration von Bauprodukten .....	38
1.2 Zertifizierung der Nachhaltigkeit .....	41
1.2.1 Deutsches Gütesiegel „Nachhaltiges Bauen“ .....	43
1.2.2 BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) .....	54
1.2.3 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) .....	56
1.2.4 HQE (Haute Qualité Ecologique) .....	60
1.2.5 ESI (Economic Sustainability Indicator ESI®) .....	61
1.2.6 Minergie-Eco® .....	63
1.2.7 Internationale Kooperation .....	65
1.3 Kriterien der Nachhaltigkeit .....	66
1.3.1 Reduzierung von Trinkwasserverbrauch und Abwasseraufkommen .....	66
1.3.2 Nachhaltigkeitskriterien von Baustoffen und Konstruktionen .....	68
1.3.3 Die Bewertung der ökologischen Qualität von Baustoffen .....	69
1.3.4 Rückbaubarkeit / Recyclingfreundlichkeit .....	72
1.3.5 Ausschreibung und Vergabe .....	74
1.4 Benchmarks für nachhaltige Gebäude .....	76
1.4.1 Benchmarking und Nachhaltigkeit .....	76
1.4.2 Benchmarks in der Immobilienwirtschaft .....	77
1.4.3 Benchmarks für den spezifischen Verbrauch von Energie und Trinkwasser .	79

Teil 2 Potenziale des nachhaltigen Bauens .....	83
2.1 Vermeiden, Verringern und Verwerten von Baurestmassen .....	83
2.1.1 Bedeutung für die Umwelt .....	83
2.1.2 Rechtliche Rahmenbedingungen .....	84
2.1.3 Abfallarten und Regelungen für die Entsorgung .....	89
2.1.4 Baurestmassen und Abfallströme in der Bauwirtschaft .....	93
2.1.5 Verwertungsstrategien für Baurestmassen .....	96
2.1.6 Aufbereitung und Behandlung/Recycling von Baurestmassen .....	102
2.1.7 Recyclingbaustoffe .....	105
2.1.8 Mengen und Potenziale für die Verwertung von Bauabfällen .....	108
2.1.9 Deponierung von Baurestmassen .....	112
2.1.10 Strategien einer nachhaltigen Bauwirtschaft zur Vermeidung und Verminderung von Bauabfällen und zum Einsatz von Baustoffen aus Recyclingprodukten .....	114
2.2 Reduzierung des Trinkwasserverbrauchs .....	117
2.2.1 Bedeutung für die Umwelt .....	117
2.2.2 Wasser sparen .....	118
2.2.3 Maßnahmen bei Sanitäröbjekten .....	119
2.2.4 Wasser mehrfach nutzen: Kreislaufführung und Grauwasserrecycling .....	121
2.2.5 Regenwasser nutzen .....	123
2.3 Regenwasserbewirtschaftung .....	125
2.3.1 Bedeutung für die Umwelt .....	125
2.3.2 Versiegelung vermeiden .....	125
2.3.3 Regenwasser versickern .....	129
2.4 Einsatz von Baustoffen nach Kriterien der Nachhaltigkeit .....	133
2.4.1 Bedeutung für die Umwelt .....	133
2.4.2 Strategien für nachhaltiges Bauen .....	137
2.4.3 Nachhaltige Nutzung von Baustoffen .....	146
2.4.4 Einsatz nachhaltiger Bauprodukte .....	149
2.4.5 Ausschreibung und Vergabe nach Kriterien der Nachhaltigkeit .....	154

Teil 3 Nachhaltiges Bauen in der Praxis .....	163
3.1 Zertifizierung der Nachhaltigkeit von Gebäuden- Erfahrungen .....	163
3.1.1 Die Referenzgebäude .....	163
3.1.2 Ökobilanzen .....	166
3.1.3 Verringerung des Trinkwasserverbrauchs .....	170
3.1.4 Abfallbeseitigung und Recycling .....	170
3.2 Neubau des Fachbereichs Bauingenieurwesen und Geodäsie, L506, Technische Universität Darmstadt .....	171
3.2.1 Das Gebäude .....	171
3.2.2 Das Bauprojekt .....	173
3.2.3 Zertifizierung .....	173
3.2.4 Ökobilanzen Bauteile .....	175
3.2.5 Wasser und Abwasser .....	186
3.2.6 Abfallbeseitigung und Recycling .....	188
3.3 Gebäude des Zentrums für umweltbewusstes Bauen / ZUB, Kassel .....	189
3.3.1 Das Gebäude .....	189
3.3.2 Das Bauprojekt .....	192
3.3.3 Zertifizierung .....	195
3.3.4 Ökobilanzen Bauteile .....	196
3.3.5 Wasser und Abwasser .....	213
3.3.6 Abfallbeseitigung und Recycling .....	213
3.3.7 Gründach .....	213
3.4 Projekt „Greentowers“ - Modernisierung der Unternehmenszentrale der Deutschen Bank AG, Frankfurt am Main .....	215
3.4.1 Das Gebäude .....	215
3.4.2 Das Bauprojekt .....	217
3.4.3 Zertifizierung .....	220
3.4.4 Ökobilanzen Bauteile .....	225
3.4.5 Wasser und Abwasser .....	240
3.4.6 Abfallbeseitigung und Recycling .....	243
Anhang .....	249
Verzeichnisse .....	249
Abkürzungen, Rechtsgrundlagen .....	250
Literatur .....	251
Teil 1 „Grundlagen“, Abschnitte 2.4 „Baustoffe“ und 3.1 „Erfahrungen Zertifizierung“ .....	251
Teil 2 Abschnitt 2.1 „Baurestmassen“ .....	264
Abschnitte 2.2 „Trinkwasser“ und 2.3 „Regenwasser“ .....	266
Teil 3 Abschnitt 3.2 Neubau des Fachbereichs Bauingenieurwesen und Geodäsie, L506, Technische Universität Darmstadt .....	268
Abschnitt 3.3 Zentrum für Umweltbewusstes Bauen Kassel .....	268
Abschnitt 3.4 „Greentowers“ - Sanierung der Unternehmenszentrale der Deutschen Bank AG, Frankfurt am Main .....	269

## Einführung

### **Nachhaltiges Bauen**

Die Leitvorstellung einer nachhaltigen Entwicklung ist für Politik und Wirtschaft mittlerweile ein fester Bezugspunkt, an dem sich Programme und Aktivitäten ausrichten. Sie bestimmt Gesetzgebung und beeinflusst strategische Entscheidungen von Wirtschaftsunternehmen und Investoren. Auch Bau- und Immobilienwirtschaft stellen sich zunehmend der Herausforderung, bei ihren Entscheidungen Kriterien der Nachhaltigkeit zu berücksichtigen. Dies nicht allein aufgrund ordnungsrechtlicher Verpflichtungen, wie z.B. des Energiesparrechts mit Energieeinsparverordnung und Energiepass oder allein wirtschaftlicher Überlegungen angesichts steigender Verbrauchskosten für Energie und Wasser. Sie kann sich vielmehr auch auf altbewährte Grundsätze berufen. Schon immer sind Bauwerke auf lange Nutzungsdauer hin und damit nachhaltig geplant und bewirtschaftet worden. Zu Recht, wie die Erfahrung lehrt. An die sich über die Zeit verändernden Nutzungen und Anforderungen lassen sich Bauwerke in der Regel gut anpassen. Insbesondere die Wohnungswirtschaft ist im Kern auf Bestandshaltung ausgerichtet, eine hohe Qualität der Wohnungen sichert Vermietbarkeit und minimiert Instandsetzungskosten. An diese traditionelle Ausrichtung auf technische Qualität und Langlebigkeit von Gebäuden können heutige Zielsetzungen des nachhaltigen Bauens unmittelbar anknüpfen.

Zu Dauerhaftigkeit, Funktionserfüllung und Wirtschaftlichkeit im Bauwesen als den traditionellen Kernbereichen von Bauqualität kommen mit der Zielsetzung des „Nachhaltigen Bauens“ Qualitätsaspekte zum Schutz der Umwelt hinzu, gleichfalls darauf ausgerichtet, auf lange Sicht Werte und Lebensqualität zu bewahren. Das betrifft als „externe“ Auswirkungen des Bauens vielfältige Belastungen von Gewässern, Boden und Luft durch Bautätigkeit und das Bewirtschaften von Gebäuden. Die Ursachen sind Emissionen bei der Herstellung der Bauprodukte und der Errichtung der Gebäude, bei ihrer Nutzung durch Wärmeerzeugung für Heizung und Warmwasserbereitung, durch Abwasser und Abfall und schließlich bei Umbau oder Abbruch durch die Beseitigung von Restmassen.

Der Blick auf die Auswirkungen des Bauens auf die Umwelt hat sich dabei in den letzten Jahrzehnten erheblich erweitert. Anlass, über den Beitrag des Bauwesens zu diesen Belastungen nachzudenken und Alternativen zu entwickeln, geben nicht nur die globale Erwärmung, bedingt durch den seit der Industrialisierung global stetig steigenden Verbrauch an Primärenergie aus nicht erneuerbaren Ressourcen, sondern auch die Versauerung und ebenso die Überdüngung der Böden, die bodennahe Ozonbildung durch Einträge von Immissionen aus Industrie und Verkehr und der Abbau der Ozonschicht in der Stratosphäre. Hier sind technische Lösungen gefragt, die den ökologischen Herausforderungen gerecht werden und die Qualität der Nutzung nicht einschränken, sondern sie eher noch erhöhen.

Aber auch „interne“, auf die Nutzung gerichtete Qualitätsziele werden beim nachhaltigen Bauen verstärkt berücksichtigt, wie z.B. Vorsorge vor gesundheitlich bedenklichen Emissionen aus Baustoffen, Qualität von Beleuchtung, Belichtung und Schallschutz sowie die Beteiligung der Nutzer an der Konzeption des Gebäudes. Diese funktionalen, aber auch sozialen Aspekte der Nachhaltigkeit sind eng verknüpft mit den wirtschaftlichen: Ihre Berücksichtigung bei der Gebäudeplanung dient der gesundheitlichen Vorsorge für die im Gebäude tätigen Menschen und sichert ihre Leistungsfähigkeit bzw. nutzt die spezifischen gebäude- und funktionsbezogenen Kenntnisse und Kompetenzen der Nutzer.

Die allgemeinen Ziele der sozialen Nachhaltigkeit beim Bauen<sup>1</sup> sind darüber hinaus aber weiter zu stecken und beziehen sich auf gesellschaftliche Werte wie z.B. soziale Integration, Chancengleichheit, Gleichberechtigung von Männern und Frauen sowie die Ausschöpfung der sozialen Ressourcen im Sinne des Wissens und Könnens aller Mitglieder der Gesellschaft (s. Tab. 1.1-1). Die konkrete Bedeutung sozialer Nachhaltigkeitsziele muss für unterschiedliche Bauaufgaben jeweils spezifisch ausgelotet werden; entsprechend variiert ihr jeweiliges Gewicht. Ein Beispiel ist die Berücksichtigung der Prinzipien des barrierefreien Bauens, das begrifflich zum universalen Bauen „für alle Menschen, unabhängig von Alter, Lebenssituation, Geschlecht und Konstitution“ erweitert wurde<sup>2</sup>. Es kommt nicht nur den Belangen behinderter Menschen entgegen und erleichtert ihre gesellschaftliche Eingliederung, sondern sichert als universales Prinzip allgemein die physische Zugänglichkeit von Gebäuden und damit den Zugang zu den gesellschaftlichen Möglichkeiten, die damit verbunden sind.

## Teil 1 „Grundlagen“

Mit der vorliegenden Studie soll der Stand der Bemühungen vorgestellt werden, die Zielsetzungen des nachhaltigen Bauens im Bauwesen in geeigneter Weise umzusetzen. Zunächst bedarf es der Verständigung darüber, was Nachhaltigkeit für Gebäude und Bauprodukte bedeuten kann. Dazu werden im 1. Teil „Grundlagen“ die unterschiedlichen Prozesse und vielfältigen Aktivitäten der Normung auf internationaler, europäischer und nationaler Ebene (ISO, CEN und DIN) vorgestellt, mit denen Grundlagen für einheitliche Begriffe und Regelungen geschaffen werden, wie z.B. Normen für die Erarbeitung von Umweltdeklarationen von Bauprodukten und Ökobilanzen für Bauteile und Gebäude. Die umweltrelevante Daten zu Bauprodukten, die dazu benötigt werden, stehen zunehmend auf Datenbanken zur Verfügung, z.B. in Deutschland WECOBIS und Ökobaodat, oder werden bei der Erarbeitung von Grundlagen für Umweltdeklarationen ermittelt.

Damit wird eine Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden auf der Basis objektiver Daten wesentlich erleichtert. Bereits in den 90er Jahren gab es Bemühungen, umweltfreundliches Bauen nach definierten Kriterien auszuzeichnen, um vorbildliche Gebäude öffentlich herauszustellen. Aus einfachen Anfängen der Punktevergabe nach Checklisten haben sich mittlerweile international sehr anspruchsvolle Bewertungssysteme entwickelt. Der Anspruch, aber auch die Schwierigkeit besteht dabei darin, der Komplexität des Begriffs in allen drei Dimensionen der Nachhaltigkeit - der wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Dimension - gerecht zu werden. Dabei hat insbesondere die internationale Beachtung, die das amerikanische Bewertungssystem LEED, „Leadership in Energy and Environmental Design“ gefunden hat, auch in Deutschland die Schaffung eines vergleichbaren auf die hiesigen Verhältnisse des Bauens und der Immobilienwirtschaft angepassten Systems befördert.

Bereits 2001 hat das Bundesbauministerium für seine eigene Bautätigkeit bei Bundesbauten einen Leitfaden „Nachhaltiges Bauen“ veröffentlicht. Zur Vertiefung der sachlichen Fragen und Schaffung weiterer Grundlagen hat es in diesem Zusammenhang wissenschaftliche Arbeiten und Forschung in breitem Umfang gefördert. Daraus hat sich eine

<sup>1</sup> Einen Überblick gibt die Studie „Soziale Indikatoren des Nachhaltigern Bauens“, die das IWU im Zusammenhang der Aktualisierung des „Leitfadens Nachhaltiges Bauen“ (BMVBS 2001) für das BBSR bearbeitet hatte (Greiff 2005; s. [www.bbr.bund.de](http://www.bbr.bund.de)).

<sup>2</sup> vgl. „Barrierefreies – Universales Bauen“ (HMWVL 2011). Der Barrierefreiheit ist bei den Zertifizierungssystemen für Büro- und Verwaltungsbauten von BMVBS und DGNB jeweils ein eigener Kriteriensteckbriefe gewidmet (DGNB Nr. 26, BNB Nr. 3.2.1); s. S. 43

intensive Zusammenarbeit zur Vereinbarung von Zielen und Kriterien des nachhaltigen Bauens mit den interessierten Kreisen aus Wirtschaft und Wissenschaft ergeben, für den die Form eines „Runden Tisches Nachhaltiges Bauen“ gefunden wurde. In diesem Zusammenhang steht auch die Gründung der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB), die die Vergabe eines entsprechenden Gütesiegels in Deutschland verantwortlich organisiert. Auch der Bund richtet seine eigene Bautätigkeit an den gemeinsam erarbeiteten Kriterien aus.

## **Teil 2 „Potenziale“**

Im 2. Teil „Potenziale“ werden ausgewählte Handlungsbereiche des Umweltschutzes für Bau- und Wohnungswirtschaft als Potenziale des nachhaltigen Bauens vorgestellt. Dabei geht es in dieser Studie um fachliche Bereiche, die bisher eher weniger öffentliche Beachtung fanden. So sind rationelle Energieanwendung, Wärmedämmung und Nutzung erneuerbarer Energie zwar das herausragende Thema des nachhaltigen Bauens, aber dazu besteht bereits ein breites Angebot an fachlichen Informationen, auch in Verbindung mit Hinweisen auf finanzielle Förderung. In dieser Studie wird daher nur mittelbar auf Energieeinsparung eingegangen. Vielmehr sollen hier weitere Potenziale des Umweltschutzes herausgestellt werden, bei denen es nicht um vergleichbar gravierende und globale Auswirkungen wie auf das Klima geht, deren Folgen aber gleichwohl zumindest auf längere Sicht eine erhebliche Beeinträchtigung von Wasser, Boden und Luft in unserer unmittelbaren Umwelt zur Folge haben können. Exemplarisch dargestellt werden die Potenziale zur Umweltentlastung bei der Herstellung und der Nutzung von Gebäuden, die die Stoffkreisläufe, die Siedlungswasserwirtschaft und das Vergabewesen betreffen, so

- die Beseitigung von Baurestmassen mit dem Ziel der Kreislaufwirtschaft,
- die Verringerung des Trinkwasserverbrauchs,
- die ökologisch orientierte Regenwasserbewirtschaftung und
- die Auswahl geeigneter umweltfreundlicher Bauprodukte bei Entwurf und Vergabe.

Dazu werden der Stand der Technik, Best-Practice-Lösungen und innovative Ansätze vorgestellt.

## **Teil 3 „Praxis“**

Drei Gebäude in drei hessischen Städten, Kassel, Frankfurt und Darmstadt, die nach den von BMVBS und DGNB entwickelten Kriterien des nachhaltigen Bauens zertifiziert wurden, werden im 3. Teil „Praxis“ mit ihren spezifischen Ansätzen zum nachhaltigen Bauen exemplarisch vorgestellt. Die gestalterische und konzeptionelle Qualität der Architektur aller drei Gebäude kann als vorbildlich gelten, die Entwürfe sind z.T. aus Wettbewerben hervorgegangen, bzw. gab es kooperative Entwurfsprozesse mit renommierten Architekten und Experten des energieoptimierten nachhaltigen Bauens. Zwei der Gebäude sind Neubauten der hessischen Universitäten Kassel und Darmstadt, das dritte Beispiel ist die durchgreifende Sanierung des zentralen Verwaltungsgebäudes der Deutschen Bank in Frankfurt am Main, des mit Abstand größten deutschen Finanzdienstleisters.

Am konkreten Beispiel wird insbesondere das komplexe Zusammenspiel der Bewertungen nach den unterschiedlichen Kriterien des nachhaltigen Bauens anschaulich.

## Teil 1 Grundlagen des nachhaltigen Bauens

### 1.1 Nachhaltiges Bauen – Handlungsbedarf und Rahmenbedingungen

#### 1.1.1 Nachhaltigkeit – Worum geht es?

##### Das Ziel einer nachhaltigen Entwicklung

Vor dem Hintergrund endlicher Ressourcen und immer eindeutigerer und zunehmend beunruhigender Belege für den Klimawandel ist die rationelle Verwendung von Energie schon seit langem ein vorrangiges gesellschaftliches Anliegen. Nicht nur national, auch international rangieren Klimaschutz und Energieeffizienz weit oben auf der politischen Agenda. In rechtlich bindende technische Zielvorgaben für das Bauen umgesetzt ist Energieeffizienz mittlerweile eine Standardanforderung im Bauwesen. Energieeinsparung, die auf den globalen Klimaschutz zielt, kann ersichtlich kein national begrenztes Ziel sein. Nur in globaler Kooperation können dazu wirksame Strategien entwickelt und umgesetzt werden. Damit kommen andere Staaten, Gesellschaften und Kulturen ins Blickfeld, mit jeweils sehr unterschiedlichen sozialen und wirtschaftlichen Voraussetzungen, zur Lösung globaler Umweltprobleme beizutragen.

Aus dieser Erkenntnis heraus, dass die Realisierbarkeit von Maßnahmen für einen wirksamen Klimaschutz entscheidend von sozialen und wirtschaftlichen Gegebenheiten bestimmt wird, wurde Ende der 80er Jahre das Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung formuliert, das auf eine dauerhafte Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen des Menschen abzielt. Die Forderung einer weltweit nachhaltigen Entwicklung findet sich erstmals 1987 im Bericht „Unsere gemeinsame Zukunft“ der nach ihrer Vorsitzenden benannten „Brundtland-Kommission für Umwelt und Entwicklung“ der Vereinten Nationen. In dem Bericht, der große Aufmerksamkeit fand, heißt es:

„Nachhaltige Entwicklung ist eine Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu beeinträchtigen, ihre eigenen Bedürfnisse befriedigen zu können.“

(Hauff 1987)

Auf der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Jahre 1992 in Rio de Janeiro hat die internationale Staatengemeinschaft nachhaltige Entwicklung zum allgemeinen Leitbild erhoben. Dabei geht es nicht nur um den Schutz der Umwelt, sondern auch darum, die dafür erforderlichen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Voraussetzungen zu gewährleisten. Mit der Agenda 21 wurde in Rio de Janeiro ein globales Aktionsprogramm für das 21. Jahrhundert vereinbart, mit dem sich die 170 Unterzeichnerstaaten, Deutschland eingeschlossen, verpflichteten, eine Strategie für eine wirtschaftlich leistungsfähige, sozial gerechte und ökologisch verträgliche Entwicklung auszuarbeiten und umzusetzen. Auch in Deutschland wurde eine nationale Nachhaltigkeitsstrategie erarbeitet, die kontinuierlich weiterverfolgt wird (Bundesregierung 2002). Für nachhaltiges Bauen bedeutsame Zielsetzungen der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie sind insbesondere die Schonung und effiziente Nutzung der Ressourcen von Energie und Rohstoffen.

Im Vordergrund der Besorgnis steht dabei der Klimawandel, dessen absehbare Folgen – wenn es nicht weltweit zu einem Umsteuern kommt – auch Lebensstandard und Lebensqualität in Deutschland beeinträchtigen werden. Neben den Veränderungen der Ökosysteme sind wirtschaftliche Folgen zu befürchten, die sich in Größenordnungen von 5 bis 20 % des jährlichen globalen Bruttoinlandsprodukts bewegen können – dagegen sind die

Kosten für die Verringerung der Treibhausgasemissionen, um die schlimmsten Auswirkungen des Klimawandels zu vermeiden, mit etwa 1 % des globalen Bruttoinlandsprodukts zu beziffern (Stern 2006). Nachhaltiges Handeln ist daher auch aus wirtschaftlichen Gründen geboten.

### Nachhaltigkeit auch beim Bauen

Im Zuge der Definition von Handlungszielen zur Umsetzung der Agenda 21 und der komplementären theoretischen, insbesondere sozialwissenschaftlichen Erörterungen schälten sich die wesentlichen inhaltlichen Anforderungen heraus, die die Substanz des Begriffs „Nachhaltige Entwicklung“ ausmachen<sup>1</sup>. Sie geben Antwort auf die Frage, **was** erreicht werden soll. Diese substanziellen Anforderungen oder Regeln müssen zwangsläufig sehr abstrakt sein, damit sie globale Gültigkeit beanspruchen und ungeachtet unterschiedlicher kultureller Traditionen, annehmbar sind und auf unterschiedliche politische und ökonomische Systeme angewendet werden können. Es sind Mindestanforderungen, ohne deren Erfüllung Nachhaltigkeit nicht gegeben sein kann (Jörissen/Coenen/Stelzer 2005).

**Tab. 1.1-1: Generelle Ziele der Nachhaltigkeit und zugeordnete substanzielle Mindestanforderungen**

1. Sicherung der menschlichen Existenz	2. Erhaltung des gesellschaftlichen Produktivkapitals	3. Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten
1.1 Schutz der menschlichen Gesundheit	2.1 Nachhaltige Nutzung erneuerbarer Ressourcen	3.1 Chancengleichheit in Hinblick auf Bildung, Beruf, Information
1.2 Gewährleistung der Grundversorgung	2.2 Nachhaltige Nutzung nicht erneuerbarer Ressourcen	3.2. Partizipation an gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen
1.3 Selbständige Existenzsicherung	2.3 Nachhaltige Nutzung der Umwelt als Senke	3.3 Erhaltung des kulturellen Erbes und der kulturellen Vielfalt
1.4 Gerechte Verteilung der Umweltnutzungsmöglichkeiten	2.4 Vermeidung unvermeidbarer technischer Risiken	3.4 Erhaltung der kulturellen Funktion der Natur
1.5 Ausgleich extremer Einkommens- und Vermögensunterschiede	2.5 Nachhaltige Entwicklung des Sach- Human- und Wissenskaptals	3.5 Erhaltung der sozialen Ressourcen

Quelle. Jörissen/Coenen/Stelzer 2005, S.34

Aus den substanziellen Mindestanforderungen sind für die unterschiedlichen gesellschaftlichen Handlungsbereiche konkrete Handlungsanweisungen abzuleiten. Diese instrumentellen Anforderungen geben Antwort auf die Frage, **was** zu tun ist und **wie** die Ziele erreicht werden sollen. Für die Themenfelder von Bautätigkeit und Bauwesen in Deutschland im Blickpunkt dieser Studie - Trinkwasserversorgung, Abwasserentsorgung, Beseiti-

<sup>1</sup> In Deutschland hat das von 1998 – 2003 laufende Forschungsverbundvorhaben „Global zukunftsfähige Entwicklung - Perspektiven für Deutschland“ der Helmholtz Forschungsgemeinschaft deutscher Forschungszentren (HGF) unter Federführung des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), Karlsruhe, im Forschungszentrum Karlsruhe (FZK) wesentlich zu einem komplexen, integrierten Verständnis nachhaltiger Entwicklung beigetragen. Die naturwissenschaftlich-technische Forschungszentren der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft (HGF) forschen in Bereichen, die für eine zukunftsfähige Entwicklung von besonderer Bedeutung sind, u.a. Energieforschung, Umweltforschung sowie Technikfolgenabschätzung für Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. Bereits 1992, kurz nach der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung (UNCED) in Rio hatte das ITAS mit Forschungsarbeiten zur Nachhaltigkeit mit einem Forschungsansatz begonnen, bei dem die ökologische, ökonomische, soziale und institutionelle Dimension von Nachhaltigkeit integriert betrachtet werden. Im Zusammenhang des Forschungsverbundvorhabens steht auch die Arbeit von Jörissen/Coenen/Stelzer 2005.



gung von Baurestmassen und Auswahl umweltfreundlicher Bauprodukte – sind instrumentelle Anforderungen im wesentlichen zum Schutz von Umwelt und Gesundheit von Belang<sup>2</sup> (vgl. die markierten Bereiche der Tab.1.1-1). „Menschliche Gesundheit“, „Struktur und Funktion von Ökosystemen“ sowie „natürliche Ressourcen“ sind dann auch die wesentlichen übergeordneten Schutzgüter nach denen negative Auswirkungen auf die Umwelt in Deutschland beurteilt werden. Sie sind in Umweltgesetzen rechtlich verankert und als Gesetzeszweck benannt (UBA 12/1999).

### **Schutz der Umwelt: Nachhaltige Nutzung der Ressourcen**

Das mit der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie Deutschlands angestrebte Ziel der Ressourcenschonung soll durch effizientere Nutzung von Energie und anderen Rohstoffen umgesetzt werden, die mit den Indikatoren „Energieproduktivität“ und Rohstoffproduktivität“ belegt wird. Schlüssel zur Umsetzung sind die Vermeidung bzw. die verstärkte Kreislaufführung von Abfällen (Bundesregierung 2002, UBA Ressourcenschonung 2009). Angesichts der großen durch das Bauwesen bewirkten Stoffströme und der Bedeutung der Gebäude für den Energieverbrauch (vgl. 2.4.1) stellt sich mit der Schonung und effizienteren Nutzung von Ressourcen eine wesentliche Aufgabe für nachhaltiges Bauen. Nicht zuletzt ist die Bautätigkeit darauf angewiesen, dass die materiellen Ressourcen für die Herstellung von Bauprodukten in ausreichendem Umfang dauerhaft verfügbar sind und ebenso, dass diese nach ihrer Nutzung möglichst umstandslos in den Stoffkreislauf zurückgeführt werden können.

Schutz der Umwelt bei der Gewinnung und Nutzung von Ressourcen im Sinne nachhaltiger Entwicklung bedeutet, dass die natürlichen Lebensgrundlagen bewahrt und die Funktionsfähigkeit des Ökosystems erhalten werden. Die „Enquete Kommission des Deutschen Bundestages zum Schutz des Menschen und der Umwelt“, die von 1995 – 1998 mit den Stoffkreisläufen in der Industriegesellschaft befasst war, hat zur nachhaltigen Nutzung von Ressourcen folgende Grundregeln aufgestellt:

- Die Abbaurate erneuerbarer Ressourcen darf deren Regenerationsrate nicht überschreiten.
- Die Nutzungsrate erschöpflicher Ressourcen darf die Rate der Erschließung regenerativer Rohstoffquellen nicht überschreiten
- Die Rate der Schadstofffreisetzungen darf nicht die Aufnahmekapazität der Senken überschreiten.
- Das Zeitmaß anthropogener Einträge und Eingriffe in die Umwelt muss im ausgewogenen Verhältnis zum Zeitmaß der für das Reaktionsvermögen der Umwelt relevanten Prozesse stehen.

(Enquete-Kommission 1998, vgl. Graubner, Lützkendorf et al. 2007)

---

<sup>2</sup> Außer acht bleiben z.B. Nachhaltigkeitsaspekte in Bezug auf Berufstätigkeit im Bauwesen, das wirtschaftliche Handeln der Unternehmen etc. sowie die im weiteren Sinne gesellschaftlichen Anforderungen an die Bautätigkeit, die vor allem mit der Schaffung von Wohnraum verbunden sind.

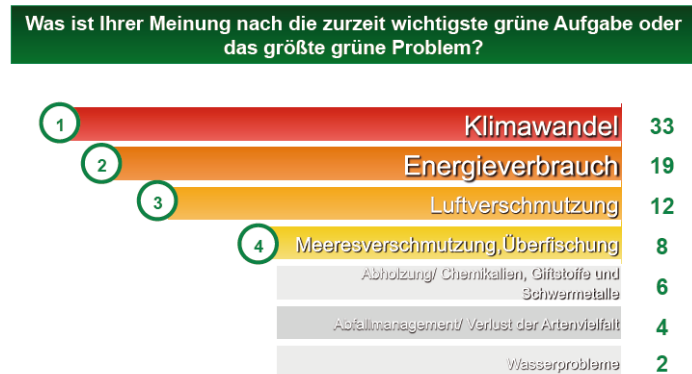
Diese Anforderungen an nachhaltiges Bauen beschränken sich nicht auf die Errichtung der Gebäude, sondern beziehen auch die Herstellung der Baumaterialien, die Phase der Nutzung und die Entsorgung der Restmassen bei Umbauten und bei Abbruch am Ende der Nutzung mit ein und beinhalten den Schutz aller Umweltmedien, Boden, Wasser und Luft, über den gesamten Nutzungszyklus von Gebäuden.

Das Ziel einer nachhaltigen Nutzung von Rohstoffen ist bisher nur in Bezug auf die Verringerung des Verbrauchs nicht erneuerbarer Energie sowie der damit verbundenen Emission klimaschädlicher Gase im allgemeinen gesellschaftlichen Bewusstsein gegenwärtig und als Umweltschutzziel weithin anerkannt, in Deutschland wird der Erhöhung der Energieeffizienz höchste Priorität für die Umweltpolitik zugemessen (s. Abb. 1.1-1, vgl.

BMU/UBA 2010). Auch im Nachhaltigkeitsbericht des BMVBS von 2009, der als Fachbeitrag zur Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung veröffentlicht wurde, wird als zentrales Ziel des nachhaltigen Bauens und der Aktivitäten des BMVBS die Verringerung des Energieverbrauchs im Gebäudebereich genannt, der 40% des Gesamtverbrauchs in Deutschland ausmacht; für die übrigen Ziele des Nachhaltigen Bauens steht allein der Hinweis auf das Gütesiegel „Nachhaltiges Bauen“ (BMVBS 2009, Nachhaltigkeitsbericht).

Vergleichbare Aufklärungsarbeit für einen schonenden Umgang mit mineralischen Rohstoffen, Holz und Metallen als den hautsächlichen Rohstoffquellen für Bauprodukte, muss offenbar erst noch geleistet werden. An der Nutzung dieser Ressourcen ist die Bauwirtschaft wesentlich beteiligt, der größere Teil der Wertschöpfungskette Bau ist als ausgesprochen rohstoffnah einzuordnen (Streck und Wischhof 2009). Zwar sind die Konsequenzen nicht nachhaltiger Nutzung nicht-energetischer Rohstoffe nicht von vornherein global, oft sind die nachteiligen Auswirkungen auf das Ökosystem nur regional oder auch nur lokal begrenzt. Dies relativiert aber keineswegs die Bedeutung entsprechender Umweltschutzziele für das Nachhaltige Bauen: Auch die Sicherung der Trinkwasservorräte, die Reinhaltung der Gewässer, der Schutz der Böden, die Schonung der Landschaft vor Eingriffen zur Rohstoffgewinnung oder zur Deponierung von Abfällen sind zur Bewahrung der Lebensgrundlagen künftiger Generationen unverzichtbare Ziele.

Gebäude werden aber nicht mit dem Ziel errichtet, das Klima zu schützen oder die Funktionsfähigkeit lokaler Ökosysteme zu bewahren. Sie werden vielmehr unter definierten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für bestimmte gesellschaftlich nützliche Zwecke errichtet. Da sie aus diesem Zusammenhang nicht zu lösen sind und folglich alle Umweltanforderungen an Gebäude in diesem Kontext zu sehen sind, genügt es nicht, Anforderungen zum Schutz der Umwelt isoliert zu stellen. Auch Gebäude, die Anforderungen an den Umweltschutz in hohem Maße erfüllen, genügen nur dann über ihre Lebenszeit der Anforderung der Nachhaltigkeit, wenn sie für die Gesellschaft von Nutzen sind und die wirtschaftliche Bilanz positiv ausfällt.



Quelle: Green Brands Global Insight 2010

Abb. 1.1-1: Wahrnehmung von Umweltproblemen

## **Schutz der menschlichen Gesundheit: Verringerung der Schadstoffbelastung der Atmosphäre und in Innenräumen**

Der zweite wesentliche Aspekt der Nachhaltigkeit, der das Bauen betrifft, ist der Schutz der menschlichen Gesundheit; bei der Sicherung der menschlichen Existenz als wesentlichem Ziel nachhaltiger Entwicklung steht die Gesundheitsvorsorge obenan (s.o. Tab. 1.1-1). Der allgemeinen Gesundheitsvorsorge dient alles, was zur Verringerung der Schadstoffbelastung der Atmosphäre beiträgt. Der besonderen gesundheitlichen Vorsorge dient darüber hinaus der Arbeitsschutz am Bau und für Nutzer und Bewohner der Gebäude eine möglichst umfassende Vermeidung baubedingter Schadstoffe in Innenräumen. Nachhaltiges Bauen ist mit Beeinträchtigungen der Gesundheit durch Bautätigkeit und Bauwesen nicht vereinbar.

Klare Grenzen zwischen unbedenklichen Baustoffen und solchen, die die Gesundheit gefährden, lassen sich aber nicht einfach ziehen. Denn gesundheitliche Auswirkungen durch den Umgang mit Baustoffen oder deren Emissionen lassen sich oft nur durch aufwändige wissenschaftliche Analysen ermitteln und erst durch Untersuchungen über längere Zeiträume mit belastbaren Daten belegen.

Für solche Untersuchungen bedarf es immer eines Anlasses, eines „Anfangsverdachts“, der hinreichend konkret sein muss. Zumeist sind es Häufungen von Gesundheitsproblemen, die mit bestimmten Wirkstoffen oder Umweltbedingungen in Zusammenhang gebracht werden. Insbesondere durch arbeitsmedizinische Studien sind Erkenntnisse zu gesundheitsschädigenden Folgen im Umgang mit Bauprodukten gewonnen worden. Aber auch gehäufte Gesundheitsprobleme von Nutzern von Gebäuden können Anlass sein für Vermutungen, dass die Ursachen in bestimmten Bauprodukten oder konkreten Nutzungsbedingungen liegen können. Wissenschaftliche Untersuchungen mit dem Ziel, die ursächlichen Gefahrstoffe zu ermitteln und ihnen konkrete gesundheitliche Wirkungen zuzuordnen, sind die Voraussetzung, um Belastungen durch Bauprodukte zu erkennen und zu vermeiden. Von der ersten Vermutung einer negativen Auswirkung bis zur eindeutigen Lokalisierung der Ursache in der Exposition einer bestimmten Substanz ist es aber zumeist ein langer Weg. Die Vorsorge ist aber abhängig von wissenschaftlichen Erkenntnisfortschritten und gesicherten Erkenntnissen. Und sie muss nicht zuletzt gegen wirtschaftliche Interessen auch durchgesetzt werden (vgl. 2.4).

Gesundheitliche Beeinträchtigungen in Innenräumen haben in jüngster Zeit wieder stärkere Beachtung gefunden, weil zur Vermeidung von Lüftungsverlusten aus energetischen Gründen die Lüftungsrate in Innenräumen zunehmend nach dem erforderlichen Frischluftbedarf bemessen und entsprechend reduziert wird. Schadstoffe aus internen Quellen werden bei geringerem Luftwechsel aber weniger häufig weggelüftet. Emissionen aus Bauprodukten können sich anreichern und die Belastung erhöhen. Bauprodukte sind aber keineswegs die einzigen und zumeist nicht die wesentlichen Quellen für Emissionen von Schadstoffen in Innenräumen. Diese sind so vielfältig wie die Nutzung und Ausstattung der Räume, wie z.B. Möbel, Arbeitsgeräte, nutzungsbedingte Materialien und - nicht zu vergessen - Tabakrauch.

## **Nachhaltigkeit als Perspektive für die Immobilienwirtschaft**

Auch in Wirtschaftsunternehmen finden die Themen Klimaschutz, Energieeffizienz und Nachhaltigkeit zunehmend Eingang in strategische Überlegungen. Wieweit Unternehmen sich positiv mit diesen Themen auseinandersetzen, hat mit der jeweiligen Einschätzung von Markt und gesellschaftlichem Umfeld zu tun.

Einer Befragung unter Managern großer Unternehmen in Nordamerika, Europa und Asien zufolge erwartet man als Effekt ein positives Image für die Marke (71%), Wachstumsimpulse (63%) und Kosteneinsparungen (50%). Als Risiko werden dagegen vorrangig höhere Kosten bei der Beschaffung gesehen. Als wesentliche Triebkräfte für unternehmerische Strategien in Richtung auf mehr Nachhaltigkeit, Energieeffizienz und Klimaschutz werden Nachfrage (57%), Behörden (50%) und gesetzliche Regelungen (36%) genannt. Da von entsprechenden gesetzlichen Regelungen und Vorschriften überwiegend positive Effekte erwartet werden (43%), liegt es nahe, das unternehmerische Handeln danach auszurichten. Welche Unternehmen bei diesem Trend Gewinner, welche Verlierer sein werden, wird auch davon abhängen, wieweit es ihnen gelingt, auf neue gesetzliche Regelungen vorbereitet zu sein und die Nase vorne zu haben. (Ernst & Young 2008).

**Tab. 1.1-2: Berücksichtigung der Umweltverträglichkeit bei der Immobilienbewertung**

<b>3</b>	<b>Kriteriengruppe „Objekt“</b>	<b>2. Ebene</b>	<b>3. Ebene</b>
<b>3.1</b>	<b>Architektur / Bauweise</b>	<b>20%</b>	
	<b>3.1.1</b>	Architektonische Gestaltung	25%
	<b>3.1.2</b>	Belichtung / Beschattung	15%
	<b>3.1.3</b>	Grundrissplanung / Funktionalität	60%
<b>3.2</b>	<b>Ausstattung</b>	<b>10%</b>	
	<b>3.2.1</b>	Gebäudetechnik / Sicherheitsausstattung	25%
	<b>3.2.2</b>	Informations- und Kommunikationstechnik	25%
	<b>3.2.3</b>	Innenausstattung	35%
	<b>3.2.4</b>	Soziale Einrichtung	15%
<b>3.3</b>	<b>Baulicher Zustand</b>	<b>15%</b>	
	<b>3.3.1</b>	Alter / Baujahrklasse	20%
	<b>3.3.2</b>	Modernisierungszustand / Revitalisierung	40%
	<b>3.3.3</b>	Instandhaltungszustand	40%
<b>3.4</b>	<b>Grundstückssituation</b>	<b>25%</b>	
	<b>3.4.1</b>	Grundstückszuschnitt / Topografie	25%
	<b>3.4.2</b>	Geologische Verhältnisse, archäologische Aspekte (Grundstück)	20%
	<b>3.4.3</b>	Bodenkontamination (Grundstück)	20%
	<b>3.4.4</b>	Innere und äußere Erschließung	20%
	<b>3.4.5</b>	Außenanlage	15%
<b>3.5</b>	<b>Umweltverträglichkeit</b>	<b>10%</b>	
	<b>3.5.1</b>	<b>Baumaterialien</b>	40%
	<b>3.5.2</b>	<b>Energiebilanz</b>	35%
	<b>3.5.3</b>	<b>Gebäudeemission (z.B. Wind, Blendwirkung)</b>	25%
<b>3.6</b>	<b>Rentabilität der Gebäudekonzeption</b>	<b>20%</b>	
	<b>3.6.1</b>	Flächeneffizienz (Wohnfläche nach GIF / Bruttogrundfläche)	30%
	<b>3.6.2</b>	Betriebskosten (E/m <sup>2</sup> Bruttogrundfläche)	50%
	<b>3.6.3</b>	Behördliche Auflagen (z.B. Baugenehmigung, Brandschutz, Denkmalschutz)	20%

Quelle: Bundesverband Öffentlicher Banken Deutschlands / VÖB, 2006 (Auszug)

Spezifischer stellt sich die Frage, welche Bedeutung den genannten „grünen“ Themen in der Immobilienwirtschaft zugemessen wird. Die als Nachweis des nachhaltigen Bauens entwickelten Gütesiegel (s. Abschnitt 1.2), haben zwar alle ihren Ursprung im Bemühen, Energieeffizienz und die Vermeidung von Umweltbelastungen beim Bauen voranzubringen und stärker im allgemeinen Bewusstsein zu verankern, ihren Stellenwert in der Immobilienwirtschaft haben sie aber vor allem als Qualitätsnachweis gefunden. Dies ist vor allem für die amerikanische Immobilienwirtschaft bedeutsam, die sehr viel weniger reguliert ist und durch rechtlich bindende Qualitätsstandards geleitet wird als die deutsche, z.B. hinsichtlich der energetischen Qualität durch die Anforderungen von EnEV und Energiepass.

Immerhin werden in jüngster Zeit auch bei der allgemeinen Immobilienbewertung Nachhaltigkeitsaspekte ins Kalkül gezogen und dabei nicht allein der unmittelbar betriebskostenrelevante energetische Standard. So werden bei dem standardisierten Immobilienbewertungsverfahren des Bundesverbandes Öffentlicher Banken Deutschlands, VÖB, die Umweltverträglichkeit mit 10% der Bewertung des Objekts gewichtet, davon 40% für die Baumaterialien, 35% für die Energiebilanz und 25% für Gebäudeemissionen (z.B. Wind, Blendwirkung). Die Objektebene geht allerdings nur zu 20% in die Bewertung ein – neben Ausstattung, Zustand, Grundstückssituation und Wirtschaftlichkeit der Gebäudekonzeption (s. Tab. 1.1-2).

Auch wenn es zu früh sein mag, die immobilienwirtschaftliche Bedeutung der Gütesiegel insgesamt einschätzen zu können, ist in der Branche doch die Meinung verbreitet, dass die damit dokumentierte Qualität der Immobilien durch bessere Vermietbarkeit und höhere Mieterlöse deren Werthaltigkeit erhöht<sup>3</sup>. Als bestimmende Triebkräfte der Entwicklung sind dabei vorrangig die überdurchschnittlich steigenden Energiekosten zu sehen: „Die Zahl der Bauunternehmen und Investoren, die sich dem "Green Building" verschrieben haben, wächst. Denn ökologisch saubere Häuser sind nicht nur gut für das Gewissen, sondern auch gut für die Rendite.“ (Handelsblatt vom 01.02.10: Immobilieninvestment: Nachhaltige Gebäude sind gefragt). Das wird auch unmittelbar bei der Vermarktung spezifischer Immobilienfonds genutzt (s. Abb. 1.1-2).

#### MEHRWERT GREENBUILDING Grün zu bauen, rechnet sich.



Die Fondsimmoblie zeigt dies vorbildhaft: Der Primärenergiebedarf liegt rund 40 Prozent unter dem einer Standard-Immobilie. Das hält die Nebenkosten niedrig und schont obendrauf das Klima. GreenBuildings sind bei Mietern sehr gefragt - ein wichtiger Pluspunkt mit Blick auf Neuvermietungen und die zu erwartenden Mieteinnahmen.

**Abb. 1.1-2: Werbung für einen Immobilienfonds**

In diesem Sinne kommt eine Studie zur Wirtschaftlichkeit nachhaltig gebauter und bewirtschafteter Immobilien auf der Basis empirischer Auswertungen von Green Buildings in den USA zu dem Ergebnis: „dass sich diese so genannten „Green Buildings“ sowohl für Mieter wie Investoren rechnen, da sie im Vergleich zu konventionellen Immobilien kontinuierliche Kostenvorteile, höhere Mieterträge und höhere Immobilienwerte erzielen. In Zeiten des Klimawandels seien Investments in die Energieeffizienz von Gebäuden daher nicht nur ökologisch notwendig. Vielmehr kämen Green Buildings aufgrund ihres deutlich wirtschaftlicheren Betriebs eine zukunftsweisende Bedeutung in der Immobilienökonomie zu.“ (FondsMedia 2010).

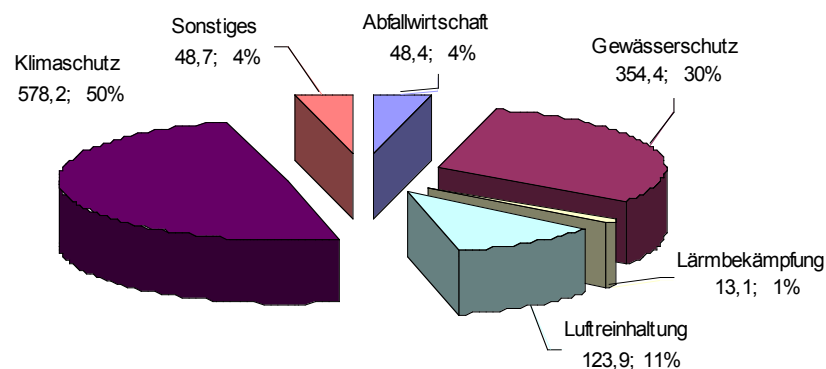
<sup>3</sup> vgl. z.B. Puls 2009, Miller/Pogue 2009, Miller 2010, Borutta 2010, Buchholtz 2010 sowie DB Research 2010.

Eine Untersuchung in der Schweiz, die sich auf das dort gebräuchliche Gütesiegel Minergie (s. U. Abs. 1.2.6) bezieht, kommt zum Ergebnis, dass der (Schweizerische) Immobilienmarkt Mehrkosten für Immobilien (einschließlich Grundstückskosten) von 3,5% für Eigentumswohnungen und 7% für Eigenheime akzeptiert<sup>4</sup>. Insbesondere für Eigenheim-erwerber sind aber nicht die niedrigeren Betriebskosten und die geringere Abhängigkeit von Energiepreisentwicklungen allein ausschlaggebend, sondern auch die Summe der Qualitätsnachweise (Meins 2008).

Eine andere Frage ist es, wie der Nutzen einer besonderen Zertifizierung der Nachhaltigkeit durch ein Gütesiegel – auch als Ausweis geringer Betriebskosten – von Seiten der Immobilienanbieter bzw. Investoren eingeschätzt wird. Angesichts der Kosten, die mit den erforderlichen Nachweisen und der Zertifizierung für ein Gütesiegel entstehen, wird es sehr von dem jeweiligen Segment des Immobilienmarktes und der Nutzungsperspektive bzw. den Verwertungsabsichten des Investors und abhängen, ob der nicht unerhebliche Aufwand für die Zertifizierung einer Immobilie für lohnend erachtet wird<sup>5</sup>.

### Nachhaltigkeit als Chance für Bauwesen und Betriebe im Bereich Umwelttechnologie

Zur Nachhaltigkeit im Bauwesen und zur Umweltentlastung beim Bauen kann moderne Umwelttechnologie wesentlich beitragen. Auch viele Umweltschäden aus früherer Bautätigkeit lassen sich mit innovativen Verfahren und Bauprodukten beheben oder mildern. In vielen Bereichen ist die Entwicklung von Technologie für den Umweltschutz schon zu einem bedeutenden Wirtschaftssektor geworden (UBA 2009). Auch die hessische Industrie steht hier nicht zurück (s. Abb. 1.1-3 und 1.1-4).



Quelle: Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2009  
 Sonstiges einschließlich Naturschutz und Landschaftspflege sowie Bodensanierung

**Abb. 1.1-3: Umweltbezogener Umsatz an Waren, Bau- und Dienstleistungen nach Umweltbereichen Hessen 2007 in Mio. €**

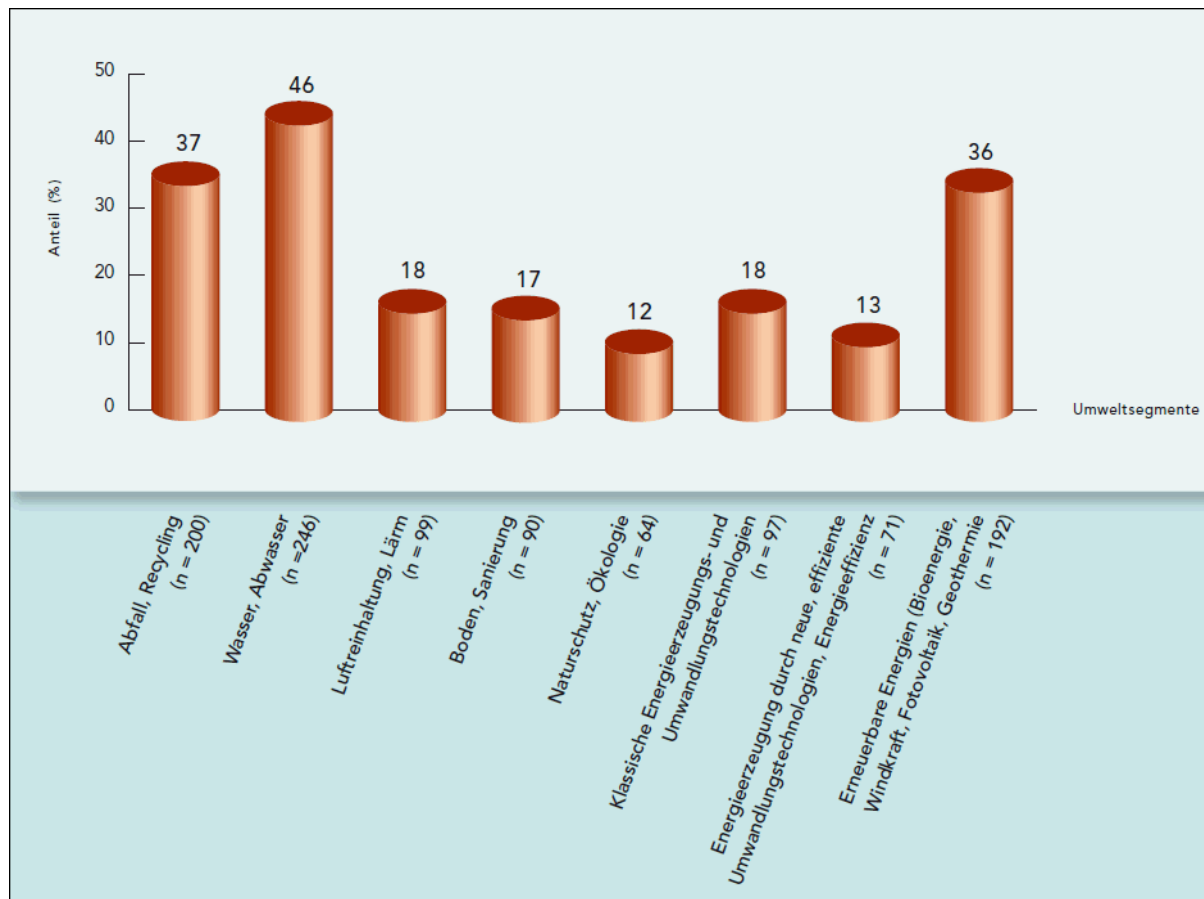
Wie sehr Umwelanforderungen beim Bauen Innovationen anschieben und Investitionen initiieren können, belegt nachdrücklich die Entwicklung bei den Maßnahmen zur Energieeinsparung, die eine Vielfalt an technischen Innovationen hervorgebracht hat, von den Bauprodukten und Bauelementen zur thermischen Isolierung von Außenflächen über eine energetisch optimierten Anlagentechnik und Konzepte zur passiven Nutzung der Solar-energie bis hin zur autarken Versorgung mit erneuerbarer Energie. Insbesondere die energetische Erneuerung des Gebäudebestandes hat sich zu einer festen wirtschaftlichen Größe im Bauwesen entwickelt (DB Research 2008). Steigende Energiekosten aufgrund

<sup>4</sup> Dies liegt im Rahmen der von Minergie vorgegebenen Grenze für bauliche Mehrkosten von 10%.

<sup>5</sup> vgl. z.B.: Die Öko-Zertifizierung als teures Vergnügen. FAZ vom 9.4.2010. Berichtet wird über die Zertifizierung der selbstgenutzte Gewerbeimmobilie eines mittelständischen Unternehmens mit dem Gütesiegel „Nachhaltiges Bauen“ der DGNB.

global wachsender Nachfrage aber auch bewirkt durch ökologisch motivierte Steuererhöhungen sind eine weitere wesentliche Triebkraft für Innovationen bei der Energieeffizienz (UVA 2006).

Realisierte Maßnahmen bei Gebäuden gehen über das energiesparrechtlich Erforderliche (s. 1.4.3) oft noch weit hinaus. Vorreiter der technischen Entwicklung sind auch Kommunen, wie z.B. die Stadt Frankfurt, die sich für städtische Baumaßnahmen auf Passivhausstandard festgelegt hat<sup>6</sup>, die damit dazu beitragen, die Basis für den Einsatz innovativer Technologie zu verbreitern.



Quelle: HMWVL Hessen-Umwelttech 2008

**Abb. 1.1-4: Hessische Umwelttechnologiebetriebe nach Tätigkeitsbereichen, Anzahl und Anteilen**

Entsprechende Impulse wie bei der Energieeinsparung sind auch durch die verstärkte Beachtung weiterer Aspekte des nachhaltigen Bauens für Bau- und Immobilienwirtschaft sowie Betriebe im Bereich Umwelttechnologie zu erwarten. Nachhaltigkeit beim Bauen können auch die Bauherren insbesondere der öffentlichen Hand bei den Bauaufgaben von Bund, Ländern und Gemeinden durch ihr Handeln als Auftraggeber von Planungs- und Bauleistungen fördern. Ein hoher Qualitätsstandard der Planung, der verwendeten Materialien und Bauprodukte und des Bauprozesses reduziert Kosten und zugleich Belastungen der Umwelt.

<sup>6</sup> Beschluss der Stadtverordnetenversammlung Frankfurt am Main vom 28.01.2010

### 1.1.2 Verständigung über die Grundlagen nachhaltigen Bauens: Internationale Normung zur Nachhaltigkeit im Bauwesen

Um Nachhaltiges Bauen zu etablieren, muss man sich zunächst über konkrete Ziele verständigen und klären, wie soziale, wirtschaftliche und ökologische Aspekte und Ziele dabei miteinander zu verzahnen sind. Als erster Schritt in Richtung Nachhaltiges Bauen wurden in vielen Ländern nach einem allgemeinen Verständnis von Umweltschutz, Energieeffizienz und Gesundheitsvorsorge Handlungsanweisungen, Leitfäden und Checklisten zum nachhaltigen Bauen entwickelt, in denen entsprechende Anforderungen konkretisiert wurden. In Deutschland z.B. legte das BMVBS 2001 den Leitfaden „Nachhaltiges Bauen“ vor, in dem entsprechende Zielsetzungen in allgemeine technische Vorgaben umgesetzt sind. Der Leitfaden wurde zwar für die Belange der Bautätigkeit des Bundes zusammengestellt, konnte aber im Zusammenhang weiterer Bemühungen des BMVBS zu seiner inhaltlichen Ergänzung auch dazu beitragen, das allgemeine Verständnis von Nachhaltigkeit im Bauwesen in Deutschland zu fundieren<sup>7</sup>.

		
<b>National</b> Deutsches Institut für Normung e. V.	<b>Europäisch</b> Comité Européen de Normalisation (Europäisches Komitee für Normung)	<b>International</b> International Organisation for Standardization (Internationale Organisation für Normung)
NORMENAUSSCHUSS BAUWESEN		

**Abb. 1.1-5: Institutionen internationaler Normung**

Die zwangsläufige Vielfalt der national wie international verwendeten Kriterien und Indikatoren für Nachhaltigkeit im Bauwesen wie auch die Unterschiedlichkeit der Herangehensweisen und der Datengrundlagen ist jedoch ein Hemmnis für die internationale Verständigung in Fragen des Nachhaltigen Bauens. Angesichts der globalen Wirkungszusammenhänge und Erfordernis globalen Handelns, ist die internationale Vergleichbarkeit der Grundlagen und der methodischen Ansätze für eine Harmonisierung des praktischen Handelns unverzichtbar, um die Bemühungen um nachhaltiges Bauen über nationale Grenzen hinweg koordinieren zu können und Synergieeffekte zu erreichen.

Eine Verständigung über Grundbegriffe ist in den vergangenen Jahren wesentlich durch die international eng verflochtene Normungsarbeit vorangebracht worden (s. Abb. 1.1-5). Auf oberster internationaler, quasi globaler Ebene schafft das ISO (International Organization for Standardization, Genf) die erforderlichen Grundlagen mit der Normungsarbeit seines für das Bauwesen zuständigen Technischen Komitees TC 59 und dessen Unterkomitee SC 17 „Nachhaltiges Bauen“. In der Arbeitsgruppe WG1 des Unterkomitees ISO/TC59/SC17, die für das gesamte Normungsprojekt „Nachhaltiges Bauen“ zuständig ist, wurde die Norm ISO 15392 erarbeitet, in der die allgemeinen Grundsätze (*General Principles*) des Nachhaltigen Bauens festgehalten sind. Sie ist Grundlage für weitere Normungsvorhaben des CEN (Comité Européen de Normalisation / Europäisches Komitee für Normung) auf europäischer Ebene, die im Technischen Komitee CEN/TC 350 „Nachhaltigkeit von Gebäuden“ bearbeitet werden (s. Tab 1.1-3).

<sup>7</sup> Eine überarbeitete und erweiterte Version des Leitfadens, in der u.a. die Zertifizierung nach BNB als erforderlicher Nachweis der Nachhaltigkeit bei Bauvorhaben des Bundes einbezogen ist, wurde 2011 auf dem Nachhaltigkeitsportal des BMVBS veröffentlicht ([www.nachhaltigesbauen.de](http://www.nachhaltigesbauen.de)).



Die Normungsarbeit von ISO wie CEN schafft international eine gemeinsame Basis, um die Prinzipien einer nachhaltigen Entwicklung schließlich auf Einzelgebäude anwenden zu können. Dafür werden geeignete Indikatoren und Berechnungsgrundlagen erarbeitet und Grundlagen für die Definition umwelt- und gesundheitsrelevanter Merkmale und die Eigenschaften von Bauprodukten erarbeitet, sowie Grundlagen für die Beschreibung, Bewertung und Darstellung der Umweltqualität von Gebäuden bereitgestellt<sup>8</sup>.

**Tab. 1.1-3: CEN/TC 350 "Sustainability of Construction Works"  
CEN / Technisches Komitee 350 „Nachhaltigkeit von Gebäuden“**

Sub-Committee/ Working Group	Title	Bezeichnung
CEN/TC 350/WG 1	Environmental performance of buildings	Umwelteigenschaften von Gebäuden
CEN/TC 350/WG 2	Building Life Cycle Description	Ökobilanzierung von Gebäuden
CEN/TC 350/WG 3	Products Level	Bauprodukte
CEN/TC 350/WG 4	Economic performance assessment of buildings	Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Gebäuden
CEN/TC 350/WG 5	Social performance assessment of building	Bewertung der sozialen Qualität von Gebäuden

Die Bedeutung der Normung für das Nachhaltige Bauen wird im Zusammenhang der Bewertung der Nachhaltigkeit von Produkten für den gleichen Verwendungszweck deutlich. Nur wenn deren Nachhaltigkeit nach gleichen Kriterien und mit dem gleichen Verfahren ermittelt und bewertet wurde, ist ein substanzieller Vergleich möglich. Gleiches gilt für die Zertifizierung der Nachhaltigkeit von Gebäuden, deren Bewertung auf wissenschaftlich anerkannten, transparenten Grundlagen und Verfahren beruhen muss, die auf alle bewertete Objekte gleich angewendet werden. Als ein geeignetes Verfahren zur ganzheitlichen Erfassung und Bewertung der Umweltauswirkungen von Produkten und Dienstleistungen auf Boden Wasser und Luft in einer systematischen Vorgehensweise hat sich das Verfahren der Ökobilanzierung international durchgesetzt. In der international gültigen DIN EN ISO 14040 werden die Regeln der Erfassung der Umweltauswirkungen in einem definierten und transparenten Verfahren vorgegeben (s.u. 1.1.3).

Weitere Normen behandeln die Nachhaltigkeit von Bauwerken in Bezug auf ihre umweltbezogenen, wirtschaftlichen und sozialen Eigenschaften (DIN EN 15942-1 bis -4) oder die Anforderungen und Methoden für die Umweltdeklaration von Bauprodukten (ISO 21930). Dieser Normungsprozess erfolgt im Wechselspiel von nationaler, europäischer und internationaler Normung<sup>9</sup> und bleibt im Fluss; einen Überblick über den Stand der Dinge gibt Tab. 1.1-4.

<sup>8</sup> Die Normungsarbeit von ISO und CEN beruht wie die des DIN auf dem Prinzip der fachlichen Vereinbarung von Standards auf der Basis von Konsens. Die erarbeiteten Normen sind nicht unmittelbar rechtlich verbindlich, außer es wird in staatlichen Rechtsnormen darauf Bezug genommen. Deutschland ist an der internationalen Normsetzung über das DIN Deutsches Institut für Normung e. V. beteiligt, im Bauwesen mit dem Normenausschuss Bauwesen (NABau) und in Fragen der Nachhaltigkeit insbesondere mit dessen Unterausschuss „Nachhaltiges Bauen“. Der Normenausschuss NA 005-01-31 AA „Nachhaltiges Bauen“ spiegelt für Deutschland jeweils die internationalen Gremien des ISO/TC 59/SC 17 und CEN/TC 350. Das technische Komitee 350 des CEN ist in fünf Arbeitsgruppen mit nachhaltigem Bauen befasst. ([www.nabau.din.de](http://www.nabau.din.de))

<sup>9</sup> Eine Europäische Norm (EN) muss nach Europarecht zur Abschaffung von Handelsbarrieren in allen Mitgliedsländern vom CEN auf nationaler Ebene angekündigt und als identische nationale Norm veröffentlicht oder anerkannt werden. Bisherige nationale Normen müssen dann zurückgezogen werden. Eine Internationale Norm (ISO), die nicht als EN-ISO-Norm vom CEN übernommen wurde, kann aber auch als DIN-ISO-Norm auf nationaler Ebene übernommen werden.

**Tab. 1.1-4: Vom Deutschen Institut für Normung übernommene europäische und internationale Normen zur Nachhaltigkeit<sup>10</sup> (DIN EN bzw. ISO)**

Normen	Inhalt
<b>DIN SPEC 1096</b> :2009-08 (E)	Bauprodukte - Bewertung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen – Handelsbarrieren; Englische Fassung CEN/TR 15855:2009
<b>DIN EN 15978</b> : 2009-08 (E)	Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der Umweltleistungsfähigkeit von Gebäuden – Berechnungsmethode (Norm-Entwurf )
<b>DIN EN 15942</b> :2009-05 (E)	Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltdeklarationen - Kommunikationsformate zwischen Unternehmen (Norm-Entwurf )
<b>DIN EN 15643-1</b> :2009-02 (E)	Nachhaltigkeit von Bauwerken - Ganzheitliche Bewertung der Qualität von Gebäuden - Teil 1: Allgemeine Rahmenbedingungen (Norm-Entwurf )
<b>DIN EN 15643-2</b> :2009-02 (E)	Nachhaltigkeit von Bauwerken - Ganzheitliche Bewertung der Qualität von Gebäuden - Teil 2: Rahmenbedingungen für die Bewertung der umweltbezogenen Qualität (Norm-Entwurf )
<b>DIN EN 15643-3</b> :2010-04 (E)	Nachhaltigkeit von Bauwerken - Ganzheitliche Bewertung der Qualität von Gebäuden - Teil 3: Rahmenbedingungen für die Bewertung der sozialen Qualität
<b>DIN EN 15643-4</b> :2010-04 (E)	Nachhaltigkeit von Bauwerken - Ganzheitliche Bewertung der Qualität von Gebäuden - Teil 4: Rahmenbedingungen für die Bewertung der ökonomischen Qualität
<b>DIN EN 15804</b> :2008-04 (E)	Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltdeklarationen für Produkte - Regeln für Produktkategorien (Norm-Entwurf )
<b>ISO 14025</b> :2006	Environmental labels and declarations -- Type III environmental declarations -- Principles and procedures
<b>DIN EN ISO 14040</b> :2006-10	Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen
<b>DIN EN ISO 14044</b> :2009-11	Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen
<b>ISO 15392</b> :2008-05	Nachhaltiges Bauen - Allgemeine Grundsätze
<b>ISO 16813</b> :2006-05	Umweltgerechte Gebäudeplanung - Innenraumbedingungen - Allgemeine Auslegungsprinzipien
<b>ISO/TS 21929-1</b> :2006-03	Hochbau - Nachhaltiges Bauen - Nachhaltigkeitsindikatoren
<b>ISO 21930</b> :2007-10	Hochbau - Nachhaltiges Bauen - Umweltdeklaration von Bauprodukten
<b>ISO/TS 21931-1</b> :2006-03	Hochbau - Nachhaltiges Bauen - Bewertung der Auswirkungen von Gebäuden auf die Umwelt (in Überarbeitung, s.u. FDIS)
<b>ISO/FDIS 21931-1</b> :2008-06 (E)	Sustainability in building construction - Framework for methods of assessment for environmental performance of construction works - Part 1: Buildings

**CEN**: Comité Européen de Normalisation / European Committee for Standardization / Europäisches Komitee für Normung; **DIN**: Deutsche Norm; **DIN SPEC**: nicht konsensbasierte „vorläufige“ Norm; **DIS**: Draft International Standard; **FDIS**: Final draft International Standard; **EN**: Europäische Norm; (E): Entwurf, **ISO**: International Organization for Standardization; **TR**: Technical Report; **TS**: Technical Specification; (vgl. [www.spec.din.de](http://www.spec.din.de), [www.cen.eu](http://www.cen.eu), [www.iso.org](http://www.iso.org))

Quelle: [www.nabau.din.de](http://www.nabau.din.de) DIN 2010, [www.nachhaltigesbauen.de](http://www.nachhaltigesbauen.de)

<sup>10</sup> Im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. ist der Normenausschusses Bauwesen (NABau) zuständig für die deutsche (DIN), europäische (CEN) und weltweite (ISO) Normungsarbeit für das Bauwesen (vgl. [www.nabau.din.de](http://www.nabau.din.de)). Dem Unterausschuss Nachhaltiges Bauen NA 005-01-31 AA sind derzeit 12 gültige Normen zugeordnet. Er korrespondiert mit den entsprechenden internationalen technischen Komitees ISO/TC 59/SC 17 und CEN/TC 350. Bei ISO ist für nachhaltiges Bauen zuständig das Technische Komitee 59, Unterkomitee 17 / TC59/SC17 „Sustainability in Building Construction“ ([www.iso.org](http://www.iso.org)). Zur Zusammenstellung vgl. [www.nachhaltigesbauen.de](http://www.nachhaltigesbauen.de)

### 1.1.3 Ökobilanzierung

#### Zweck und Vorgehensweise

Mit der deutschen und internationalen Norm DIN ISO 14040 in Verbindung mit der DIN ISO 14044<sup>11</sup> sind die Voraussetzungen für eine international einheitliche Erstellung von Ökobilanzen gegeben. Die Bilanzierung der Umweltauswirkungen erstreckt sich ganzheitlich über den gesamten Lebensweg eines Produktes („von der Wiege bis zur Bahre“) und wird dementsprechend englisch als „*life cycle assessment*“ / LCA bezeichnet (vgl. Klöpffer/Grahl 2009). Erfasst werden die Umweltwirkungen bei der Herstellung, in der Nutzungsphase und bei der Entsorgung des Produktes, einschließlich aller vor- und nachgeschalteten Prozesse (z. B. Herstellung der Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe).

Zu den Umweltwirkungen zählen sämtliche umweltrelevanten Entnahmen aus der Umwelt (z. B. Wasser, Sand, Steine, Primärenergie) sowie die in die Umwelt gelangenden Emissionen (z. B. Kohlendioxid/CO<sub>2</sub> Stickoxide/NO<sub>x</sub>, Methan/CH<sub>4</sub>, VOC/flüchtige Kohlenwasserstoffe/C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>) und Rückstände (zu deponierende, nicht weiter verwertbare Baurestmassen). Nach der Norm ISO 14040 ist der Begriff Ökobilanz auf alle Arten von Produkten und ausdrücklich auch auf Dienstleistungen bezogen, so dass sie auch auf Verfahren und Prozesse anwendbar ist.

Das Verfahren der Ökobilanzierung folgt keinem starren, immer gleichen Schema. Vielmehr ist je nach der Fragestellung, die mit einer Ökobilanz geklärt werden soll, ein darauf ausgerichtetes spezifisches Untersuchungskonzept zu entwickeln, das wesentlich durch die Bedingungen des zu untersuchenden Produktsystems bestimmt wird. Charakteristisch für das Vorgehen bei der Ökobilanzierung ist daher der relative, auf die Aufgabenstellung bezogene Ansatz des Verfahrens. Entsprechend sind mit dem Untersuchungsrahmen nicht nur die Gegenstände der Analyse sondern auch deren Breite und Tiefe sowie die Systemgrenzen zweckbezogen festzulegen.

Ökobilanzen haben mittlerweile in der Umweltpolitik und der Gesetzgebung eine erhebliche Bedeutung erlangt (z.B. Umweltproduktdeklaration, s.u.). Diese liegt im wesentlichen darin, dass dabei Umweltwirkungen sehr unterschiedlicher Produkte und Verfahren für den gleichen Zweck miteinander verglichen werden können; erste Ökobilanzen in Deutschland im Auftrag des UBA befassten sich z.B. mit unterschiedlichen Arten von Getränkeverpackungen wie Mehrwegglasflaschen und Einwegplastikflaschen (vgl. UBA 2000 und 2002). Die Umweltwirkungen werden jeweils nach den gleichen relevanten Kriterien der Umweltbelastung für gleiche Einheiten (z.B. Verpackungseinheit 1 Liter) quantifiziert und über den Lebensweg der Produkte bilanziert.

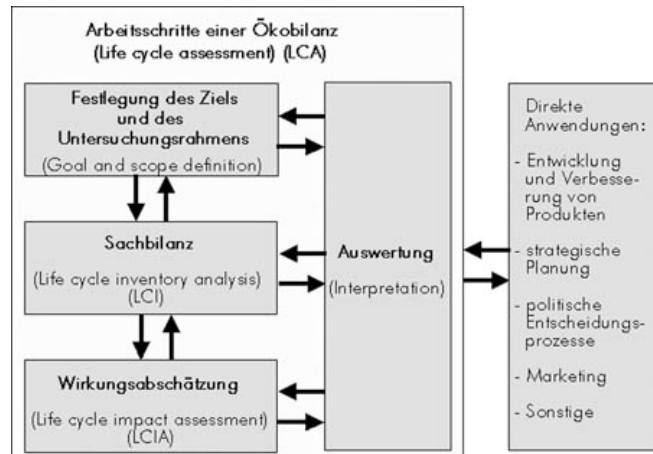
Der Vorzug des Verfahrens liegt dabei in der Ganzheitlichkeit der Erfassung (möglichst) aller relevanten Belastungen der Umwelt und der Gesundheit, die durch ein Produkt bewirkt werden und dies über seine gesamte Lebensdauer. Die führt weg von Ein-Punkt-Bewertungen, die auf der Betrachtung lediglich eines Merkmals beruhen, wie z.B. einem relativ hohen Energieaufwand für die Herstellung (z.B. Holzweichfaserplatten im Nassverfahren, Aluminiumbauteile aus Rohaluminium) ohne auch positive Produkteigenschaften, wie z.B. Dauerhaftigkeit, geringen Instandhaltungsbedarf, geringes Gewicht und Recyclingfähigkeit, oder nachteiligere Eigenschaften bei anderen Kriterien von Alternativprodukten entsprechend zu berücksichtigen.

<sup>11</sup> Die zweite Ausgabe der ISO 14040 sowie die ISO 14044 als Zusammenfassung der vorherigen Einzelnormen ISO 14041 bis 14043 wurden am 30. Juni 2006 veröffentlicht. 2009 wurde die geringfügig überarbeitete Version ISO 14044:2009-11 herausgegeben.

Ökobilanzen sind auch Grundlage der Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden (s.u. 1.2). Angewendet auf die Summe aller zur Herstellung eines Gebäudes verwendeten Bauprodukte und Materialien bietet die Ökobilanz eine Zusammenfassung der wesentlichen Umweltwirkungen unter Berücksichtigung der tatsächlich insgesamt eingesetzten Mengen an Bauprodukten. Ziel ist dabei, problematische Bauprodukte und Verfahren zu erkennen und durch weniger belastende Alternativen zu ersetzen.

Bei einer vollständigen Ökobilanz nach der Norm ISO 14040 (s. Abb. 1.1-6) ist entsprechend dem relativen Ansatz zunächst der

- Untersuchungsrahmen zu definieren, dann sind eine
- Sachbilanz über alle relevanten Stoffflüsse aufzustellen und eine
- Wirkungsabschätzung dieser Stoffe auf die Umwelt durchzuführen; in der
- Auswertung sind die Ergebnisse dann zu interpretieren und einzuordnen.



Quelle DIN EN ISO 14044

**Abb. 1.1-6: Arbeitsschritte bei einer Ökobilanz**

#### *Definition von Ziel- und Untersuchungsrahmen*

Bei der Definition von Ziel- und Untersuchungsrahmen der Ökobilanz wird festgelegt, welche Produkte unter welchen Randbedingungen untersucht werden sollen. Festzulegen ist der zu betrachtende Lebensweg von der Gewinnung der Rohstoffe bis zur Entsorgung nach dem Ende der Nutzung. Auch Grenzen der Untersuchung sind zu bestimmen (sogenannte Abschneidekriterien), z.B. welche (geringe) Mengen bei welchen Stoffen (unter welchen Bedingungen) außer Betracht bleiben können sowie die Bezugseinheit nach funktioneller Leistung, Volumen, Gewicht etc. Zu entscheiden ist weiterhin, welche Umweltwirkungen auf Boden, Wasser und Luft erfasst werden sollen.

#### *Sachbilanz*

In der Sachbilanz werden die während des Lebensweges eines Produktes der Umwelt entnommenen Rohstoffe (Inputs: Ressourcen) und die Abgabe von Rest- und Schadstoffen an die Umwelt (Outputs: Emissionen in die Luft, Einleitungen in Gewässer und Ablagerungen auf Böden) mengenmäßig erfasst und über den Lebensweg des Produktes zusammengefasst. In der Sachbilanz wird z.B. der über den Lebensweg kumulierte Energieverbrauch erfasst.

#### *Wirkungsabschätzung / Wirkbilanz*

Bei der Wirkungsabschätzung werden die Ergebnisse der Sachbilanz nach üblicherweise fünf bis zehn Wirkungskategorien ausgewertet. Wesentliche Kriterien der Wirkungsabschätzung sind die Potenziale, mit denen die untersuchten Produkte zur Erderwärmung (Treibhauseffekt), zum Ozonabbau in der Stratosphäre, zur photochemischen Oxidantienbildung (Sommersmog) sowie zur Versauerung bzw. Eutrophierung (Überdüngung) der Böden beitragen können.

*Auswertung*

Bei der Auswertung werden die für das Ergebnis wesentlichen Aspekte herausgestellt, z.B. einzelne Abschnitte des Lebensweges oder besonders bedeutsame Wirkungskategorien. Zudem werden Konsistenz, Vollständigkeit und Sensitivität der Ökobilanz geprüft. Bei der Auswertung werden die Umweltauswirkungen zwangsläufig gewichtet. Die Gewichtung unterschiedlicher Wirkungskategorien ist aber nicht allein naturwissenschaftlich zu begründen. Für diese und vergleichbare Entscheidungen sind nach DIN EN ISO 14040 (Absatz 4.1.3) daher auch andere wissenschaftliche Ansätze (sozialwissenschaftliche, wirtschaftswissenschaftliche) oder Grundsätze internationaler Übereinkommen (z.B. auf UNO Ebene) heranzuziehen, bzw. soweit auch diese nicht ausreichen, schließlich auch Werthaltungen auf der Grundlage kultureller oder gesellschaftlicher Überzeugungen.

**Tab. 1.1-5: Wirkungskriterien der Ökobilanzierung**

Kategorie			Einheit
<b>Wirkbilanz</b>			
Treibhauspotenzial	<b>GWP</b>	<i>Global Warming Potential</i>	kg CO <sub>2</sub> -Äquiv./m <sup>2</sup> *a
Ozonabbaupotenzial	<b>ODP</b>	<i>Ozone Depletion Potential</i>	kg R11-Äquiv./m <sup>2</sup> *a
Photochemisches Oxidantienbildungspotenzial	<b>POCP</b>	<i>Photochemical Ozone Creation Potential</i>	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äquiv./m <sup>2</sup> *a
Versauerungspotenzial	<b>AP</b>	<i>Acidification Potential</i>	kg SO <sub>2</sub> -Äquiv./m <sup>2</sup> *a
Eutrophierungspotenzial / Überdüngungspotenzial	<b>EP</b>	<i>Nutrification Potential</i>	kg PO <sub>4</sub> -Äquiv./m <sup>2</sup> *a
<b>Sachbilanz</b>			
Primärenergiebedarf gesamt	<b>PE<sub>ges</sub></b>		MJ/m <sup>2</sup> *a
Primärenergiebedarf, erneuerbar	<b>PE<sub>e</sub></b>		MJ/m <sup>2</sup> *a
Primärenergiebedarf, nicht erneuerbar	<b>PE<sub>ne</sub></b>		MJ/m <sup>2</sup> *a

**Anmerkungen**

**C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>**, Ethen (Äthen, Ethylen, Äthylen), ein ungesättigter Kohlenwasserstoff, ist ein farbloses Gas.

**R 11**, CFC<sub>13</sub> (Freon 11, Trichlorfluormethan, Trichlormonofluormethan, Fluortrichlormethan, Monofluortrichlormethan) nicht brennbare Flüssigkeit bzw. oberhalb 23,6 Grad C nicht brennbares Gas; schwer löslich in Wasser, sehr leicht flüchtig, umweltgefährlich.

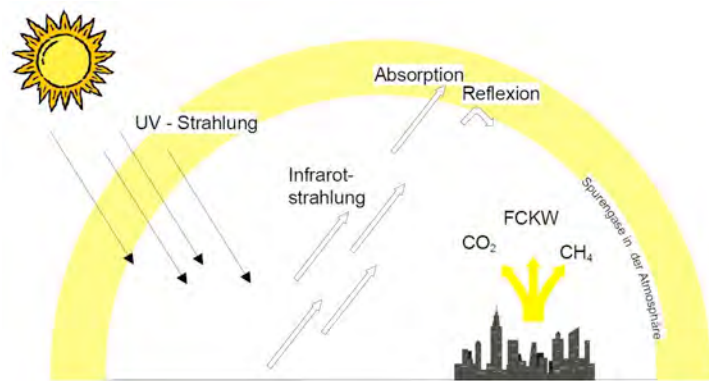
**SO<sub>2</sub>**, Schwefeldioxid, ist das Anhydrid der Schwefligen Säure H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>. Schwefeldioxid ist ein schleimhautreizendes giftiges Gas. Es ist sehr gut (physikalisch) wasserlöslich und bildet mit Wasser in sehr geringem Maße Schweflige Säure. Es entsteht vor allem bei der Verbrennung von schwefelhaltigen fossilen Brennstoffen wie Kohle oder Erdölprodukten, die bis zu 4 Prozent Schwefel enthalten. Es trägt erheblich zur Luftverschmutzung bei und verursacht **sauren Regen**. Dabei wird das Schwefeldioxid zunächst von Sauerstoff zu Schwefeltrioxid oxidiert und dann mit Wasser zu Schwefelsäure (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) umgesetzt.

**PO<sub>4</sub>**; Phosphate sind Salze und Ester der Ortho-Phosphorsäure. Das Anion PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, sowie seine Kondensate (Polymere) und Phosphorsäureester werden Phosphate genannt. Phosphate werden vor allem als Dünger eingesetzt. Durch Erosion von landwirtschaftlichen Flächen gelangen sie an Tonminerale gebunden in Flüsse und Seen und können dort zur **Eutrophierung** beitragen.

## Wirkungskriterien

Die Auswahl der Wirkungskriterien der Ökobilanz ist durch die Norm nicht bindend vorgegeben, sie muss aber der Anforderung der Ganzheitlichkeit der Erfassung der Wirkungen hinsichtlich ihrer Relevanz genügen (d.h. es dürfen keine relevanten Wirkungen ausgelassen werden). Im ersten Schritte der Ökobilanz ist eine Auswahl geeigneter Wirkungskriterien nach dem vorgesehenen Zweck zu bestimmen, üblich ist eine Anzahl von 5 bis 10 Wirkungskriterien. Im Vordergrund der Betrachtung stehen dabei Treibhauseffekt, Ozonabbaupotenzial, Versauerung, Eutrophierung, und Sommersmog (Ozonbildungspotenzial); aber auch Wintersmog, die Emission von Pestiziden und Schwermetallen sowie die Beteiligung krebserregender Stoffe können je nach dem Zweck bzw. dem gewählten Untersuchungsrahmen in die Analyse einbezogen werden.

Für die Ökobilanzen bei Umweltproduktdeklarationen und bei der Zertifizierung nachhaltiger Gebäude werden im wesentlichen die nachfolgend dargestellten Wirkungskriterien (Treibhauspotenzial, Ozonabbaupotenzial, Photochemisches Oxidantienbildungspotenzial, Versauerungspotenzial und Eutrophierungspotenzial/Überdüngungspotenzial) herangezogen<sup>12</sup> (s. Tab. 1.1-5). Die Betrachtung der Potenziale für spezifische Einwirkungen auf die Umwelt – mit entsprechenden Auswirkungen – bezieht sich dabei auf alle Stoff- und Energieflüsse, die mengenmäßig dem analysierten Produkt zugeordnet werden können<sup>13</sup>. Der Vorzug gegenüber anderen Wirkungsindikatoren liegt auch darin, dass sie quantitativ erfassbar sind.



Quelle: IBU 2006

**Abb. 1.1-7: Anthropogener Treibhauseffekt durch CO<sub>2</sub>-Emissionen bzw. deren Äquivalente (FCKW, Methan)**

### Treibhauspotenzial (GWP)

Als Treibhauseffekt wird die Zurückhaltung langwelliger infraroter Strahlung durch sogenannte „Treibhausgase“ bezeichnet (s. Abb. 1.1-7). Kurzwellige UV-Strahlung der Sonne trifft auf die Erde und wird hier entweder absorbiert und bewirkt damit eine Erwärmung oder wird als langwellige Infrarot-Strahlung reflektiert. Die reflektierte Strahlung wird in der Troposphäre durch die Treibhausgase“ absorbiert und ungerichtet abgestrahlt, so dass ein Teil an die Erde zurückgestrahlt wird. Zusätzlich zu diesem natürlichen Vorgang ist mit der industriellen Entwicklung durch Emissionen aus menschlichen Aktivitäten ein anthropogener Anteil hinzugekommen, der das frühere Gleichgewicht verändert hat.

Das Treibhauspotenzial eines Gebäudes bezeichnet die Summe der daran beteiligten klimarelevanten Gase, die bei der Herstellung und Nutzung sowie der Entsorgung an Lebensende in die Atmosphäre abgegeben werden. Für die Klimaerwärmung sind entsprechend dem Protokoll von Kyoto sechs Treibhausgase relevant: Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Me-

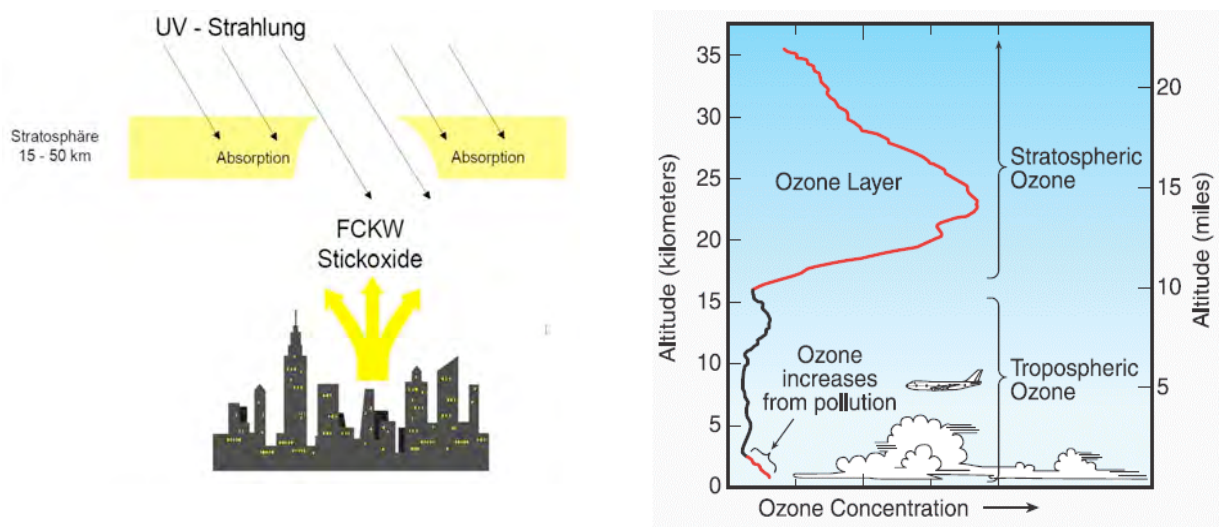
<sup>12</sup> Zu den nachfolgenden Kurzbeschreibungen der Wirkungspotenziale vgl. ibu (2006) mit den entsprechenden grafischen Darstellungen.

<sup>13</sup> Zum Aspekt thermodynamischer Betrachtungen der Entropieänderung bei Energie- und Stoffflüssen vgl. Gertis et al. 2008

than (CH<sub>4</sub>), Distickstoffoxid (N<sub>2</sub>O), Teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (H-FKW / HFC), Perfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW/PFC) und Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>). Ihr jeweiliger Beitrag zum Treibhauseffekt wird als Äquivalent der Wirkung von Kohlendioxid angegeben (kg CO<sub>2</sub>-Äqu./m<sup>2</sup><sub>NGFa</sub>\*a). Das Treibhauspotenzial wird auf der Grundlage der Daten der Ökobau.dat bzw. spezifischer verifizierter Daten (z.B. EPD) ermittelt.

### Ozonabbaupotenzial (ODP)

Die Ozonschicht in der Stratosphäre absorbiert kurzwellige UV-Strahlung und gibt diese richtungsunabhängig mit großer Wellenlänge wieder ab. Daher gelangt nur ein Teil der UV-Strahlung auf die Erde. Durch anthropogene Emissionen kann die Ozonschicht abgebaut werden (s. Abb. 1,1-8). Der Ozonabbau kann bis hin zu einem Ozonloch führen, wie es bisher schon über der Antarktis festgestellt wurde; Ozonabbau ist aber auch über Europa erkennbar.



Quelle: IBU 2006 / Fahey 2007

**Abb. 1.1-8: Ozonabbau: Wirkung und Verteilung der Luftschichten**

Der Ozonabbau wird im Wesentlichen zwei Stoffgruppen zugeschrieben, den Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKWs) und den Stickoxiden (NO<sub>x</sub>). Durch den Ozonabbau kommt es zu einer verstärkten UV-A und UV-B-Strahlung auf die Erdoberfläche mit Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen. Zu befürchten sind geringere Ernteerträge durch Störungen der Photosynthese, zunehmende Hautkrebs- und Augenerkrankungen und die Abnahme des Meeresplanktons mit erheblichen Auswirkungen auf das Ökosystem Meer.

Die Ökobilanzierung des Beitrags zum Ozon-Abbau umfasst Herstellung, Nutzung sowie ein „End-of-Life-Szenario“. Berechnet wird das flächen- und jahresbezogene CO<sub>2</sub>-Äquivalent über den Lebenszyklus für Konstruktion und Betrieb des Gebäudes. In die Bilanz der Herstellung werden alle dazu verwendeten Materialien einbezogen, in die Bilanz der Nutzung Ver- und Entsorgung (Strom und Wärme) sowie Instandsetzung nach Nutzungszyklen. In einem „End-of-Life-Szenario“ werden die Verwertungs- und Entsorgungswege für alle Baumaterialien in die Bewertung einbezogen, getrennt nach (1) Metallen, (2) mineralischen Baustoffen, (3) Materialien mit einem Heizwert, (Holz, Kunststoffe etc.) (4) Wärmerzeuger und (5) alle sonstigen Materialien, die auf Bauschutt oder Hausmülldeponien abgelagert werden dürfen. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen während der Nutzung (50 Jahre) bestimmen sich aus dem Endenergiebedarf nach EnEV 2009, das Treibhauspo-

tenzial wird beim Strom nach dem deutschen Strom-Mix, das der Wärmeerzeugung entsprechend dem vorhandenen bzw. vorgesehenen Energieträger bestimmt.

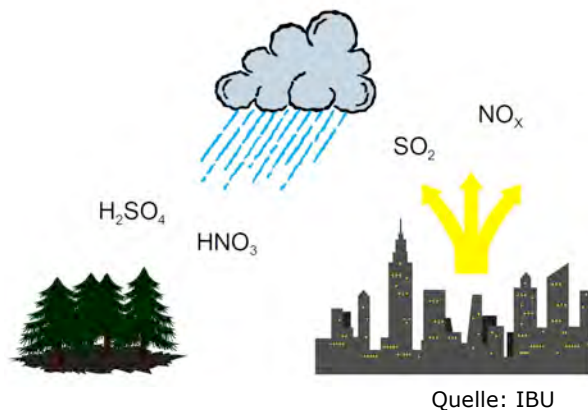
### *Ozonbildungspotenzial / POCP*

Emittierte Stickoxide und Kohlenwasserstoffe können durch die UV-Strahlung der Sonne zur Bildung von Ozon in der Troposphäre beitragen. Verunreinigungen in der Troposphäre, der untersten, bodennahen Luftschicht bis ca. 15 km über dem Boden werden als Sommersmog bezeichnet. Ozon greift die Atmungsorgane an und schädigt Pflanzen und Tiere.

Bei der Anwendung am Bau sind es vor allem lösemittelhaltige Anstrichstoffe, bei denen die Lösemittel (Kohlenwasserstoffe) bestimmungsgemäß verdunsten und zum Sommersmog beitragen. Das Ozonbildungspotenzial ist das massebezogene Äquivalent schädlicher Spurengase, wie Stickoxide und Kohlenwasserstoffe, umgerechnet auf das Gas Ethen ( $C_2H_4$ ). Es wird ermittelt als das flächen- und jahresbezogene  $C_2H_4$ -Äquivalent über den Lebenszyklus für Herstellung und Betrieb des Gebäudes.

### *Versauerungspotenzial*

Schwefel- und Stickstoffverbindungen aus anthropogen verursachten Emissionen, wie z.B.  $SO_2$ ,  $NO_x$  und  $H_2S$ , reagieren in der Luft zu Schwefel- bzw. Salpetersäure, die mit der Luftströmung über weite Distanzen transportiert als „Saurer Regen“ niedergehen und Boden, Gewässer, Lebewesen und Gebäude schädigen (s. Abb. 1.1-9). In versauerten Böden werden Nährstoffe rasch aufgeschlossen und können damit ausgewaschen werden. Wurzelsysteme und Nährstoffversorgung können gefährdet werden. In der Summe der Wirkungen trägt die Versauerung zu dem als „Waldsterben“ bezeichneten Krankheitsbild des Waldes bei.



**Abb. 1.1-9: Versauerung**

Das Versauerungspotenzial wird in  $SO_2$ -Äquivalenten angegeben. Es wird als flächen- und jahresbezogenes  $SO_2$ -Äquivalent über den Lebenszyklus für Herstellung und Betrieb des Gebäudes ermittelt.

### *Eutrophierungspotenzial*

Zu Überdüngung bzw. Eutrophierung von Böden kommt es, wenn ein nährstoffarmer (oligotropher) Boden mit Nährstoffen angereichert wird und entsprechend nährstoffreich (eutroph) wird. Die Eutrophierung führt zu Umweltbelastungen, wenn die auf der belebten Bodenfläche vorhandenen Pflanzen die Nährstoffe nicht vollständig in ihren Kreislauf einbauen können und das Übermaß an Nährstoffen dann ins Grundwasser und in Gewässer gelangt. In Gewässern kann eine vermehrte Algenbildung die Folge sein, die durch Sauerstoffverbrauch zu einem Fischsterben führen kann. An der Eutrophierung beteiligt sind insbesondere Phosphor- und Stickstoffverbindungen, die z.B. bei der Herstellung von Bauprodukten, vor allem aber durch Auswaschungen von Verbrennungsemissionen in die Umwelt gelangen können.

Bewertet wird das flächen- und jahresbezogene  $PO_4$ -Äquivalent über den Lebenszyklus für Herstellung und Betrieb des Gebäudes.



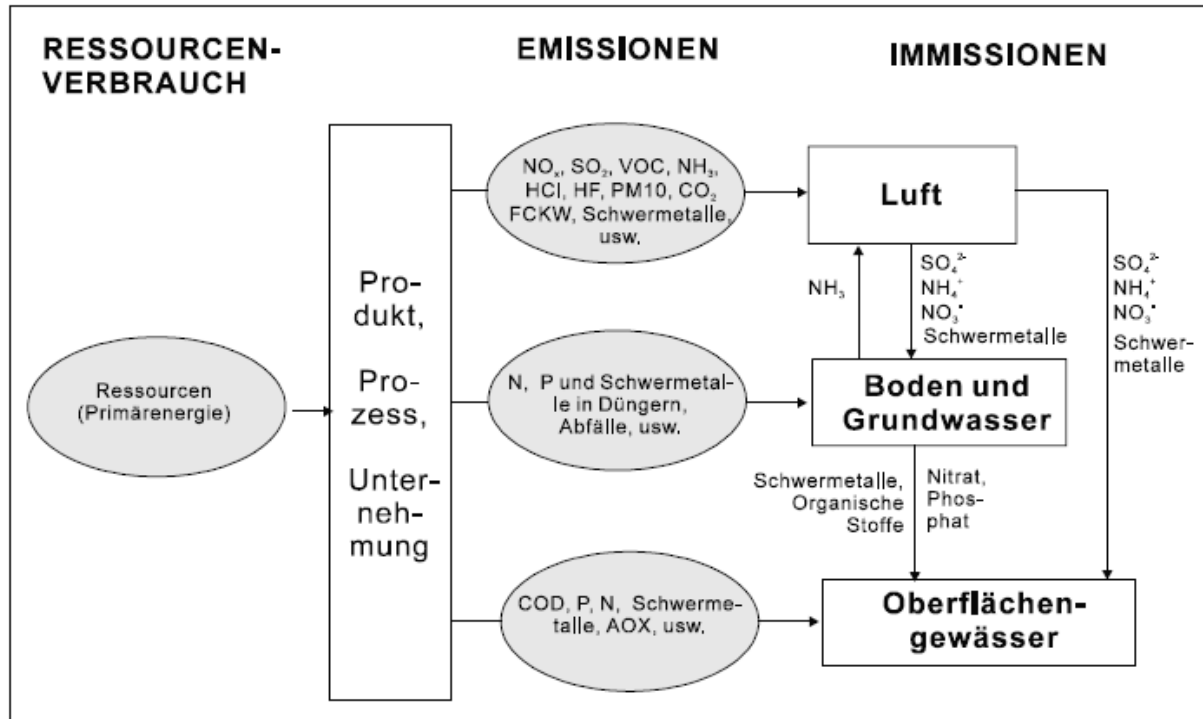
## **Bestimmung der Wirkungskriterien Bewertung der Belastungen für Umwelt und Gesundheit**

Maßstab der Nachhaltigkeit ist die Erhaltung der Funktionsfähigkeit der Ökosysteme für kommende Generationen und der Schutz der menschlichen Gesundheit. Da Bautätigkeit immer mit Eingriffen in die Umwelt verbunden ist - bei der Erzeugung der Baumaterialien, durch den Baukörper am Standort, durch Stoffflüsse bei der Nutzung und bei der Beseitigung von Baurestmassen - kann das Schutzziel für die Umwelt nur ein relatives sein mit dem Bestreben, dass Belastungen so gering wie möglich ausfallen und nach Möglichkeit reversibel bleiben (vgl. Gertis et al. 2008). Auch Schutzziele für die menschliche Gesundheit sind in der Regel nur relativ, da es nur in Einzelfällen um den generellen Ausschluss von unmittelbar (und ohne Schwellenwert) gesundheitsschädlichen Stoffen (wie z.B. bei Asbest oder PCB) geht, aber regelmäßig darum, das Niveau der Belastungen insgesamt zu reduzieren, die erst in der Summe das Immunsystem beeinträchtigen bzw. die Anfälligkeiten für Krankheiten erhöhen oder das Klima beeinträchtigen (z.B. VOC und bodennahe Ozonbildung).

Dabei orientieren sich die Schutzziele in komplexer Weise an den wissenschaftlichen Erkenntnissen zu Ursachen und Wirkungen von Schädigungen der Umwelt und der Gesundheit, den verfügbaren technischen Verfahren zu ihrer Behebung und Reduzierung bzw. Vermeidung und an den wirtschaftlichen und sozialen Rahmenbedingungen für die praktische Umsetzung. Insbesondere neuere wissenschaftliche Erkenntnisse der Schadwirkungen boten immer wieder Anlass, den Standard der Schutzziele zu erhöhen und entsprechend rechtlich zu normieren. Wissenschaftliche Forschung, technische Entwicklung und insbesondere die darauf aufbauende rechtliche Normierung von Umweltschutzzielen haben wesentlich dazu beigetragen, Umweltbelastungen zu erkennen und zu verringern und die Verschmutzung von Luft und Gewässern gegenüber früheren Jahren nachhaltig zu verbessern.

Die Schadstoffe, die durch die Bautätigkeit in die Umwelt gelangen, haben sehr unterschiedliche Reichweiten und Wirkungen. Teils ist die Wirkung global (GWP, ODP), teils räumlich begrenzt (wenn auch über große Distanzen wirksam), teils sind die Schadwirkungen der Stoffe mittelbar (Klimaänderung, höhere UV-Strahlungsintensität) teils unmittelbar (Gesundheitsbelastung durch Ozon, Versauerung von Böden, Eutrophierung von Gewässern, Anreicherung in der menschlichen Nahrungskette). Grenzwerte der Belastung der Umwelt lassen sich aus den natürlichen Verhältnissen allein nicht ableiten. Sie lassen sich sachlich immer nur auf den Menschen bezogen nach dem Maß der Belastung seiner Gesundheit und dem Bedarf an Erhaltung der Umweltfunktionen für die dauerhafte Sicherung der Lebensgrundlagen bestimmen (s. Abb1.1-10).

Aber auch Werthaltungen und die Verfasstheit der politischen Systeme sowie deren Kompetenz zur Lösung von Umweltproblemen spielen bei der Bewertung von Belastungen für Umwelt und Gesundheit eine Rolle. Hier kommt die soziale Dimension der Nachhaltigkeit zum Tragen: Maßnahmen zum Schutz der Umwelt müssen mit der wirtschaftlichen Entwicklung und der sozialen Situation der Menschen abgestimmt sein, damit sie politisch normiert und umgesetzt werden können (s.o. 1.1.1). Die Zusammenstellung der bei Ökobilanzierung üblicherweise berücksichtigten Schädigungspotenziale spiegelt dementsprechend auch die Bedeutung, die diese in der öffentlichen Wahrnehmung gewinnen konnten. Die Auswahl der Wirkungskriterien, nach denen die Umweltauswirkungen eines Produkts beschrieben werden, wird auf diese Weise ganz wesentlich durch gesellschaftlichen Werthaltungen und kulturelle Überzeugungen bestimmt (UBA 12/1999).



Quelle: BUWAL 1998

**Abb. 1.1-10: Systemabgrenzung bei der Bestimmung von Ökofaktoren zur Bewertung der relativen Schadenswirkung auf Ökosystem und Gesundheit**

An vorderster Stelle öffentlicher Besorgnis steht dabei der Beitrag zur Erderwärmung bzw. zum Treibhauseffekt, von dem erwartet wird, dass er ganz wesentlich die klimatischen Verhältnisse und Lebensbedingungen weltweit verändern wird (s. Abb. 1.1-1; Global Insight). Offensichtlich sind hier auch am schwierigsten internationale Hemmnisse für einen Wechsel der Umweltpolitik zu überwinden. Denn mit der Hauptursache, den  $\text{CO}_2$ -Emissionen durch unvermindert hohen Primärenergieverbrauch, sind ein zentraler Bereich für Wirtschaftswachstum und materiellen Wohlstand und damit massive wirtschaftliche Interessen berührt. Ähnlich ist die globale Bedeutung des Ozonabbaus zu sehen, allerdings sind hier zumindest bei der Reduzierung einiger der ursächlichen Emissionen Fortschritte erkennbar. Eher lokal und letztlich (relativ) leichter umkehrbar erscheinen demgegenüber die Folgen von Sommersmog und der Versauerung bzw. Eutrophierung von Böden und Gewässern.

Auch für globale Wirkungen kann es keinen absoluten Grenzwert geben und das Zusammenwirken der klimarelevanten Faktoren wie Strahlung, Luftfeuchtigkeit, Luftmassentransport,  $\text{CO}_2$ -Speicherung in Biomasse und Ozeanen ist zudem hoch komplex mit Folgen, die sich über lange Zeiträume erstrecken. Nach heutiger Kenntnis des Klimawandels und seiner Faktoren lassen sich jedoch die künftigen Folgen menschlich verursachter Auswirkungen auf das Klima unter bestimmten Annahmen und innerhalb bestimmter Bandbreiten – in unterschiedlichen Szenarios – einigermaßen plausibel beschreiben (IPCC 2007). Mit Bezug auf die absehbaren Folgewirkungen lassen sich konkrete Umweltschutzziele ableiten und beziffern. So gilt in Deutschland die Perspektive, die  $\text{CO}_2$ -Emissionen bis zum Jahr 2050 um den Faktor 10 zu reduzieren und darauf zu setzen, dass durch energiepolitisches Umsteuern und technologischen Fortschritt danach ausreichend regenerative Energien verfügbar sein werden (Enquete-Kommission 1992).

## Vergleichende Bewertung

Ökobilanzen sollen auch dazu dienen, unterschiedliche Verfahren und Produkte hinsichtlich ihrer Umweltrelevanz miteinander vergleichen zu können. Nach den Vorgaben der Norm können aber nur jeweils die Wirkungen einzelner Kriterien spezifische Umweltbelastungen (z.B. Treibhauspotenzial, Ozonabbaupotenzial etc.) anhand der Wirkungsbilanz miteinander verglichen werden. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse der einzelnen Kriterien in einem zusammenfassenden Wert ist nicht vorgesehen. Ein solches Zusammenführen unterschiedlicher ökologischer Kriterien in Ökobilanzen steht ausdrücklich unter dem Vorbehalt, „dass es keine wissenschaftliche Grundlage gibt, Ergebnisse von Ökobilanzen übergreifend zu einer numerischen Rangfolge oder zu einem Einzelwert (Einpunkt-Bewertung) zusammenzufassen“ (EN ISO 14044:2006 (D/E); Abs. 4.1).

In der Praxis besteht jedoch großer Bedarf an einer (vereinfachenden) zusammenfassenden Bewertung, wenn konkrete Entscheidungen zwischen Alternativen zu treffen sind. Um die Ergebnisse der Wirkungsbilanzen der einzelnen Kriterien in einer Gesamtbewertung (einer Note, einer Summe von Punkten) zusammenfassen zu können, müssen die Schadwirkungen zueinander in Beziehung gebracht und gegeneinander gewichtet werden. Hier stellt sich die Frage, nach welchen plausiblen Maßstäben und nachprüfbareren Verfahren dies geschehen kann, wenn bei der Bewertung nicht willkürlich – bildlich gesprochen – Äpfel und Birnen in einen Topf geworfen werden sollen.

Für die Abwägung zwischen unterschiedlichen Belastungen der Umwelt und der menschlichen Gesundheit wurden unter dieser Fragestellung eine Reihe von wissenschaftlichen Ansätzen verfolgt und Vorgehensweisen entwickelt, von denen die in der Schweiz erarbeitete „Methode der ökologischen Knappheit“ bzw. der Ökofaktoren besondere Bedeutung erlangt hat (vgl. BUWAL 1998 und 2009). Mit Ökofaktoren, die für spezifische Umwelteinwirkungen (z.B. Emissionen bestimmter Stoffe wie CO<sub>2</sub>, Stickstoff oder Phosphor in Luft, Gewässer und Böden) ermittelt werden, können die Schadwirkungen gewichtet und damit auf eine vergleichbare Ebene gebracht werden (vgl. Abb. 1.1-10). Die angesetzten Bezugsgrößen zur Bestimmung der Ökofaktoren leiten sich ab aus der Umweltgesetzgebung bzw. aus entsprechenden politischen Zielen (in diesem Falle der Schweiz), die ihrerseits die Relevanz des Gefährdungspotenzials nach Menge und Intensität – bzw. dessen politische Wahrnehmung – reflektieren.

Ein umweltwirksamer Faktor, „Ökofaktor“, wird (entsprechend der ISO-Norm 14044) aus drei Elementen hergeleitet: Charakterisierung, Normierung und Gewichtung.

- Bei der Charakterisierung (der Wirkung) wird die Schädlichkeit eines Schadstoffes bzw. einer Ressourcengewinnung gegenüber einer Referenzsubstanz beschrieben (z.B. Beitrag eines Klimagases zur Erderwärmung im Verhältnis zu CO<sub>2</sub>).
- Bei der Normierung wird quantifiziert, wie groß der Beitrag einer Einheit eines Schadstoffes oder einer Ressourcennutzung zur gesamten Belastung einer Region (z.B. Deutschland) pro Jahr ist.
- Bei der Gewichtung schließlich wird für ein Referenzgebiet (z.B. Deutschland) die aktuelle Belastung (z.B. nationaler CO<sub>2</sub>-Ausstoß/a) zu dem rechtlich normierten bzw. politisch vorgegebenen Umweltziel (z.B. maximal zulässiger nationaler CO<sub>2</sub>-Ausstoß/a) ins Verhältnis gesetzt: Je stärker die Gesamtbelastung das Schutzziel übertrifft, desto höher (und damit bedeutsamer) wird der Gewichtungsfaktor.

Das Ergebnis ist eine Liste von Ökofaktoren, die dimensionslos in Umweltbelastungspunkten UBP/Einheit für einen schädigenden Stoff (bzw. dessen Äquivalent) ausgedrückt werden. Bei einer Ökobilanzierung können mithilfe der Ökofaktoren die Werte der Sachbilanz gewichtet werden. Die Sachbilanzgrößen werden mit dem jeweiligen Ökofaktor multipliziert, um die Umweltbelastungspunkte der entsprechenden Größen zu ermitteln, die dann zu einer Gesamtpunktzahl aufaddiert werden können (BUWAL 2009). Die Ergebnisse, insbesondere die Bewertungen der UBP, gelten zwar spezifisch nur für die Schweiz, das Verfahren ist aber grundsätzlich auf andere Länder übertragbar.

### **Datengrundlage**

Entscheidend für die Aussagekraft der Ökobilanzen ist die Qualität der Daten, die die Umweltbelastungen nach einer anerkannten Methode bzw. den Vorgaben der DIN EN ISO 14044 quantifizieren. Die Daten werden jeweils für konkrete Produktionsbedingungen und umwelttechnische Verfahren erhoben, die sich naturgemäß mit dem technischen Fortschritt verändern. Teils handelt es sich dabei um Durchschnittswerte der Herstellung einer Produktgruppe, teils beziehen sie sich auf ein einzelnes Produkt. Auch nationale Unterschiede der Produktionsbedingungen sind zu berücksichtigen, z.B. beim angenommenen durchschnittlichen Energiemix der Stromerzeugung hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die Datenlage ermöglicht dementsprechend zwar eine möglichst gute Annäherung an die tatsächlichen Verhältnisse, im konkreten Fall können die gespeicherten Daten aber durchaus von den Daten aktueller oder konkreter Gegebenheiten abweichen<sup>14</sup>.

Eine allgemein zugängliche Datengrundlage für Ökobilanzen bietet in Deutschland die Datenbank „Ökobau.dat“ des BMVBS (s. [www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten/oekobaudat.html](http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten/oekobaudat.html)). Ein Grundstock an Daten der Ökobau.dat war in den Jahren um 2000 erhoben worden. Soweit aktuellere Daten, z.B. aus Umweltproduktdeklarationen (EPDs) (s.u. 1.1.4), nicht verfügbar sind, werden sie weiter verwendet. Dies ist angesichts der raschen technologischen Entwicklung bei der Herstellung der Bauprodukte nicht unproblematisch. So hat z.B. der Hersteller Pavatex eigenen Angaben zufolge die Energieeffizienz seiner im Nassverfahren hergestellten Holzwolleleichtfaserplatten von 2001 bis 2010 um 100% erhöht und zu 62% auf CO<sub>2</sub> neutrale Energie umgestellt<sup>15</sup>. Wenn für einzelne Baumaterialien Daten in der Datenbank nicht zur Verfügung stehen, werden behelfsweise andere Quellen nach Plausibilitäts Gesichtspunkten herangezogen.

Die Daten der Ökobau.dat stammen zu einem großen Teil aus der Datenbank des Berechnungswerkzeuges GaBi („Ganzheitliche Bilanzierung“). Die GaBi Datenbank war 1989 von der „Abteilung Ganzheitliche Bilanzierung“<sup>16</sup> (heute dem Lehrstuhl für Bauphysik (LBP) der Universität Stuttgart zugeordnet) gemeinsam mit PE International GmbH entwickelt worden, die sie auch weiter auf kommerzieller Basis kontinuierlich erweitern und weiterentwickeln. Den GaBi Standard Datenbanken (in den Versionen „lean“ und „profes-

---

<sup>14</sup> Zu weiteren Datengrundlagen in Deutschland (GEMIS, ProBas, GaBi), sowie in Österreich (Ökologischer Bauteilkatalog) und der Schweiz (Simapro, Ecoinvent) und zu den dazu verwendeten Programmen vgl. Graubner/Hüske 2003 und Renner 2007.

<sup>15</sup> s. Referat M. Brettenhaler zum Swiss Equity cleantech day, Zürich, 12. 10. 2010, [www.sustainabilityday.ch](http://www.sustainabilityday.ch)

<sup>16</sup> Die Abteilung Ganzheitliche Bilanzierung war 1989 am Institut für Kunststoffprüfung und Kunststoffkunde (IKP) an der Universität Stuttgart gegründet worden und kooperiert seitdem mit PE International GmbH. Seit 2006 ist die Abteilung Ganzheitliche Bilanzierung dem Lehrstuhl für Bauphysik (LBP) der Universität Stuttgart zugeordnet; vgl. [www.lbp-gabi.de](http://www.lbp-gabi.de) Die Abteilung Ganzheitliche Bilanzierung ist Mitglied der „LCA Tools and Database Developers Advisory Group“ der „European Platform on Life Cycle Assessment“ (Europäische Kommission) und trägt somit zur Entwicklung der Europäischen LCA Datenbank (ELCD core database) als auch des International Reference Life Cycle Data System (ILCD) bei.

sional“) sind Zusatzdatenbanken zugeordnet wie z.B. „Bauwesen“ und „nachwachsende Rohstoffe“. Die Daten sind verfügbar mit der Software GaBi4, die in ihrer professionellen Variante Daten von an die 4.000 Ökobilanzen nach ISO 14044 verwaltet (www.gabi-software).

## Software

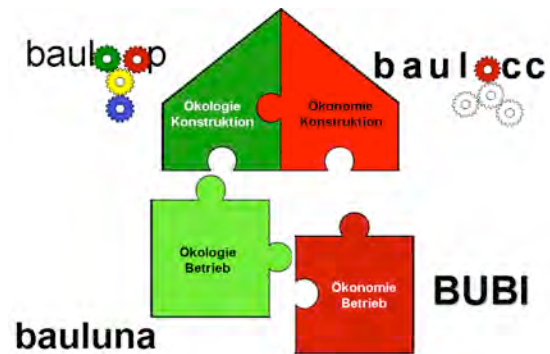
Wegen der Komplexität und der großen Menge der Daten, die in eine Ökobilanzierung einfließen können, werden Ökobilanzen mit Hilfe von speziellen Rechenprogrammen erstellt. Damit können relativ große Datenmengen zu relevanten ökonomischen und ökologischen Merkmalen eines Bauwerks über den Gebäudelebenszyklus von der Planung, über Herstellung, Nutzung und Betrieb bis zur Entsorgung verarbeitet werden. Für diese Aufgabe der ganzheitlichen Analyse und Bewertung von Bauwerken über den Lebenszyklus wurden z.B. am Lehrstuhl Massivbau der TU Darmstadt in den vergangenen Jahren vier Softwaretools entwickelt, bauloop, BUBI, baulocc und bauluna (Graubner et al. 2007) (s. Abb. 1.1-11).

Das Softwaretool „bauloop“ war 1999 bis 2001 im Rahmen des Forschungsvorhabens „Dienstleistungssystem Qualitätsmontagehausbau“ des BMBF konzipiert worden und danach zu einem ganzheitlichen Bewertungstool für Baukonstruktionen in ökologischer Hinsicht weiterentwickelt worden. Mit der Software „bauloop“ z.B. kann die Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit von Baukonstruktionen bewertet werden. Dazu werden die mit Bau-, Umbau-, Instandsetzungs-, Demontage-, Abbruch- und Entsorgungsprozessen verbundenen Stoffströme über die Lebensdauer eines Gebäudes ermittelt und nach ökologischen und ökonomischen Kriterien analysiert. Die Untersuchung kann sich sowohl auf einzelne Bauteile beschränken als auch ganze Gebäude umfassen. Die Analyse mit „bauloop“ ermöglicht es, verschiedene Baukonstruktionen über ihre Lebensdauer zu vergleichen und die jeweiligen Vor- und Nachteile der gewählten Materialien und Verbindungen zu ermitteln, um Optimierungspotenziale aufzeigen zu können. Bauprozesse und deren ökologische und ökonomische Einflüsse auf die Umwelt können damit aufgrund des Detaillierungsgrades sehr genau beschrieben und ingenieurmäßig beurteilt werden (Graubner/Hüske 2003, Graubner/Renner 2003).

Baulocc war 2002 bis 2004 in Zusammenarbeit mit dem Zentralverband des Deutschen Baugewerbes zur Lebenszyklusanalyse von Baukonstruktionen entwickelt worden (Herzog 2005).

Mit dem Softwaretool BUBI (Beurteilung von Bauinvestitionen) können bei Bürobauten über einen gewählten Betrachtungszeitraum auf der Grundlage eines vollständigen Finanzplans die Nutzungskosten ermittelt werden. Erfasst werden die Kosten für Heizung, Strom, Wasser, Abwasser, Reinigung sowie für Inspektion und Wartung (Riegel 2004).

Mit bauluna (Bauprodukte lebenszyklusorientiert umweltgerecht und nachhaltig analysieren) kann eine ganzheitliche energetische und ökologische Bilanzierung von Wohngebäu-



Quelle: TU Darmstadt, Fachgebiet Massivbau

**Abb. 1.1-11: Rechenprogramme zur lebenszyklusorientierten Erfassung der Umweltauswirkungen von Gebäuden**

den über den Lebenszyklus durchgeführt werden. Grundlage sind die mit bauloop ermittelten Sachbilanzergebnisse der Baukonstruktion bezogen auf die Bauteilmassen und der Nutzungsphase hinsichtlich des Energiebedarfs (Renner 2007).

Ein weiteres Berechnungswerkzeug der Kosten über die Lebensdauer eines Gebäudes ist „legep“. Es beinhaltet im wesentlichen die Mengenermittlung, die Baukostenberechnung (DIN 276 Erstellungskosten), die Lebenszykluskostenberechnung (Herstellungs- und Nutzungskosten) differenziert nach Phasen (Reinigung, Wartung, Instandsetzung, Rückbau), den Energiebedarf (Heizung, Warmwasser, Elektrizität), die Betriebskosten und die Umweltbilanzierung (Stoffflüsse und Bewertung der Umweltauswirkungen nach ISO 14040 und 14044). Mit dem „legep“ Modul „Ökologie“ können Ökobilanzen (LCA) für alle Lebenszyklusphasen eines Gebäudes erstellt und Umwelteinträge über den gesamten Betrachtungszeitraum erfasst werden. Mit dem Modul Lebenszykluskosten kann die Kostenplanung für alle Lebenszyklusphasen eines Gebäudes durchgeführt werden (König 2009, [www.legep.de](http://www.legep.de), [www.legep-software.de](http://www.legep-software.de)).

### **1.1.4 Umweltdeklaration von Bauprodukten**

#### **Umweltkennzeichnungen**

Transparenz und Vergleichbarkeit der Informationen zu den Umweltauswirkungen von Bauprodukten sind angesichts der Vielfalt der Produkte und der Komplexität relevanter Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt für Verbraucher, Anwender und Planer gleichermaßen von Bedeutung (vgl. auch 2.4). Nach ISO-Standard (ISO 21930:2007-10) gibt es drei sehr unterschiedliche Typen von Umweltkennzeichnungen, die jeweils die Berücksichtigung von Umweltbelangen bei der Baustoffauswahl erleichtern sollen:

- Typ I: Umweltkennzeichnungen vom Typ I werden nach definierten Kriterien der Umweltwirkung vergeben. Sie werden mit einem entsprechenden Umweltzeichen vermarktet, wie z.B. in Deutschland der „Blaue Engel“ des Umweltbundesamtes, das „natureplus“ Qualitätszeichen oder FSC und FPEC<sup>17</sup>.
- Typ II: Umweltkennzeichnungen des Typs II nach ISO 14021 „Umweltbezogene Anbietererklärungen“ sind Umweltdeklarationen von Herstellern in eigener Verantwortung in der Regel zu Marketingzwecken (z.B. FCKW-frei, biologisch abbaubar, 100% recycelt); zur Absicherung der Objektivität können die Hersteller ihre Angaben von dritter Seite unabhängig überprüfen lassen.
- Typ III: Die Umweltdeklaration des Typs III für Bauprodukte beruht auf einer umfassenden Beschreibung der Umweltwirkungen entsprechend der Ökobilanz nach ISO 14040, in der alle Stoffströme von der Rohstoffgewinnung bis zur Entsorgung systematisch erfasst werden.

#### **Umweltproduktdeklaration / EPD**

Mit der Umweltdeklaration von Bauprodukten nach Typ III - kurz EPD (*Environmental Product Declaration*) – werden auf gleicher methodischer Grundlage nachprüfbar Angaben zu ihren Umweltauswirkungen vorgelegt. Ziel der EPD ist glaubwürdige und vergleichbare Daten über die Umweltleistung von Produkten zu generieren (Kreissig et al. 2006). Eine EPD umfasst den Lebenszyklus eines Produktes von der Herstellung über die Nutzung bis zur Entsorgung. Zumindest im Prinzip; die Nutzungsphase wie auch die Ent-

---

<sup>17</sup> Forest Stewardship Council (FSC); Pan European Forest Certification Council (PEFCC) s.u.1.3.4

sorgungsphase können ggf. unberücksichtigt bleiben, wenn sehr unterschiedliche Nutzungen oder Entsorgungspfade möglich sind.

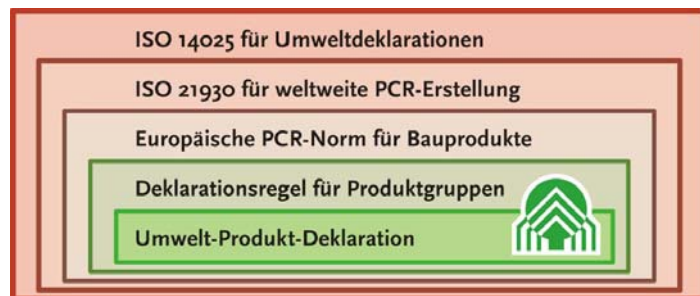
Messzahlen dokumentieren den spezifischen Beitrag eines Bauprodukts zu Treibhauseffekt, Ressourcennutzung, Versauerung, Überdüngung, Smogbildung und ggf. zu Flächen-nutzung sowie spezifischen toxischen Wirkungen auf Menschen und Ökosysteme. Umweltdeklarationen von Bauprodukten sind daher auch eine wichtige Datengrundlage für die Ökobilanzierung von Gebäuden.

Umweltproduktdeklarationen setzen ein hohes Maß an naturwissenschaftlichem Verständnis voraus, so dass sie als Verbraucherinformation für breitere Kreise der Vermittlung bedürfen. Diese kann bei Bauprodukten z.B. über das Produktmarketing erfolgen oder über Gütesiegel bzw. Umweltzeichen, bei denen die Daten der EPD in die Bewertung einfließen. Da keine rechtliche Bilanzierungspflicht für Bauprodukte besteht, werden EPD bisher auf rein freiwilliger Basis erstellt.

Das Verfahren der Umweltdeklaration von Bauprodukten (EPD) ist in der Norm ISO 21930 festgelegt<sup>18</sup> (vgl. Abb.1.1-12). EPD beruhen auf ökobilanzbasierten Indikatoren, die den spezifischen Beitrag eines Bauprodukts zur Umweltbelastung quantifizieren.

Grundlage der Ökobilanzierung sind die Normen

- Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen (DIN EN ISO 14040: 2006-10) und
- Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen (DIN EN ISO 14044: 2006-10).



Quelle: Ortleb / BBS 2006

**Abb. 1.1-12: Von der ISO 14025 zur Umweltproduktdeklaration**

Die EPD berücksichtigen alle Stoffflüsse, die größer sind als 1% der gesamten Masse der Stoffflüsse oder mehr als 1% des Primärenergieverbrauchs ausmachen. In den EPD werden entsprechend der Ökobilanzierung Aussagen getroffen zu Umweltauswirkungen, Ressourcenverbrauch, Energiebilanz, CO<sub>2</sub>-Emissionen usw. sowie Angaben zu Gesundheits- und Sicherheitsaspekten in den Lebenszyklen eines Produktes. Darüber hinaus werden auch Angaben zu technischen Eigenschaften gemacht, die zur Bewertung von Lebensdauer, Wärme- und Schallisolation oder der Qualität der Innenraumluft erforderlich sind. Anhand dieser Angaben lassen sich Umweltrelevanz und Funktionalität unterschiedlicher Bauprodukte bewerten und vergleichen. Umweltproduktdeklarationen waren auf europäischer Ebene nicht zuletzt auch mit dem Ziel eingeführt worden, durch mehr Transparenz bei den Produkteigenschaften Handelshemmnisse im Binnenmarkt der EU abzubauen.

Mit der EU-Bauproduktenverordnung (BauPVO), die die vormalige Bauprodukterichtlinie der EU von 1983 (89/106/EWG, geändert 1993) zur Regelung der Grundlagen der Harmonisierung im Bauwesen ersetzen soll, dürfte die Umweltdeklaration von Produkten

<sup>18</sup> Die ISO Norm zur Umweltdeklaration von Bauprodukten (EPD) ISO 21930 war im ISO Gremium ISO/TC59/SC17 „Nachhaltiges Bauen“ unter Beteiligung der europäischen Staaten aber auch weiterer Industriestaaten wie der USA, Kanada, Japan und Korea erarbeitet worden, kann also als weltweit abgestimmt gelten.

zusätzliche Bedeutung erhalten. Neu ist, dass die Qualität eines Bauprodukts nicht nur nach technischen Merkmalen bestimmt werden soll, sondern dass auch Gesundheits- und Sicherheitsaspekte in Verbindung mit der Verwendung des Produkts während seines gesamten Lebenszyklus beachtet werden sollen. Dazu sollen vorliegende Umwelterklärungen (EPD) genutzt werden (BMUNR et al 2008).

### **Product Category Rules (PCR) – Regeln für die Erstellung von Umweltdeklarationen**

Damit Umweltproduktdeklarationen (EPD) unterschiedlicher Produkte der gleichen Produktgruppe nach gleichen Kriterien erfolgen und die Produkte in ihren Umwelteigenschaften damit untereinander vergleichbar sind, müssen dafür einheitliche Standards festgelegt werden. Dazu dienen Produkt-Deklarationsregeln (engl. *Product Category Rules, PCR*), die auf die Besonderheiten unterschiedlicher Produktkategorien abgestellt und in denen entsprechende Kriterien und Parameter festgelegt sind. Maßgeblich für die Ausgestaltung der PCR wiederum ist die ISO-Norm 14025:2006<sup>19</sup>, gewissermaßen als Regel für's Regeln. Sie gilt für alle Branchen, Vorreiter bei der Anwendung ist jedoch das Bauwesen.

In einer PCR werden festgehalten

- Kriterien für Funktion und Qualität der Bauprodukte
- Kriterien, die für die LCA der Produkte dieser Kategorie maßgeblich sind,
- sowie weitere Informationen zum Produkt, die bei der EPD vorgelegt werden müssen.

Im Verfahren der Erstellung der Produkt-Deklarationsregeln werden die Produktgruppe definiert, die charakteristischen Umweltwirkungen identifiziert sowie das Verfahren zur Quantifizierung der Umweltwirkungen und die zu erbringenden Nachweise festgelegt (<http://bau-umwelt.de>; vgl. IBU 2006).

In Deutschland hat das Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU) in Abstimmung mit dem Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung und dem Umweltbundesamt diese Aufgaben übernommen. Das Institut Bauen und Umwelt ist als Herstellervereinigung organisiert, deren Mitglieder bisher im Wesentlichen den Produktbereichen Holzwerkstoffe, mineralische Baustoffe und Metalle zuzuordnen sind. Produkt-Deklarationsregeln werden vom IBU in einem kooperativen Verfahren mit Beteiligung externer Experten, Vertretern der Hersteller der Produktgruppe und einem Sachverständigenausschuss aufgestellt. Im Sachverständigenausschuss sind neben den beiden genannten Behörden auch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt), die Bundesanstalt für Materialforschung (BAM) sowie Bauwissenschaftler und Umweltverbände beteiligt. Im Ausschuss sollen weder Hersteller von Bauprodukten noch andere von der AUB ökonomisch abhängige Mitglieder sitzen; die stimmberechtigten Mitglieder sind weisungsfrei und unparteiisch (vgl. Kreissig et al. 2006).

---

<sup>19</sup> ISO 14025:2006 „Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures“, und ISO 14040:2006 „Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework“



## 1.2 Zertifizierung der Nachhaltigkeit

### Gütesiegel zur Förderung der Nachhaltigkeit in der Immobilienwirtschaft

Nachhaltiges Bauen berührt in den Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziales eine Vielfalt von Aspekten, die alle zusammen die Nachhaltigkeit eines Gebäudes ausmachen. Welche einzelnen Aspekte in welchem Umfang dazu beitragen, dass ein Gebäude insgesamt als nachhaltig gelten kann, und welche Bedeutung sie dabei haben, kann nicht nach wissenschaftlichen Kriterien allein bestimmt werden; Bewertung und Gewichtung der Kriterien sind ohne Bezug zu Werthaltungen bzw. Wertesystemen nicht möglich. Letztlich sperrt sich auch die Unterschiedlichkeit der vielen Aspekte einer einheitlichen, zusammenfassenden Bewertung eines Gebäudes in Bezug auf seine Nachhaltigkeit. Wie sollen gesellschaftlicher Nutzen, Klimaschutz und Rentabilität auf einen Nenner gebracht werden? Schon das Zusammenführen unterschiedlicher ökologischer Kriterien in Ökobilanzen ist im Grunde nur unter pragmatischen, handlungsorientierten Gesichtspunkten gerechtfertigt, sie in eine numerische Rangfolge zu bringen ist auf naturwissenschaftlicher Grundlage nicht möglich (s.o. Ökobilanzierung, vergleichende Bewertung). Genau dies ist aber das Grundprinzip der Zertifizierung.

Dass gleichwohl der Versuch unternommen wird, die Nachhaltigkeit von Gebäuden anhand definierter Kriterien zu bewerten und zu zertifizieren, geschieht in der nachvollziehbaren Absicht, Nachhaltiges Bauen nicht in der Unverbindlichkeit bloßer Absichtserklärungen zu belassen. Dazu müssen die beim nachhaltigen Bauen in den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit angestrebten Ziele verbindlich und eindeutig definiert werden. Weiterhin muss nachprüfbar sein, wieweit die gesteckten Ziele auch erreicht wurden. Wie bei der Energieeffizienz, die sich anhand des Energieverbrauchs leicht in Zahlen darstellen lässt, müssen auch die übrigen Aspekte des nachhaltigen Bauens quantifizierbar sein, damit sie untereinander vergleichbar sind. Schließlich muss das Ergebnis – möglichst plakativ – auch vermittelbar sein. Eine zusammenfassende Bewertung der unterschiedlichen Anforderungen in den Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziales ist daher wünschenswert, um der Komplexität der Bewertung von Nachhaltigkeit Rechnung zu tragen. Ziele und Bewertungen ergeben sich aber nicht allein aus fachlicher Sicht gewissermaßen von selbst, sondern sie können nur in einem fachlichen Diskurs unter Beteiligung breiter interessierter Kreise von Wissenschaft und Wirtschaft gefunden und im Konsens vereinbart werden.

Die energetische Effizienz als herausragendes Kriterium für den Nachhaltigkeitsstandard stellt sicher, dass zertifizierte Gebäude vor dem Hintergrund steigender Energiepreise auch künftig wirtschaftlich genutzt werden können. Mit steigenden Preisen ist auch bei Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung sowie bei der Beseitigung von bei der Errichtung von Gebäuden anfallenden Baurestmassen und von Bauschutt bei Abbruchmaßnahmen zu rechnen. Bei nachhaltigen Gebäuden verbinden sich entsprechend wirtschaftliche Effizienz und langfristiger Werterhalt. Sie bieten Zukunftssicherheit in Bezug auf rechtliche Anforderungen zum Schutz der Umwelt wie der Nutzer, die in der Vergangenheit als Reaktion auf die veränderten globalen Bedingungen wie auch auf das gestiegene Bewusstsein für gesunde Lebens- und Arbeitsbedingungen kontinuierlich angezogen wurden. In ökonomischer Hinsicht können vor allem niedrige und langfristig überschaubare Betriebs- und Unterhaltskosten überzeugen, insbesondere Bauherren, die für den Eigenbedarf investieren. Je nach den spezifischen, auch regionalen und lokalen Marktverhältnissen können sich Mehrkosten bei Planung und Bau oft schon innerhalb weniger Jahre amortisieren.

Vorzüge nachhaltiger gegenüber konventionellen Gebäuden sind insbesondere:

- geringere Kosten über den gesamten Lebenszyklus,
  - geringere Versicherungsbeiträge,
  - höhere Werthaltigkeit der Immobilie,
  - bei Verwaltungsbauten höhere Produktivität der dort Beschäftigten,
  - ein fortschrittliches Image für den Nutzer des Gebäudes,
  - reduzierte Risiken für die Nutzer,
  - gesundheitlich unbedenkliche Bedingungen für Bewohner und Nutzer,
  - Entlastung der kommunalen technischen Infrastruktur und der Umwelt,
  - positive Effekte für die lokale Wirtschaft
- (Sedlbauer2007, Haas 2008)

Ansätze zur Bewertung der Umweltfreundlichkeit von Gebäuden - zunächst von Wohngebäuden - gibt es auch in Deutschland schon seit längerem, aber erst durch die Bestrebungen, die Nachhaltigkeit von Büro- und Gewerbeimmobilien in einem standardisierten Verfahren zu bewerten und mit der Erteilung eines Gütesiegels zu verbinden, hat das Bemühen um einen verbindlichen Nachhaltigkeitsstandard für Gebäude in Deutschland wesentlichen Auftrieb erhalten.

In Anlehnung an bereits bestehende ausländische Zertifizierungssysteme wurden vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) in enger Zusammenarbeit mit der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) die Voraussetzungen für ein deutsches Gütesiegel „Nachhaltiges Bauen“ geschaffen. Die deutsche Immobilienwirtschaft sieht sich hier in Konkurrenz mit internationalen Bestrebungen, die Nachhaltigkeit von Gebäuden hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Umwelt, insbesondere bezogen auf Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen, aber auch wirtschaftliche, technische und funktionale Qualitäten messbar zu erfassen, zu bewerten und in Form eines Gütesiegels marktkonform zu klassieren und zu zertifizieren.

Internationale Bedeutung als Zertifizierungssysteme für nachhaltiges Bauen haben insbesondere das britische BREEAM-System (*BRE Environmental Assessment Method* des Building Research Establishment, Watford, UK; seit 1990) und das US-amerikanische LEED-System (*Leadership in Energy & Environmental Design* des US Green Building Council / USGBC; seit 1998). Vergleichbar breit angelegte Ansätze für eine Zertifizierung der Nachhaltigkeit von Gebäuden wurden parallel auch in anderen europäischen Ländern entwickelt, u.a. in Frankreich (Qualité Environnementale des Bâtiments / QEB; seit 2005), in Italien (Protocollo Itaca / [www.itaca.org](http://www.itaca.org)) und in der Schweiz Minergie (seit 1998) und Minergie-Eco sowie (Economic Sustainability Indicator / ESI; seit 2007); relevante außereuropäische Zertifizierungssysteme sind u.a. Green Star in Australien (seit 2003) und CASBEE in Japan (seit 2004) (vgl. Saunders 2008, Ebert/ EBig/Hauser 2010). Einen Überblick über die Zertifizierungssysteme geben Sedlbauer 2007, Graubner et al 2007; Air Quality Sciences 2009; Ebert/ EBig/Hauser 2010; s.u. 1.2.2 ff.)

### 1.2.1 Deutsches Gütesiegel „Nachhaltiges Bauen“

#### 2001 - Leitfaden „Nachhaltiges Bauen“ des BMVBS

Für die Bautätigkeit des Bundes hatte das BMVBS 2001 einen „Leitfaden nachhaltiges Bauen“ vorgelegt, um bei Bau und Planung über den Aspekt der Energieeinsparung hinaus im Sinne des Nachhaltigkeitsbegriffs der Agenda 21 Umweltauswirkungen von Gebäuden zu berücksichtigen. Damit war die Thematik des nachhaltigen Bauens zwar umrissen, der Blick auf die die Dimensionen der Nachhaltigkeit aber sehr ungleichgewichtig. Der Leitfaden von 2001 ist wesentlich auf die Berücksichtigung von Umweltschutzziele ausgerichtet, während für die kohärente Beachtung eigenständiger ökonomischer und gar sozialer Ziele noch vergleichsweise wenig substantielle Vorgaben gemacht werden<sup>20</sup>.

Das Thema „Nachhaltiges Bauen“ sollte aber mit der Veröffentlichung des Leitfadens für das BMVBS auch nicht abgeschlossen sein – im Gegenteil: der Leitfaden wurde verstanden als eine erste fachliche Grundlage für das nachhaltige Bauen bei Bundesbauten, der für die praktische Umsetzung der weiteren Konkretisierung bedurfte (s. BBSR 14/2010). Für die Weiterentwicklung des Leitfadens wurde zur fachliche Abstimmung als Diskussionsforum ein „Runder Tisch Nachhaltiges Bauen“ eingerichtet, zu dem seit 2001 unter Leitung des BMVBS Vertreter der am Nachhaltigen Bauen interessierten Kreise - der Wissenschaft, der Hersteller und Verbände wie auch der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft - zusammenkommen. Fachlich wurde der Abstimmungsprozess des „Runden Tisches“ durch das Bundesinstitut für Bau- Stadt- und Raumforschung (BBSR) unterstützt, das eine Reihe von Forschungsarbeiten zu den anliegenden Fragestellungen vergab und betreute und deren Ergebnisse den am „Runden Tisch“ Beteiligten zugänglich machte. Einbezogen wurden auch aktuelle Normungsarbeiten zur Zertifizierung von Bauprodukten nach Qualitätseigenschaften und Umweltrelevanz. Als Kommunikationsmedium dient ein eigenes Nachhaltigkeitsportal des BMVBS ([www.nachhaltigesbauen.de](http://www.nachhaltigesbauen.de)).

Im Zusammenhang der fachlichen Erörterungen des „Runden Tisches“ und der begleitenden Forschungsarbeiten kam es zu Überlegungen, mit Unterstützung des BMVBS auch in Deutschland analog zu den internationalen Vorbildern LEED und BREEAM ein Zertifizierungssystem zur Nachhaltigkeit von Gebäuden aufzubauen (Graubner/Lützkendorf 2008). Grundlagen dazu wurden im Auftrage des BMVBS von einer Professorengruppe (Thomas Lützkendorf, KIT; Carl-Alexander Graubner, TUD; und Gerd Hauser, TUM) erarbeitet. Dabei wurden auch die aktuellen Normungsarbeiten zur Nachhaltigkeit, Qualitäts- und Gütezertifizierungen für Bauprodukte sowie Umweltdeklarationen auf Basis der internationalen Norm ISO 14025 einbezogen (Graubner et al. 2007).

Das Engagement des BMVBS zur Entwicklung eines Gütesiegels „Nachhaltiges Bauen“ begründet sich neben der fachlichen Verantwortung für die Bundesbauten aus der allgemeinen staatlichen Aufgabe der Daseinsvorsorge und des Schutzes von Klima und Umwelt sowie der Qualitätssicherung für das Bauwesen. Darüber hinaus trägt das Gütesiegel dazu bei, der deutschen Immobilienwirtschaft im internationalen Wettbewerb verlässliche Qualitätskriterien hinsichtlich der realisierten Umweltstandards an die Hand zu geben – ein sicher nicht unerwünschter Nebeneffekt des Gütesiegels.

<sup>20</sup> Eine überarbeitete und erweiterte Version des Leitfadens, in der u.a. die Zertifizierung nach BNB als erforderlicher Nachweis der Nachhaltigkeit bei Bauvorhaben des Bundes einbezogen ist, wurde 2011 auf dem Nachhaltigkeitsportal des BMVBS veröffentlicht ([www.nachhaltigesbauen.de](http://www.nachhaltigesbauen.de)).

## 2007 - Gründung der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen

Im Zusammenhang dieser Bemühungen des BMVBS um ein deutsches Gütesiegel war 2007 die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen gegründet worden. Fachlich interessierte Personen, Institutionen, Dienstleister und Hersteller haben sich zusammengesetzt, um das Nachhaltige Bauen in Deutschland zu fördern. Das Zertifizierungssystem soll die vielfältigen Aspekte und Ansätze zusammenfassen, die nach allgemeinem Verständnis mit ökologischem und nachhaltigem Bauen verbunden werden.

„Nachhaltig bauen heißt intelligent bauen: Im Mittelpunkt steht ein umfassendes Qualitätskonzept, das der Bau- und Immobilienwirtschaft ebenso dient wie der Gesellschaft. Nachhaltige Immobilien sind umweltfreundlich, ressourcensparend, für ihre Nutzer behaglich und gesund und fügen sich optimal in ihr soziokulturelles Umfeld ein“ (DGNB).

Bei der Entwicklung eines bundeseinheitlichen Zertifizierungssystems für Immobilien arbeiteten BMVBS und DGNB zunächst in enger gegenseitiger Abstimmung zusammen. Neben organisatorischen und Verfahrensfragen im Zusammenhang mit der Schaffung eines Gütesiegels waren vor allem die Kriterien für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden zu bestimmen und zu definieren. Dazu wurden sogenannten „Kriteriensteckbriefe“ erarbeitet (s.u.). Schließlich musste ein Bewertungssystem entwickelt werden, bei dem die Bewertungen der einzelnen Kriterien zu einer Gesamtbewertung zusammengespielt werden.

Die Bewertung der zur Zertifizierung angemeldeten Gebäude erfolgt auf der Grundlage aller Dokumente des Gebäudes und des Planungsverfahrens durch bei der DGNB akkreditierte Auditoren. Diese legen einen Bericht vor, der von der DGNB abschließend geprüft wird. Wenn die Kriterien der Zertifizierung erfüllt werden, erhält das Gebäude ein Gütesiegel, das in den drei Kategorien Gold, Silber und Bronze vergeben wird<sup>21</sup>.

Zu den Aufgaben der DGNB gehört seit 2009 auch die Ausbildung der Auditoren für die Zertifizierung von Bauvorhaben und die Entwicklung von Software zur Planung und Bewertung (<http://www.dgnb.de/de/verein/aktivitaeten/index.php>).

An der weiteren Entwicklung des Zertifizierungssystems sind - wie schon bei den Vorarbeiten zu der vorliegenden Version - Expertengruppen beteiligt, die die gesamte Wertschöpfungskette Bau widerspiegeln: Architekten, Ingenieure, Bauphysiker, Bauökologen, Energieberater, aber auch Hersteller von Bauprodukten sowie Investoren und Fachleute aus der Wissenschaft. Ihre Aufgabe ist es, Zertifizierungskonzepte für weitere Gebäudetypen<sup>22</sup> zu entwickeln und Zielwerte und Gewichtungen an deren Besonderheiten anzupassen.

---

<sup>21</sup> Für jedes Kriterium werden maximal 10 Bewertungspunkte vergeben. Die Kriterien sind nach ihrer Bedeutung gewichtet (mit Faktor 0 bis 3). Das Gütesiegel wird in drei Stufen vergeben, je nach dem, bis zu welchem Grad das Gebäude die Anforderungen der einzelnen Kriterien erfüllt, in Gold (ab 80%), Silber (ab 65%) oder Bronze (ab 50%); das Ergebnis wird auch in einer zusammenfassenden Note ausgedrückt (1, 1,5 und 2 für Gold, Silber bzw. Bronze).

<sup>22</sup> "Neubau Handelsbauten", "Neubau Industriebauten", "Neubau Bildungsbauten", „Komplettsanierung Büro- und Verwaltungsgebäude“, "Bestand Büro- und Verwaltung", "Neubau Wohngebäude" / Mehrfamilienhäuser ab zehn Wohneinheiten sowie „Neubau Stadtquartiere“; vgl. DGNB Homepage 2010, FAQ



Foto: Jan Bitter

**Abb. 1.2-1: Umweltbundesamt, Dessau, 2005<sup>23</sup>; Architekten: Sauerbruch Hutton, Berlin; DGNB-zertifiziert**

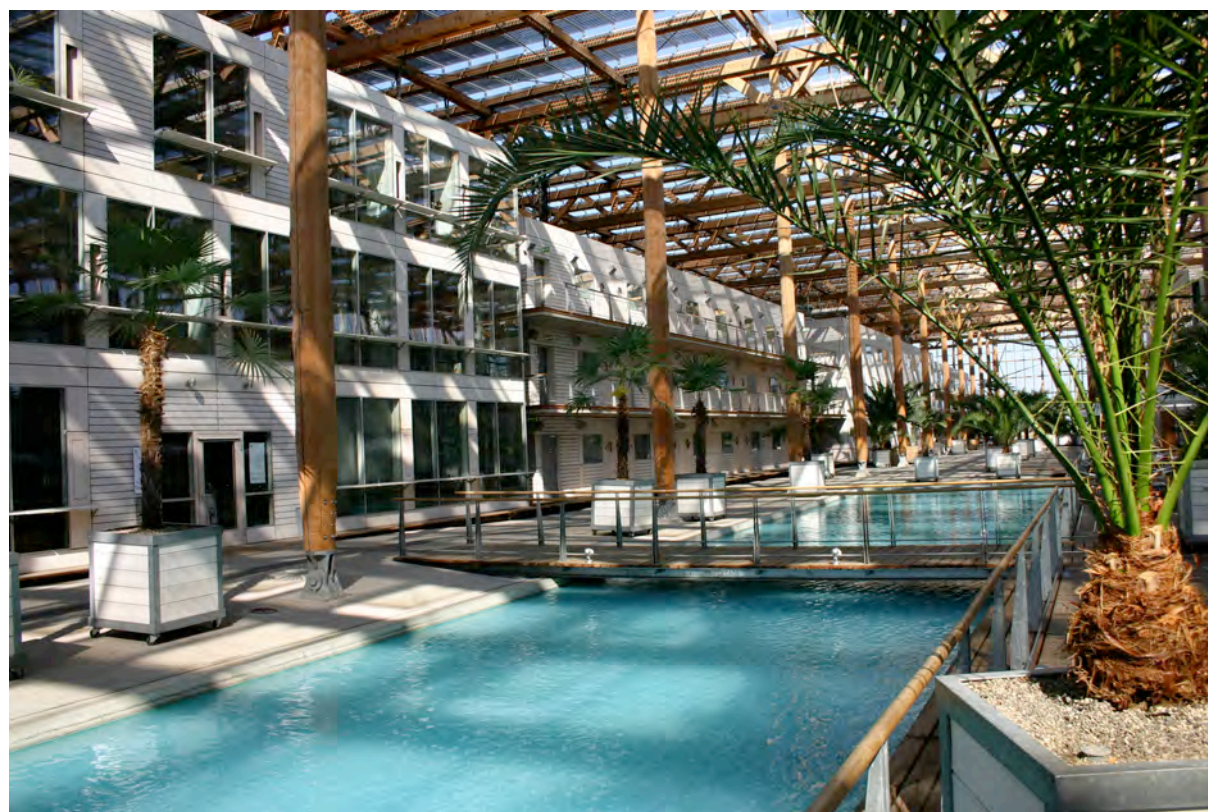


Foto: greenhouse architects

**Abb. 1.2-2: Mont Cenis Akademie, Herne, 1999<sup>24</sup>; Architekten: Jourda et Perraudin, Lyon, und Hegger Schleif Architekten, Kassel; nicht zertifiziert**

<sup>23</sup> weitere Informationen unter: [www.nachhaltigesbauen.de/gute-beispiele/verwaltung-ministerien/umweltbundesamt-dessau.html](http://www.nachhaltigesbauen.de/gute-beispiele/verwaltung-ministerien/umweltbundesamt-dessau.html)

<sup>24</sup> weitere Informationen unter [www.hhs-architekten.de/service/bibliothek/?did=38&r=355&h=75&a=download](http://www.hhs-architekten.de/service/bibliothek/?did=38&r=355&h=75&a=download)

## **Erste Pilotprojekte**

Ein Bewertungssystem muss jedoch nicht nur fachlichen und wissenschaftlichen Anforderungen genügen, es muss auch bei der Anwendung unter Praxisbedingungen gut handhabbar sein und zu plausiblen Ergebnissen führen. Um vor der Einführung zur Anwendung in der Praxis abschließend zu überprüfen, ob die Kriterien richtig gewichtet und die Zielwerte realistisch festgelegt worden waren und ob sich das Verfahren der Zertifizierung unter realen Bedingungen als praktikabel erweisen würde, wurde das Zertifizierungssystem, das zunächst für Büro- und Verwaltungsgebäude entwickelt worden war, in einer Pilotphase Ende 2008 einem Praxistest an realen Gebäuden unterzogen. Dabei wurden 16 Bürogebäude nach der seinerzeit vorliegenden Version 2008 des Gütesiegels mit insgesamt 49 Kriterien bewertet und zertifiziert. Ergebnis waren die ersten 28 Zertifikate für Büro- und Verwaltungsgebäude, die im Januar 2009 auf der Baufachmesse Bau in München vergeben wurden<sup>25</sup>.

Die bei der Erprobungsphase gesammelten Erkenntnisse flossen in die weitere Entwicklung der abschließenden Version 2009 ein, die für das Regelverfahren der Zertifizierung von Bürogebäuden eingeführt wurde (s. BMVBS 2010). Die Grundlagen und Regelungen der Zertifizierung durch die DGNB sowie die Kriteriensteckbriefe wurden in einem Handbuch veröffentlicht (DGNB 2009). Zugleich sind die Kriteriensteckbriefe und das „Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude“ (BNB; s.u.) für die Anwendung auf den Bestand an Bundesbauten auf dem Internetportal des BMVBS öffentlich zugänglich gemacht worden ([www.nachhaltigesbauen.de](http://www.nachhaltigesbauen.de); s., dort: BNB-Bewertungsmethodik und Kriteriensteckbriefe zum BNB-Bewertungssystem). Schließlich wurde das Verfahren anhand der Zertifizierungen der Pilotphase evaluiert, mit dem Ergebnis, dass die Gewichtungen im wesentlichen praxismäßig gewählt worden waren und zu plausiblen Ergebnissen führten (BBSR / Herzog 2010).

## **Festlegung der Kriterien des nachhaltigen Bauens: Kriteriensteckbriefe**

Bei der Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden wird im Prinzip der gesamte Lebenszyklus eines Gebäudes von der Planung bis zum Bau betrachtet, einschließlich der Aufwendungen für Betrieb, Unterhalt, Instandhaltung sowie Abbruch, Recycling und Entsorgung. Für die einzelnen zu betrachtenden Teilaspekte wurden sogenannte „Kriteriensteckbriefe“ nach wissenschaftlichen Standards und nach aktuellem Stand der Technik entwickelt (s.u. 1.3). Trotz des hohen fachlichen Anspruchs hatte man zugleich die Anforderungen der Praxis im Blick und war bemüht, das Zertifizierungssystem so zu konzipieren, dass es in der Praxis einfach anwendbar sein und sich flexibel auf verschiedene Nutzungsarten anpassen lassen sollte.

Mit der thematischen Breite und der Vielzahl der Kriteriensteckbriefe sollen die unterschiedlichen Aspekte der Nachhaltigkeit nachprüfbar abgebildet werden. Bewertet werden die Eigenschaften eines Gebäudes in Bezug auf seine

- ökologische Qualität,
- ökonomische Qualität,
- soziokulturelle und funktionale Qualität

---

<sup>25</sup> 16 Zertifikate und 12 Vorzertifikate für Büro- und Verwaltungsgebäude; unter den Zertifikaten das Gebäude der Bauingenieure der TU Darmstadt (Silber; s. Abschnitt 3.1) das Gebäude des ZUB in Kassel (Silber; s. Abschnitt 3.3) und das UBA-Gebäude in Dessau (Gold; s. Abb. 1.2-1). Das Gebäude der Mont Cenis Akademie (Abb. 1.2-2) ist bisher nicht zertifiziert, erfüllt aber die Nachhaltigkeitskriterien in Materialwahl und energetischem Standard

**Tab. 1.2-1: Bewertungssystem für Nachhaltiges Bauen (BMVBS)**

Nachhaltigkeitskriterien		Gewichtung Einzelkriterien Gesamtbewertung	Bedeutungs- faktor	Gewichtung Hauptkriterien- Gruppen Gesamtbewertung
<b>Ökologische Qualität</b>				22,5%
Wirkungen auf die globale Umwelt				
1.1.1	Treibhauspotenzial (GWP)	3,375%	3	
1.1.2	Ozonschichtzerstörungspotenzial (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>nr,e</sub> )	3,375%	3	
1.2.2	Gesamprimärenergiebedarf und Anteil erneuerbare Primärenergie (PE <sub>re</sub> )	2,250%	2	
1.2.3	Trinkwasserverbrauch 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	Innenraumlufthygiene	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	Planungswettbewerb	2,411%	3	
3.3.2	Kunst am Bau	0,804%	1	
<b>Technische Qualität</b>				22,5%
Qualität der technischen Ausführung				
4.1.1	Schallschutz	7,500%	2	
4.1.2	Wärme- und Tauwasserschutz	7,500%	2	
4.1.3	Reinigungs- und Instandhaltung	7,500%	2	
<b>Prozessqualität</b>				10,0%
Qualität der Planung				
5.1.1	Projektvorbereitung	1,304%	3	
5.1.2	Integrale Planung	1,304%	3	
5.1.3	Optimierung und Komplexität der Planung	1,304%	3	
5.1.4	Ausschreibung und Vergabe	0,870%	2	
5.1.5	Vorraussetzungen für eine optimale Bewirtschaftung	0,870%	2	
Qualität der Bauausführung				
5.2.1	Baustelle / Bauprozess	0,870%	2	
5.2.2	Präqualifikation der ausführenden Firmen	0,870%	2	
5.2.3	Qualitätssicherung der Bauausführung	1,304%	3	
5.2.4	Systematische Inbetriebnahme	1,304%	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	

Quelle: BMVBS, Version 2009\_4; Gewichtung und Bedeutungsfaktoren

- technische Qualität und die
- Prozessqualität, sowie - außerhalb der Bewertung - die
- Standortqualität.

Insgesamt hat das BMVBS als Ergebnis der gemeinsamen Arbeit mit der DGNB vierzig Kriteriensteckbriefe zu unterschiedlichen Aspekten der Nachhaltigkeit veröffentlicht sowie sechs Kriteriensteckbriefe zu Merkmalen des Standorts<sup>26</sup>. Beim Bewertungssystem der DGNB für Bürogebäude sind es derzeit 55 Kriteriensteckbriefe für die Bewertung der Nachhaltigkeit zuzüglich acht weiterer zum Standort (s. Tab. 1.2-1).

Man mag über Gewichtung, Zusammenstellung und Zuordnung der Kriterien streiten, die natürlich in unterschiedlicher Weise auch interessenbehaftet sind, so dass zwangsläufig Kompromisse einzugehen waren. Auch zwischen dem Ziel, alle für Bau und Nutzung relevanten Aspekte der Nachhaltigkeit zu erfassen und der Handhabbarkeit des Gütesiegels musste ein Ausgleich gefunden werden. Zudem ist die Zusammenstellung der Kriteriensteckbriefe nicht begrenzt; weitere Aspekte oder Kriterien können nachgetragen werden, insbesondere, wenn die Kriteriensteckbriefe, die in ihrer jetzigen Fassung auf Büro- und Verwaltungsgebäude bezogen sind, auch für andere Gebäudearten ausgearbeitet werden. Bislang fehlt z.B. ein ursprünglich vorgesehener Kriteriensteckbrief zum Abfallaufkommen bei Herstellung, Nutzung und Beseitigung eines Gebäudes.

Andererseits sind nicht alle Kriterien, für das Ziel, Nachhaltigkeit messbar zu machen, auch zwingend erforderlich. Viele definieren letztlich lediglich ein bestimmungsgemäß funktionierendes Gebäude und beziehen sich auf Eigenschaften, die zwar der soziokulturellen Dimension zugeordnet, aber letztlich nutzungsbezogene Qualitätsmerkmale darstellen (Heizung, Belüftung, Beleuchtung, Schallschutz etc.). Gerade solche Qualitätsmerkmale können aber dazu beitragen, mit dem Gütesiegel Nachhaltiges Bauen über den engeren Aspekt der Nachhaltigkeit hinaus in der Immobilienwirtschaft allgemeine Qualitätsstandards abzusichern.

### **Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB)**

Bis Ende 2009 waren die Kriteriensteckbriefe für das Gütesiegel „Nachhaltiges Bauen“ in enger gegenseitiger Abstimmung von BMVBS und Deutscher Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen gemeinsam entwickelt worden. Das BMVBS begleitete den Prozess der Auswahl und Gewichtung geeigneter Kriterien durch Forschungsvorhaben, die zur Klärung offener Fragen über das BBSR vergeben wurden und durch den „Runden Tisch Nachhaltiges Bauen“, als informeller Ort des fachlichen Austausch zwischen den unterschiedlichen interessierten Kreisen. Beide Seiten betrieben diesen Prozess mit dem Ziel, dass es möglichst nur ein Deutsches Gütesiegel geben sollte, um ihm entsprechende Bedeutung zukommen zu lassen.

Ende 2009 wurde die Zusammenarbeit von BMVBS und DGNB bei der Erarbeitung der Kriteriensteckbriefe für Nachhaltiges Bauen bei Büro- und Verwaltungsgebäude abgeschlossen. Das BMVBS sah in diesem Prozess seine Rolle über die Erarbeitung der Kriteriensteckbriefe für die Bauvorhaben des Bundes hinaus auch in der Sicherung fachlicher Standards für ein deutsches Gütesiegel „Nachhaltiges Bauen“ und der erforderlichen Transparenz und der Offenheit für eine Beteiligung weiterer Akteure, z.B. bei der Durchführung der Zertifizierungen und der Ausbildung der Auditoren. Es war nicht beabsichtigt, dass das BMVBS selbst die Aufgabe der Zertifizierung der Gebäude privater Eigentümer

<sup>26</sup> <http://www.nachhaltigesbauen.de/bewertungssystem-nachhaltiges-bauen-fuer-bundesgebäude-bnb/steckbriefe-zum-bnb-bewertungssystem.html>; vgl. Tab. 1.2-1;



übernimmt und Gütesiegel vergibt; dies sollte privatrechtlichen Organisationen – wie der DGNB - überlassen bleiben. Diese können die vorliegenden wissenschaftlichen Grundlagen und die Kriteriensteckbriefe nutzen und auf dieser Grundlage eigene Zertifizierungssysteme aufbauen, die sie nach Anerkennung durch das BMVBS eigenständig betreiben<sup>27</sup>.

Für die eigene Bautätigkeit des Bundes steht das in Zusammenarbeit mit der DGNB entwickelte Zertifizierungssystem künftig als „Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude“ (BNB) zur Verfügung. In die aktualisierte und erweiterte Version des Leitfadens Nachhaltiges Bauen des BMVBS<sup>28</sup>, ist es als Verfahren zum Nachweis der Nachhaltigkeit von Baumaßnahmen des Bundes aufgenommen worden (BMVBS 2011). Mit der Einführung des Zertifizierungssystems nimmt der Bund damit auch für die Bautätigkeit privater Investoren in Deutschland eine Vorbildfunktion wahr. Über den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden werden Umweltauswirkungen, Wirtschaftlichkeit und sozio-kulturelle Aspekte des Gebäudes sowie seine technisch funktionalen Qualitäten und die Qualität des Planungs- und Bauprozesses ganzheitlich quantitativ erfasst und transparent und objektiv nachvollziehbar bewertet<sup>29</sup>. Ein vergleichbares Bewertungsverfahren der Nachhaltigkeit von Außenanlagen ist vorgesehen (Richter et al. 2011). Die Werkzeuge des Bewertungsverfahrens und die Datenbasis sind auf dem Informationsportal Nachhaltiges Bauen des BMVBS: [www.nachhaltigesbauen.de](http://www.nachhaltigesbauen.de) frei verfügbar. Hier werden auch Fortschreibungen und Aktualisierungen der Nachhaltigkeitskriterien, der Systemregeln sowie ergänzende Informationen veröffentlicht werden.

Bei der Erarbeitung der Struktur des Bewertungssystems sind die internationalen Entwicklungen bei der Normung zum Nachhaltigen Bauen berücksichtigt worden, Grundlagen und Methoden beziehen sich aber zwangsläufig durchgängig auf die derzeit gültigen deutschen Gesetzen, Richtlinien und Verordnungen sowie die nationalen Normen und Leitfäden für den Nichtwohnungsbau. Entsprechend kann das Bewertungssystem vorerst nur für Verwaltungs- und Bürogebäude (Neubau) genutzt werden. Für andere Gebäudetypen oder Klimazonen, müssten die Randbedingungen jeweils angepasst werden.

### **Verfahren der Zertifizierung durch die DGNB**

Aufbauend auf den Erfahrungen der Pilotphase hat die DGNB - wie BRE / BREAM und auch USGBC / LEED (s.u. 1.2.2 und 1.2.3) – den organisatorischen Ablauf einer Zertifizierung in 13 Schritten verbindlich festgelegt. Zuständig für die Durchführung der Zertifizierung ist die Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen mbH mit Sitz in Stuttgart, eine einhundertprozentigen Tochtergesellschaft der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.

Neben dem eigentlichen Zertifikat für fertiggestellte Gebäude wird auch ein Vorzertifikat zur Bewertung von Bauwerken in der Planungs- und Bauphase erteilt. Der Nutzen für den Bauherrn sieht die DGNB darin, dass die Planung eines Gebäudes von Anfang an in Richtung Nachhaltigkeit optimiert werden kann und eine Vorzertifizierung ggf. mit Gold, Silber oder Bronze bereits in der Planungs- und Ausführungsphase bei der Vermarktung von Vorteil sein kann. Ein verliehenes Vorzertifikat verliert allerdings mit der Inbetriebnahme

<sup>27</sup> BMVBS - Bekanntmachung über die Nutzung und die Anerkennung von Bewertungssystemen für das nachhaltige Bauen, 15. April 2010; [www.nachhaltigesbauen.de/bewertungssystem-nachhaltiges-bauen-fuer-bundesgebaeude-bnb.html](http://www.nachhaltigesbauen.de/bewertungssystem-nachhaltiges-bauen-fuer-bundesgebaeude-bnb.html)

<sup>28</sup> eingeführt durch Erlass des BMVBS vom 03.03.2011

<sup>29</sup> Die Zertifizierung soll künftig analog zu den DGNB-Auditoren durch so genannte Nachhaltigkeitskoordinatoren erfolgen, ggf. in Zusammenarbeit mit der DGNB, z.B. durch gegenseitige Anerkennung der Koordinatoren bzw. Auditoren (vgl. Rollenverteilung in Deutschland/International, DGNB 2010, [www.dgnb.de/fileadmin/downloads/System/Rollenverteilung\\_DGNB.pdf](http://www.dgnb.de/fileadmin/downloads/System/Rollenverteilung_DGNB.pdf))

des Gebäudes seine Gültigkeit. Wenn für vorzertifizierte Gebäude nach ihrer Fertigstellung ein reguläres Zertifikat gewünscht wird, müssen sie neu zertifiziert werden, da erst dann alle erforderlichen Nachweise erbracht und das Gebäude in seiner Umweltrelevanz und Wirtschaftlichkeit bewertet werden kann. Dieses zweistufige Verfahren kam auch bei der Sanierung des Verwaltungsgebäudes der Deutschen Bank zum Tragen.

Eine wesentliche Rolle bei der Zertifizierung kommt dem von der DGNB ausgebildeten und zugelassenen Auditor zu, der im Idealfall das Gebäude vom Beginn der Planung an begleitet. Voraussetzung für die Ausbildung zum DGNB-Auditor und technischen Berater sowie zur Zulassung sind ein Hochschulstudium und Berufserfahrung. Je nach Vorkenntnissen ist ein individuell abgestimmtes modulares Ausbildungsprogramm mit Pflicht- und Zusatzelementen zu absolvieren (s. Abb.1.2-3).

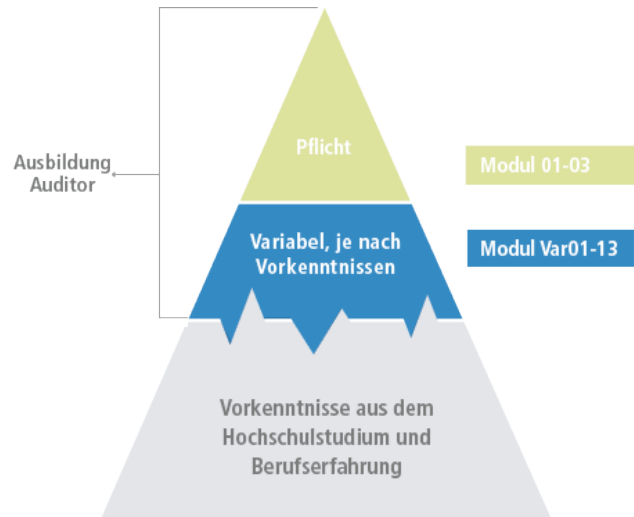
Am Anfang des Zertifizierungsprozesses steht ein Workshop, bei dem der Auditor das Team der mit der Planung beauftragten Planer und Fachingenieure sowie die ausführenden Firmen über

Inhalte und Prozess der Zertifizierung informiert. Er begleitet den gesamten Planungsprozess und nimmt an wesentlichen Planungsbesprechungen teil. Im weiteren Verlauf der Planung koordiniert er die erforderlichen Nachweisführungen und dokumentiert den Prozess von Planung und Ausführung. Die Aufgabe des Auditors beschränkt sich aber nicht auf das Dokumentieren und Auswerten, vielmehr soll er an der Planung beratend mitwirken und auf die Konsequenzen von Planungsentscheidungen für die Zertifizierung aufmerksam machen, um das Ergebnis im Sinne des Nachhaltigen Bauens zu optimieren.

Auch während der Bauausführung sollte der Auditor das Projekt nach Möglichkeit weiter begleiten – wie z.B. bei der Sanierung des Gebäudes der Hauptverwaltung der Deutschen Bank (s. Abschnitt 3.4). Dazu gehören stichprobenartige Kontrollen der Bauausführung im Hinblick auf die Einhaltung der DGNB-Kriterien. Auch Baustoffe und Baumaterialien sollten stichprobenartig nach ihren Deklarationen auf ihre Relevanz für die Zertifizierung geprüft werden. Mit dem Bauherrn kann der Auditor darüber hinaus weitere zusätzliche Leistungen, insbesondere eine intensivere fachliche Begleitung sowie Nachweise, Berechnungen und Messungen vereinbaren. Er wird damit zu einer Art Fachplaner für Nachhaltigkeit.

Nach Abschluss der Bauarbeiten erarbeitet der Auditor anhand der Kriteriensteckbriefe die endgültige Bewertung des Gebäudes. Er stellt die erforderlichen Unterlagen zusammen und reicht sie bei der DGNB ein. Für die abschließende Bewertung durch die DGNB steht er für Auskünfte und Stellungnahmen zur Verfügung.

Schematisch erfolgt die Zertifizierung eines Gebäudes in 13 Schritten:



**Abb. 1.2-3: Modulare Struktur der Ausbildung zum DGNB Auditor**

- 1 Ein DGNB-Auditor meldet das Gebäude für die Zertifizierung bei der DGNB-Geschäftsstelle an.
- 2 Die DGNB schließt mit dem Bauherrn einen Vertrag über die Zertifizierung.
- 3 Der Auditor reicht die erforderlichen Unterlagen bei der DGNB-Geschäftsstelle ein.
- 4 Auditor und Bauherr erhalten eine Empfangsbestätigung für die eingereichten Unterlagen von der DGNB.
- 5 Jeweils zwei unabhängige Prüfer der DGNB führen eine erste inhaltliche Prüfung durch.
- 6 Die DGNB verschickt den ersten Prüfbericht – gegebenenfalls inklusive Rückfragen – an den Auditor.
- 7 Der Auditor schickt seine Stellungnahme zum Prüfbericht an die DGNB und legt gegebenenfalls weitere erforderliche Unterlagen bei.
- 8 Die DGNB führt eine zweite inhaltliche Prüfung mit zwei unabhängigen Prüfern durch.
- 9 Die DGNB verschickt den zweiten Prüfbericht an den Auditor.
- 10 Der DGNB-Zertifizierungsausschuss verifiziert das Prüfungsergebnis.
- 11 Die DGNB verschickt eine abschließende Ergebnismitteilung an Bauherr und Auditor.
- 12 Die DGNB ermöglicht dem Auditor eine Prüfungseinsicht im Beisein eines Prüfers.
- 13 Das geprüfte Gebäude wird mit dem DGNB-Vorzertifikat bzw. dem DGNB-Zertifikat ausgezeichnet.  
(s. [www.dgnb.de/\\_de/zertifizierung/weg/index.php](http://www.dgnb.de/_de/zertifizierung/weg/index.php); retr. 2010)

**Tab. 1.2-2: Gebühren der Zertifizierung durch die DGNB (Nicht-Mitglieder)**

Projektgröße (m <sup>2</sup> BGF)	< 4.000	4.000 – 20.000	20.000	20.000 – 80.000	> 80.000
<b>Vorzertifikat</b> (Projekt in Planung / Ausführung)	<b>4.000 €</b>	<b>4.000 €</b> <b>+ 0,35 €/m<sup>2</sup></b>	<b>9.600 €</b>	<b>9.600 €</b> <b>+ 0,06 €/m<sup>2</sup></b>	<b>13.000 €</b>
<b>Zertifikat</b> (Fertiggestellte Projekte)	<b>6.000 €</b>	<b>6.000 €</b> <b>+ 0,75 €/m<sup>2</sup></b>	<b>18.000 €</b>	<b>18.000 €</b> <b>+ 0,17 €/m<sup>2</sup></b>	<b>28.000 €</b>

Quelle: DGNB, Übersicht der Zertifizierungsgebühren (Stand Oktober 2010)

### Kosten der Zertifizierung durch die DGNB

Die für die Zertifizierung von der DGNB erhobenen Gebühren richten sich nach der Größe (m<sup>2</sup> BGF) des Objekts (s. Tab. 1.2-2); für ein Vorzertifikat betragen sie etwa die Hälfte. Wenn der Bauherr Mitglied der DGNB ist, wird ein Rabatt von 3.000 € (Vorzertifikat 2.000 €) gewährt. Für darüber hinausgehende, vom Bauherrn oder vom Auditor gewünschte Prüfungen der Unterlagen werden von der DGNB je € 2.000 € in Rechnung gestellt. Die wesentlichen Kosten sind jedoch nicht die Gebühren der DGNB, sondern das Honorar für den Auditor, das je nach Aufwand und orientiert an der HOAI frei vereinbart werden kann.

### Stellung zu anderen internationalen Bewertungssystemen

Das relativ neue deutsche Bewertungssystem in der Verantwortung der DGNB ist seiner Entstehung und Zwecksetzung nach auf deutsche Verhältnisse und Gegebenheiten ausgerichtet, Basis sind die deutschen Baustandards. International - aber auch national -

muss es sich erst bewähren. Im Vergleich zu den beiden bedeutendsten Bewertungssystemen LEED und BREEAM sind bei dem deutschen Gütesiegel die Anforderungen für gute Bewertungen entsprechend höher, da eine Qualität von Prozess und Ergebnis bewertet wird, die über dem in Deutschland gesetzlich geforderten, üblichen Standard liegt. Der wird nach einer vergleichenden Studie<sup>30</sup> bei LEED mit Silber und bei BREEAM mit sehr gut bewertet (Draeger 2/2010, vgl. Abb. 1.2-4).

Zu bedenken beim Vergleich der beiden – wie auch weiterer – Systeme sind nationale Besonderheiten der Baupraxis und ihrer rechtlichen Bewertung, auf die die Zertifizierungssysteme bezogen sind, die im Einzelfall erhebliche Bedeutung haben können. Ein Beispiel dafür ist die Bewertung des Recyclings von Gips im Verhältnis zur Verwendung von (frischem) REA-Gips. In Deutschland werden Gipskartonplatten nicht recycelt, sondern nur zum Bergversatz verwendet. Als Bergversatz zur Sicherung der Stollen und Vermeidung von Bergschäden werden in Deutschland geeigneter mineralische, als nicht gefährlich eingestufte Abfälle in ausgeräumte Bergwerksstollen verbracht (s.

www.bmu.de). Für den Bergversatz werden u.a. Gipsabfälle bzw. mit Gips vermischte mineralische Bauabfälle, die sich über Tage nicht als Verfüllmaterial verwenden lassen, eingesetzt. Bergversatz gilt nach deutschem Abfallrecht nicht als Deponie sondern wegen der Nutzung des Materials als Verwertung (vgl. § 4 Abs. 3 KrW-/AbfG).



Quelle: Draeger 2/2010

**Abb. 1.2-4: Vergleich der Bewertungsstufen von DGNB, LEED und BREEAM**

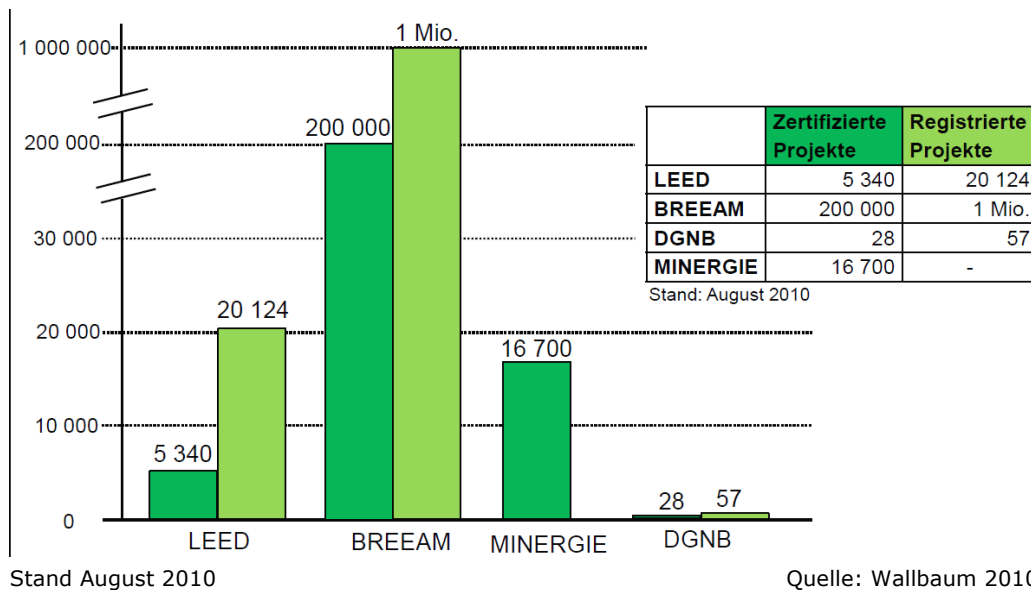
Anders als in den USA fällt in Deutschland REA Gips in großen Mengen bei der Rauchgasentschwefelung aus der Braunkohleverstromung an. Daher kann frischer REA Gips verwendet werden und anfallender Abfall verfüllt werden. Für die Zertifizierung nach LEED entsprechend amerikanischen Verhältnissen ist jedoch allein (negativ) ausschlaggebend, dass das Material wo auch immer abgelagert - also deponiert - und nicht weiter stofflich genutzt wird. Für den USGBC gilt dass Deponie gleich Deponie ist, unabhängig von solchen Besonderheiten. Trennwände aus Gipskartonplatten (aus REA-Gips) schneiden daher bei LEED schlecht ab.

Auch hinsichtlich der Schadstofffreiheit gibt es länderspezifisch unterschiedliche Bewertungen. In den USA gilt z.B. Aceton nicht als Lösemittel; auch der zulässige Wert für flüchtige Kohlenwasserstoffe (*VOC / volatile organic compounds*) ist in den USA anders definiert als in Deutschland.

Im internationalen Vergleich ist das deutsche Gütesiegel der DGNB mit der Betrachtung von Umweltrauswirkungen und ökonomischer Qualität über den gesamten Lebenszyklus

<sup>30</sup> „Vergleich des Systems des deutschen Gütesiegels Nachhaltiges Bauen mit internationalen Systemen“. Bearbeitung: Susan Draeger, Happold Ingenieurbüro, Berlin. Ziel des Forschungsprojektes ist ein Vergleich des deutschen Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen für Büro- und Verwaltungsgebäude mit den internationalen Systemen BREEAM und LEED mit Blick auf die für Deutschland geltenden Bewertungsregeln und Standards (www.bbsr.bund.de).

das komplexeste, das alle Dimensionen des nachhaltigen Bauens nahezu gleichwertig abdeckt (vgl. Wittstock et al. 2009, Draeger 10/2010, Ebert/Eßig/Hauser 2010, Fries 2010). Dagegen konzentrieren sich z.B. LEED und BREEAM auf die ökologischen Themen Energie- und Wasserverbrauch sowie auf den Wohnkomfort, während ökonomische Aspekte eher vernachlässigt werden (DB Research 2010). Wie sich das deutsche Gütesiegel in Deutschland durchsetzen wird und wie es sich auch international gegenüber den bereits eingeführten Labels behaupten kann, wird abzuwarten sein (s. Abb. 1.2-5). Offen bleibt auch, wieweit andere nationale Labels sich entwickeln und welche Bedeutung sie künftig erlangen können. Der Vorzug des deutschen Bewertungssystems mag dabei in seiner komplexen, quasi objektiven, Datenbank-gestützten Struktur liegen, der anderer Systeme dagegen in einer einfacheren Handhabung (Schneider/Baumann-Lotz 2009; Eßig 2009, 2010; Deutsche Bank Research 2010).



**Abb. 1.2-5: Übersicht zertifizierte Projekte weltweit**

Die Vielzahl der Gütesiegel konfrontiert internationale Unternehmen allerdings damit, dass Investoren aus unterschiedlichen Ländern jeweils andere Gütesiegel bevorzugen, zumindest für den europäischen Raum wäre daher eine Vereinheitlichung wünschenswert (Cesarz 2010, Draeger 10/2010).

Bewertet wird im übrigen bei LEED wie bei den anderen Zertifizierungsverfahren das geplante bzw. realisierte Gebäude. Die Realität der Nutzung kann sich durchaus anders darstellen. Nach einer Studie, bei der LEED-zertifizierte Gebäude in den USA evaluiert worden waren, verfehlten 20% der untersuchten Gebäude im Betrieb die geplanten Zielwerte und teilweise sogar die gesetzlich vorgeschriebenen Mindestwerte. Zu Letzteren gehörten zudem vornehmlich Gebäude mit Gold- und Platin-Status, also den höchsten Bewertungsstufen. Solche Abweichungen von den Zielvorgaben können mehrere Ursachen haben, z.B. dass bei der Planung der Betrieb der Anlagen in der Nutzungsphase zu wenig mitbedacht wurde oder dass eine angemessene Qualitätssicherung der Ausführung und Inbetriebnahme fehlte etc. (BINE 2010).

### 1.2.2 BREEAM (BRE Environmental Assessment Method)

Das britische Zertifizierungssystem BREEAM (BRE Environmental Assessment Method), das von der zentralen britischen Bauforschungseinrichtung BRE (Building Research Establishment in Watford) betrieben wird, kann wohl als das Ausgangsmodell aller Zertifizierungssysteme des nachhaltigen Bauens nach ganzheitlichen ökologischen, wirtschaftlichen und technischen Kriterien gelten.

**Tab. 1.2-3: BREEAM Zertifizierungen nach dem Gegenstand der Zertifizierung**

BREEAM Label	Gegenstand der Zertifizierung
<b>BREEAM Other Buildings</b>	Gebäude außerhalb der Standardkategorien, wie z.B. Freizeitanlagen, Labors, Gemeindebauten und Hotels, in der Entwurfsphase und nach Fertigstellung.
<b>BREEAM Courts</b>	Neubauten und Sanierungen von Gerichtsgebäuden
<b>The Code for Sustainable Homes</b>	Seit April 2007 ersetzt der "Code for Sustainable Homes" das frühere „Ecohomes“ bei der Bewertung von Wohnungsneubau in England.
<b>BREEAM Ecohomes</b>	Durchgreifende Modernisierungen im Wohnungsbau - Einfamilienhäuser wie Geschosswohnungen - in der Entwurfsphase und nach Fertigstellung
<b>BREEAM EcohomesXB</b>	Dient Wohnungsgesellschaften als Management Tool bei der Verwaltung bestehender Wohngebäude
<b>BREEAM Healthcare</b>	Alle Arten von Gebäuden des Gesundheitswesens mit medizinischen Einrichtungen in unterschiedlichen Phasen ihres Lebenszyklus. Zusätzlich kann BREEAM Healthcare XB auch für Gebäude in Betrieb eingesetzt werden.
<b>BREEAM Industrial</b>	Werkstätten, Gewerbebetriebe, Fabriken sowie Lager- und Vertriebsgebäude, in der Entwurfsphase und nach Fertigstellung.
<b>BREEAM International</b>	Bauprojekte außerhalb Großbritanniens. BRE unterstützt auch die Entwicklung spezifischer BREEAM-Versionen für andere Länder oder Regionen.
<b>BREEAM Multi-residential</b>	Gemeinschaftliche Wohneinrichtungen wie Studentenheime, Alten- und Pflegeheime, Wohnanlagen für betreutes Wohnen und Herbergsunterbringungen, in der Entwurfsphase und nach Fertigstellung.
<b>BREEAM Prisons</b>	Hochsicherheitsgefängnisse und Standardeinrichtungen des Strafvollzugs, Strafvollzugsanstalten für Frauen und Jugendliche sowie örtliche Gefängnisse, in der Entwurfsphase und nach Fertigstellung.
<b>BREEAM Offices</b>	Neubau oder durchgreifende Sanierung von Bürogebäuden, in der Entwurfsphase, nach Fertigstellung und in der Nutzungsphase.
<b>BREEAM Retail</b>	Bestand, Neubau oder durchgreifende Sanierung von Einrichtungen des Einzelhandels nach Fertigstellung, nach Umbauten durch Pächter während der Pachtzeit, Durchführung bzw. Verwaltung
<b>BREEAM Education</b>	Neubau oder durchgreifende Sanierung von Schulen und Schulerweiterungen in der Entwurfsphase und nach Fertigstellung.
<b>BREEAM Communities</b>	Planungshilfe für Planer und Projektentwickler, um die Nachhaltigkeit größerer Wohnungsbau- und Siedlungsvorhaben zu verbessern, zu messen und unabhängig zu bewerten.
<b>BREEAM Domestic Refurbishment</b>	Noch in der Entwicklung ist bei BRE Global ein neuer Zertifizierungsstandard für die nachhaltige Erneuerung bestehender Wohngebäude.
<b>BREEAM In-Use</b>	Bestehende Nicht-Wohngebäude können mit BREEAM In-Use bewertet werden. Es besteht aus zwei Teilen: Bewertung der Kapitalanlage und Qualität der Gebäudebewirtschaftung.

Quelle: BREEAM /[www.breeam.org/page\\_1col.jsp?id=54](http://www.breeam.org/page_1col.jsp?id=54)

**Tab. 1.2-4: BREEAM Kategorien für Bürogebäude (BREEAM Offices 2008) mit Gewichtung und wesentlichen Aspekten (issues)**

<b>Management (12%)</b>	<b>Abfall (7,5%)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausschreibung und Vergabe</li> <li>• Umweltauswirkungen der Baustelle</li> <li>• Sicherheit beim Bauen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauabfälle</li> <li>• Recyclingbaustoffe</li> <li>• Vorrichtungen zur Abfalltrennung</li> </ul>
<b>Gesundheit und Wohlbefinden (15%)</b>	<b>Verschmutzung (10%)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tageslicht</li> <li>• Thermischer Komfort des Benutzers</li> <li>• Schallschutz und Akustik</li> <li>• Qualität von Innenraumluft und Trinkwasser</li> <li>• Beleuchtung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kältemittelnutzung und Leckagen</li> <li>• Hochwasserrisiko</li> <li>• NOx-Emissionen</li> <li>• Gewässerverschmutzung</li> <li>• Belastungen durch Außenbeleuchtung und Lärm</li> </ul>
<b>Energie (19%)</b>	<b>Landverbrauch und Ökologie (10%)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO<sub>2</sub>-Emissionen</li> <li>• Technologie mit niedrigen bzw. ohne CO<sub>2</sub>-Emissionen</li> <li>• Unterzähler für den Energieverbrauch</li> <li>• Energieeffiziente Bausysteme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahl des Baugrundstücks</li> <li>• Schutz ökologischer Besonderheiten</li> <li>• Verringerung / Verstärkung der ökologischen Qualität</li> </ul>
<b>Transport (8%)</b>	<b>Materialien (12,5%)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anschluss an den ÖPNV</li> <li>• Vorkehrungen für Fußgänger und Radfahrer</li> <li>• Zugang zu öffentlichen Einrichtungen</li> <li>• Fahrpläne und Information</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umweltwirkungen der Materialien über den Lebenszyklus</li> <li>• Weiterverwendung von Gebäudeteilen</li> <li>• Verantwortliche Beschaffung</li> <li>• Dauerhaftigkeit</li> </ul>
<b>Wasser (6%)</b>	<b>Innovation (10%)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wasserverbrauch</li> <li>• Leck Überprüfung</li> <li>• Aufbereitung und Mehrfachnutzung von Wasser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erreichte beispielhafte Qualitätsstufen</li> <li>• Einbezug von akkreditierten BREEAM Fachleuten</li> <li>• Neue Technologien und Bauverfahren</li> </ul>

Quelle: BREEAM Office 2008

Anmerkung: Gewichtung für Neubau, Erweiterungen und durchgreifende Erneuerungsmaßnahmen, nicht für die technische Gebäudeausrüstung (fit-out) allein.

Aufbauend auf Vorläufer mit rein ökologischen, insbesondere energetischen Anforderungen, war das erste BREEAM-Bewertungssystem von 1990 noch eine einfache Checkliste mit 21 Kriterien.

1993 wurde es dann zu einem wesentlich komplexeren Bewertungs- und Klassifizierungssystem mit dann 40 Kriterien weiterentwickelt, das für bestehende ebenso wie für neu errichtete Bürogebäude und Industriebauten angewendet werden konnte.

1998 wurde ein gewichtetes Bewertungssystem eingeführt, bei dem in acht Beurteilungskategorien jeweils Punkte für die zugeordneten Kriterien vergeben werden. Von der Planung über die Ausführung bis hin zur Nutzung werden Auswirkungen auf die globale, regionale und lokale Umwelt sowie auf die Innenräume der Gebäude berücksichtigt.

2008 schließlich wurde das BREEAM-System erneut umfassend überarbeitet; die Bewertung der Umweltauswirkungen wurde anders gewichtet und um weitere Kriterien ergänzt.

Auch wenn BREEAM nicht explizit ökonomische Qualität bewertet, ist die Wirkung des Gütesiegels doch stark auf den Immobilienmarkt ausgerichtet; es soll

- die Nachfrage nach nachhaltigen Gebäuden erhöhen,
- durch Umweltstandards oberhalb geltender rechtlicher Vorschriften einen Marktanreiz für innovative Lösungen schaffen, die zu einer Minimierung der Umweltbelastungen führen, und
- bei Nutzern, Planern und Investoren das Bewusstsein für den Vorteile umweltfreundlicher Gebäude fördern.

Ein BREEAM Zertifikat kann nach Standardversionen der Zertifizierung für unterschiedliche Gebäudearten bzw. Gegenstände der Bewertung vergeben werden, für Neubauten und für bestehende Gebäude, für Verwaltungsgebäude, öffentliche Gebäude, Industriebauten, Wohnhäuser und Wohngebiete (s. Tab. 1.2-3). Auch Gebäudetypen, die den vorliegenden Bewertungsschemata nicht entsprechen, können ggf. nach maßgeschneiderten Kriterien in einem eigens zusammengestellten spezifischen Bewertungsschema (*bespoke scheme*) zertifiziert werden.

Außerhalb Großbritanniens können Gebäude nach Maßgabe von BREEAM International zertifiziert werden. Wenn die wesentlichen Angaben zu einem Vorhaben vorliegen, kann bereits für die Planung ein Vorzertifikat (Interim BREEAM Certificate) vergeben werden, für das anschließende Zertifikat des fertiggestellten Gebäudes (Final BREEAM Certificate) ist dies aber keine zwingende Voraussetzung.

Maßgebend für die Bewertung sind die Ergebnisse der 10 Beurteilungskategorien (*categories*), für die jeweils eine bestimmte maximale Anzahl an Punkten zu vergeben ist, die sich aus den Bewertungen der Einzelkriterien (*issues*) aufaddiert (s. Tab 1.2-4). Die Kategorien sind je nach Bewertungsgegenstand unterschiedlich gewichtet, wobei der Energieverbrauch mit einem Anteil von knapp einem Fünftel klar im Vordergrund steht. Minimalstandards setzen jeweils Untergrenzen bei den Bewertungsstufen, die als K.O.-Kriterien erfüllt sein müssen<sup>31</sup>.

Als Ergebnis einer erfolgreichen Bewertung mit mehr als 30% Erfüllung der Kriterien wird ein Gütesiegel in vier Abstufungen vergeben:

- durchschnittlich, gut (über 45%),
- sehr gut (über 55%) oder
- ausgezeichnet (über 70%); nach besonderen Kriterien auch als
- „herausragend“ (über 85%).

Bisher wurden ca. 100.000 Gebäude zertifiziert, über 500.000 sind registriert ([www.baunetzwissen.de](http://www.baunetzwissen.de), 2010).

### **1.2.3 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)**

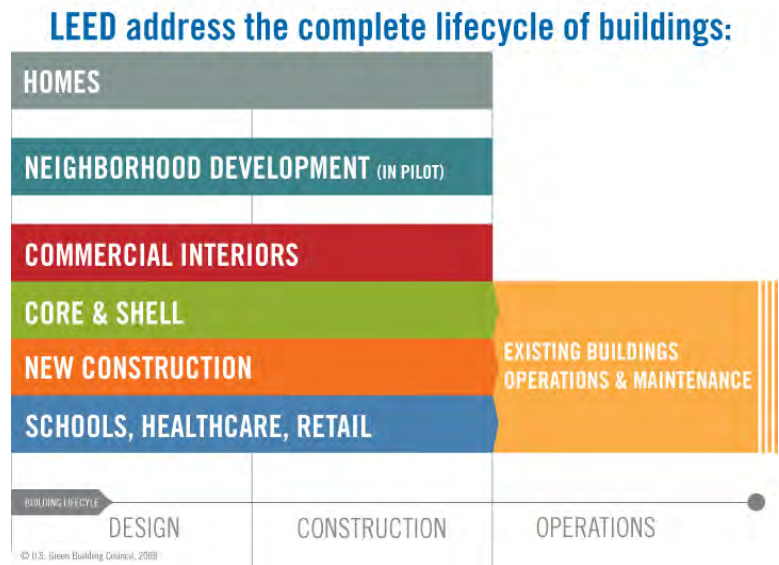
In Anlehnung an das britischen Bewertungssystem BREEAM war in den USA das Zertifizierungssystem LEED (Leadership in Energy and Environmental Design / Wegweisende Energie- und Umweltplanung) entstanden. Über die Bedeutung, die LEED als Qualitätsnachweis für die US-Immobilienwirtschaft gewinnen konnte, hat Gütesiegel mittlerweile weltweit Bedeutung erlangt und nimmt unter den Zertifizierungssystemen eine entsprechende Führungsrolle ein.

---

<sup>31</sup> Z.B. kann die Bewertung „gut“ nur erreicht werden, wenn mindestens jeweils 1 Punkt vergeben wurde für die Kriterien Vergabe, Hochfrequenzbeleuchtung, mikrobielle Verseuchung, Wasserverbrauch und Wasserzähler.



Die Ursprünge von LEED reichen zurück in das Jahr 1993, in dem das U.S. Green Building Council (USGBC) als gemeinnützige, gleichwohl wirtschaftsnahe Vereinigung zur Förderung von Nachhaltigkeit bei Planung, Bau und Nutzung von Gebäuden gegründet worden war. Aus der Mitgliedschaft heraus wurde 1994 die Initiative angestoßen, nach dem Konzept von BREEAM auch in den USA ein Gütesiegel für Umweltqualität beim Bauen zu entwickeln. Fachleute und



Grafik: Todd 2009 /

**Abb. 1.2-6: Anwendungsbereiche von LEED**

Interessenvertreter der Bau- und Immobilienwirtschaft konnten für das Vorhaben interessiert werden, und so ergab sich eine wachsende Zahl und ein breites Spektrum von gemeinnützigen Organisationen, die sich daran beteiligten: Behörden, Architekten, Ingenieure, Bauunternehmer, Hersteller von Bauprodukten und weitere interessierter Kreise der Bau- und Immobilienwirtschaft - ähnlich wie in Deutschland bei der Konzeption des DGNB/BNB Gütesiegels. In einem offenen Prozess wurden Ziele und Verfahren für ein Gütesiegel erörtert und abgestimmt und schließlich vereinbart.

**Tab 1.2-5: Ziele der LEED Zertifizierung**

LEED-certified buildings are designed to:	Die LEED-Zertifizierung bezweckt:
Lower operating costs and increase asset value.	Niedrigere Betriebskosten und höherer Immobilienwert
Reduce waste sent to landfills.	Verringerung von zu deponierenden Abfällen
Conserve energy and water.	Einsparung von Energie und Wasser
Be healthier and safer for occupants.	Sicherer und gesünder für Nutzer und Bewohner
Reduce harmful greenhouse gas emissions.	Verringerung schädlicher Treibhausgase
Qualify for tax rebates, zoning allowances and other incentives in hundreds of cities.	Standardnachweis für Steuererleichterungen, Zuschüssen und weiteren Anreizen vieler Städte
Demonstrate an owner's commitment to environmental stewardship and social responsibility.	Ausweis von umweltbewusstem Handeln und sozialem Verantwortungsbewusstsein des Eigentümers

Quelle: [www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=64](http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=64); retr 110307

Aus einem anfänglich sechsköpfigen ehrenamtlichen Komitee und 200 ebenfalls ehrenamtlichen Mitarbeitern, die LEED in den Anfangsjahren betreuten, ist unter dem Dach des USGBC ein Unternehmen mit 20 Komitees und 150 hauptberuflichen Mitarbeitern geworden, an dessen Spitze das LEED Leitungskomitee steht, dem eine Reihe von Komitees mit spezifischen Aufgabenbereichen nachgeordnet ist<sup>32</sup>.

<sup>32</sup> u.a. Umsetzung und technische Standards, Marktbezug, Weiterentwicklung der Bewertungssysteme, Sicherung der technisch-wissenschaftlichen Standards der technischen Beratergruppen etc.

Wie bei BREAM ist die Zertifizierung bei LEED vorrangig auf Umweltziele ausgerichtet (s.u. Punktwertung und Tab.1.2-5). Der wirtschaftliche Aspekt besteht vor allem darin, durch Energie- und Wassereffizienz Betriebskosten zu senken, aber auch, um das Gebäude für Steuererleichterungen und finanzielle Vergünstigungen zu qualifizieren. Durch seine Qualitätsstandards soll LEED aber auch ganz allgemein dazu beitragen, nachhaltiges Bauen in der Praxis zu stärken:

- Durch einheitliche Bemessungsstandards wird Klarheit geschaffen, was als „nachhaltiges Gebäude“ („*green building*“) bezeichnet werden kann.
- Mit der Vorgabe der Bewertungskriterien von LEED wird eine ganzheitliche Entwurfspraxis mit Einbeziehung von Umweltstandards gefördert.
- Vorbildliche Umweltaktivitäten der Bauindustrie werden anerkannt.
- Der Wettbewerb um eine möglichst gute Umweltqualität von Gebäuden wird gefördert.
- Bei den Verbrauchern wächst das Bewusstsein für die Vorteile nachhaltiger Gebäude.
- Die Marktbedingungen in der Bau- und Immobilienwirtschaft werden zugunsten des Nachhaltigen Bauens verändert.

**Tab. 1.2-6: LEED-Bewertungen nach Gegenständen**

Topic of rating	Gegenstand der Bewertung
New Construction	Neubau
Existing Buildings: Operations & Maintenance	Vorhandene Gebäude: Nutzung & Instandhaltung
Commercial Interiors	Gewerbliche Innenräume
Core & Shell	Tragwerk und äußere Hülle
Schools	Schulen
Retail	Einzelhandel
Healthcare	Gesundheitsvorsorge
Homes	Wohngebäude
Neighbourhood Development	Wohngebiete

Quelle: U.S. Green Building Council ([www.usgbc.org](http://www.usgbc.org))

Zunächst ohne weitere Differenzierung für Neubauten aller Art konzipiert ist das LEED Konzept heute ein System von sechs aufeinander bezogenen Standards mit spezifischen Anforderungen für die Bewertung unterschiedlicher Gebäudetypen bzw. Anwendungsbe- reiche (s. Abb. 1.2-6, Tab. 1.2-6). In die Bewertung ist der gesamte Prozess von Planung und Bau, Ausführung und Unterhaltung sowie Veränderungen durch die Mieter einbezo- gen. LEED kann (künftig) auch für die Entwicklung von Wohngebieten genutzt werden und erweitert damit die Betrachtung von den Umweltauswirkungen eines Gebäudes auch auf das zugehörige Wohngebiet.

Die Bewertungssysteme von LEED werden jeweils unter der Leitung eines dafür einge- richteten ehrenamtlichen Komitees in einem konsensorientierten sowie grundsätzlich of- fenen und transparenten Prozess entwickelt. Die Stellungnahmen interessierter Kreise der Bau- und Immobilienwirtschaft, der Hersteller von Bauprodukten wie auch von Ver- bänden und Behörden fließen dabei ein. Entsprechend sind auch die Komitees mit Prakti- kern, Fachleuten und Interessenvertretern quer durch alle Bereiche der Bauwirtschaft besetzt. Die Komitees werden durch technische Beratergruppen unterstützt, die die Ein- haltung wissenschaftlich-technischer Standards sicherstellen. Abschließend müssen neue Bewertungssysteme von den Mitgliedern des USGBC genehmigt werden.

Für die Zertifizierung nach LEED werden Gebäude durch einen unabhängigen Gutachter, einen sogenannten „akkreditierten Auditor“, beurteilt. Je nach dem, wie die Anforderungen erfüllt sind, wird eine bestimmte Anzahl von Punkte vergeben. Bei der aktuellen Version des „USGBC LEED 2009“ können bei der Bewertung insgesamt 100 Punkte vergeben werden zuzüglich weiterer sechs Punkte für Innovationen des Entwurfs und vier Punkte für die vorrangige Berücksichtigung regionaler Unternehmen und Produkte. Die Punkte werden für sechs Hauptbereiche wie folgt vergeben<sup>33</sup>:

- Nachhaltigkeit des Standorts max. 26 Punkte
- Effiziente Trinkwassernutzung max. 10 Punkte
- Energie und Atmosphäre max. 35 Punkte
- Materialien und Ressourcen max. 14 Punkte
- Innenklima max. 15 Punkte
- Innovation und Entwurfsprozess max. 6 Punkte
- Vorrang für die regionale Wirtschaft max. 2 Punkte

Bewertet wird in vier Stufen<sup>34</sup>: „zertifiziert“, (40 Punkte und mehr), Silber (50 – 59 Punkte), Gold (60 – 79 Punkte) und Platin (80 Punkte und mehr).

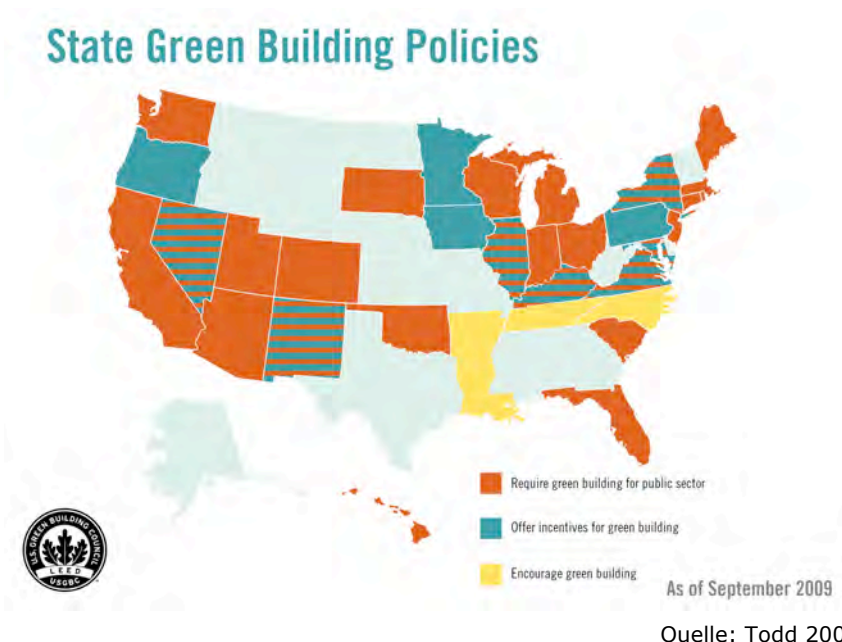


Abb. 1.2-7: LEED als umweltpolitisches Instrument in den USA

Der Erfolg von LEED in den USA ausweislich der vielen bereits erfolgten Zertifizierungen ist allerdings auch vor dem Hintergrund zu sehen, dass die Gesetzgebung in den USA verbindliche nationale Umweltstandards für Gebäude nach deutschen und europäischen Maßstäben bisher nicht hervorgebracht hat (Haas 2008). Die von den einzelnen Staaten erlassenen Regelungen z.B. zur Energieeinsparung

in Gebäuden differieren erheblich<sup>35</sup>. Dem LEED Gütesiegel kommt dementsprechend auch die Funktion zu, die Qualität von Gebäuden hinsichtlich der Kosten für den spezifischen Energieverbrauch national vergleichbar und transparent zu machen. Mit dem LEED Gütesiegel ist zudem ein Maßstab gesetzt, der auf der kommunalen Ebene aufgegriffen wird, um Anforderungen für örtliche „grüne“ Bauprogramme festzulegen<sup>36</sup> (s. Abb.1.2-7).

<sup>33</sup> vgl zu der Verteilung der Punkte auf die einzelnen Kriterien der sechs Bereiche [http://en.wikipedia.org/wiki/Leadership\\_in\\_Energy\\_and\\_Environmental\\_Design](http://en.wikipedia.org/wiki/Leadership_in_Energy_and_Environmental_Design)

<sup>34</sup> zertifiziert (unter Durchschnitt) 40-49 Punkte; Silber (guter Durchschnitt) 50-59 Punkte, Gold (obere Gruppe) 60-79 Punkte, Platin (Spitzengruppe) 80 Punkte und mehr

<sup>35</sup> Status of State Energy Codes, US Department of Energy, [http://www.energycodes.gov/implement/state\\_codes/index.stm](http://www.energycodes.gov/implement/state_codes/index.stm)

<sup>36</sup> So wird für LEED auch mit dem Argument geworben, dass ein zertifiziertes Gebäude für Steuererleichterungen qualifiziert wird: „LEED-certified buildings are designed to: (...) qualify for tax rebates, zoning allowances and other incentives in hundreds of cities (...)“ ([www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=64](http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=64); retr 07.03.2011)

### 1.2.4 HQE (Haute Qualité Environnementale)

Auch die Initiatoren des französischen Gütesiegels HQE (Haute Qualité Environnementale) orientierten sich sowohl an BREEAM wie auch an LEED als bereits eingeführte Qualitätssiegel. Und ebenso verbanden sich bei dieser Initiative, der „Démarche HQE“, wirtschaftliche Interessen mit Umweltschutzziele. So war sehr früh der Dachverband der französischen Baustoffhersteller AIMCC<sup>37)</sup> beteiligt, der sich bereits 1995 die Bezeichnung HQE® für ein Gütesiegel für nachhaltiges Bauen als Marke hatte schützen lassen.

**Tab. 1.2-7: Die 14 Umweltziele von HQE®**

Maîtriser les impacts sur l'environnement extérieur		Begrenzung der Umweltauswirkungen
	<b>Eco-Construction</b>	<b>Ökologisches Bauen</b>
01	Relation du bâtiment avec son environnement immédiat	Bezug des Gebäudes zur unmittelbaren lokalen Umwelt
02	Choix intégré des produits, systèmes et procédés de construction	Ganzheitliche Auswahl von Bauprodukten, -systemen und -verfahren
03	Chantier à faible impact environnemental	Minimale Umweltbelastungen durch die Baustelle
	<b>Eco-Gestion</b>	<b>Öko-Management</b>
04	Gestion de l'énergie	Energie-Management
05	Gestion de l'eau	Wasser-Management
06	Gestion des déchets d'activités	Abfall-Management
07	Maintenance-Pérennité des performances environnementales	Facility-Management zur dauerhaften Einhaltung der Umweltstandards
Créer un espace intérieur sain et confortable		
	<b>Confort</b>	<b>Komfort</b>
08	Confort hygrothermique	Behagliches Innenraumklima
09	Confort acoustique	Akustischer Komfort
10	Confort visuel	Visueller Komfort
11	Confort olfactif	Ausreichender Luftwechsel
	<b>Sante</b>	<b>Gesundheit</b>
12	Qualité sanitaire des espaces	Schadstofffreiheit der Räume
13	Qualité sanitaire de l'air	Schadstofffreiheit der Innenraumluft
14	Qualité sanitaire de l'eau	Schadstofffreiheit des Wassers

Quelle: CERTIVEA<sup>38)</sup>: « Bâtir aujourd'hui...préserver demain »

Im darauffolgenden Jahr 1996 wurde die Lizenz der Marke HQE an die neugegründete Association HQE (Association Haute Qualité Environnementale / Gesellschaft für herausragende Umweltqualität) zur ausschließlichen Nutzung überlassen (ADEME 2007). Die Association HQE, an deren Gründung der Verband AIMCC maßgeblich beteiligt gewesen war, sollte, das Gütesiegels HQE® weiter entwickeln und öffentlich bekannt machen. Mittlerweile ist in der Association HQE – wie bei vergleichbaren anderen internationalen Institutionen auch – die ganze Bandbreite der Akteure der Bauwirtschaft vertreten, deren Kompetenz und Erfahrungen in die Arbeit einfließen. In einem abgestimmten Vorgehen werden Bewertungssystem und Verfahren für die Umsetzung erarbeitet. Erste Entwürfe

<sup>37)</sup> AIMCC : l'Association des Industries de Produits de Construction ; ursprünglich: Association des Industries de Matériaux et Composants pour la Construction ; [www.aimcc.org](http://www.aimcc.org)

<sup>38)</sup> La Démarche HQE®; [www.certivea.fr/documentations/BROCHURE\\_CERTIVEA.pdf](http://www.certivea.fr/documentations/BROCHURE_CERTIVEA.pdf); retr. 04.03.11

für Bewertungssysteme - für „Umweltmanagement des Bauprozesses“ und „Umweltqualität von Gebäuden“ - wurden Ende 2001 vorgestellt.

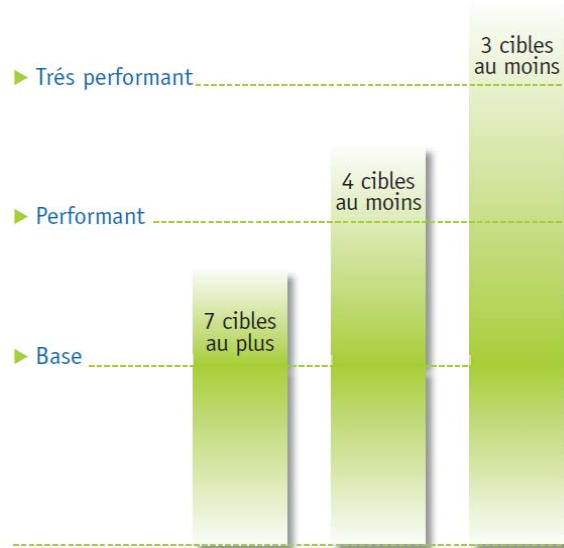
Die Umsetzung eines Zertifizierungssystems für Gebäude betrieb die Association HQE jedoch nicht selbst. Vielmehr wurde die Organisation AFNOR<sup>39</sup> damit betraut, mit Ihrer Abteilung AFNOR-Certification, ein Zertifizierungssystem unter der Bezeichnung „NF Ouvrage – Démarche HQE“ aufzubauen. Mit der Durchführung der Zertifizierung von Gebäuden wurden von AFNOR-Certification drei Institute beauftragt: CERQUAL, CEQUAMI und CERTIVEA, die durch das technische Überwachungsinstitut COFRAC<sup>40</sup> akkreditiert und geprüft werden. Für Verwaltungsgebäude wurde die Zertifizierung an CERTIVEA übertragen, einer eigens dafür neu gegründete Organisation, angehängt an CSTB<sup>41</sup>. 2005 wurde das Zertifizierungssystem HQE mit der Zertifizierung von Verwaltungsgebäuden - „NF Bâtiments Tertiaires – Démarche HQE®“ - gestartet (vgl. <http://www.assohqe.org>).

Bei der „Démarche HQE®“ wird die Prozessqualität (SMO, „Systeme de Management de l’Opération“) bei Vorplanung, Entwurf und Ausführung als wesentliche Voraussetzung gesehen, damit die angestrebte Umweltqualität des Gebäudes (QEB, Qualité Environnementale du Bâtiment) auch erreicht werden kann. Diese wird nach 14 Zielen bewertet (s. Tab. 1.2-7). Die Ziele werden jeweils nach den speziellen Gegebenheiten der Bauaufgabe festgelegt. Es gibt drei Bewertungsstufen: sehr gut, (très performant), und gut (performant), bei denen jeweils 3 bzw. 4 Ziele verfehlt werden dürfen sowie Standard (base), wenn insgesamt mehr als 7 Ziele erreicht wurden (s. Abb. 1.2-8, vgl. Fries 2010).

### 1.2.5 ESI (Economic Sustainability Indicator ESI®)

Als Instrument zur Immobilienbewertung bzw. Ergänzung zu der für Renditeliegenschaften gängigen Discounted Cash-Flow Methode (DCF-Methode) wurde 2007 am CCRS, Center for Corporate Responsibility and Sustainability an der Universität Zürich, der CCRS Economic Sustainability Indicator / ESI® entwickelt (CCRS 2009). Durch das Einbeziehen von Chancen und Risiken, die sich über längerfristige Zeiträume ergeben können, soll eine bessere Einschätzung der künftigen Wertentwicklung der Immobilie aufgrund langfristiger Entwicklungen erreicht werden. Ausgehend von der DCF-Methode zur Immobilienbewertung wird insbesondere betrachtet, welche Risiken sich im Zeitraum von 10 bis 35 bzw. 40 Jahren in der Zukunft ergeben können. ESI ist ein vergleichsweise wenig aufwändiges Verfahren, das als Ergänzung herkömmlicher Verfahren zur Immobilienbewertung gedacht ist. Zur Bewertung zukünftiger Chancen und Risiken werden absehbare

#### PROFIL ENVIRONNEMENTAL MINIMUM SELON LES 14 CIBLES QEB



Quelle: La Qualité Environnementale des Bâtiments, <http://assohqe.org>, 03/2010

**Abb. 1.2-8: Bewertungsstufen HQE®**

<sup>39</sup> AFNOR : Association Française de Normalisation, französisches Institut für Normung ; [www.afnor.org](http://www.afnor.org)

<sup>40</sup> COFRAC : Comité Français d'Accréditation; [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr)

<sup>41</sup> CSTB / Centre de la Recherche Scientifique du Bâtiment, das zentrale französische Bauforschungsinstitut in Paris ; [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

längerfristige Entwicklungstrends betrachtet, von denen Auswirkungen auf den Immobilienmarkt zu erwarten sind:

- Durch die **demografische Entwicklung** werden sich Lebensalter und Haushaltsstruktur der Nachfrager und ihre Anforderungen an ihre Wohnsituation verändern.
- Der **Klimawandel** birgt spezifische Risiken für die Immobilien, wie vermehrt Hochwasser und Starkregenereignisse, Stürme, Hitzestau im Sommer etc.; vermehrt werden Sicherheitsvorkehrungen gegen Naturgefahren erforderlich.
- Zu erwarten ist aus heutiger Sicht auch, dass **Energie- und auch Wasserpreise** stark ansteigen werden.
- Lage, Verkehrsanbindung der Immobilien und die Erreichbarkeit städtischer Infrastruktur wird aufgrund der älter werdenden Bevölkerung und steigender Transportkosten eine größere Rolle spielen.
- Aspekte der **Gesundheitsvorsorge** werden bei einem steigenden Gesundheitsbewusstsein an Bedeutung gewinnen.

**Tab. 1.2-8: ESI Nachhaltigkeitsmerkmale nach Rahmenbedingungen<sup>(1)</sup>**

Rahmenbedingungen	Nachhaltigkeitsmerkmale
Demografie, Struktur der Haushalte	1 Flexibilität und Polyvalenz 1.1 Nutzungsflexibilität 1.2 Nutzerflexibilität
Klimaerwärmung, Energie- und Wasserpreise	2 Energie- und Wasserabhängigkeit 2.1 Energiebedarf und -erzeugung 2.2 Wasserverbrauch und -entsorgung
Anteil an älterer Wohnbevölkerung, Preis fossiler Energieträger	3 Erreichbarkeit und Mobilität 3.1 Öffentlicher Verkehr 3.2 Nicht motorisierter Verkehr 3.3 Erreichbarkeit
Klimaerwärmung, Sicherheitsbedürfnis	4 Sicherheit 4.1 Lage hinsichtlich Naturgefahren 4.3 Bauliche Sicherheitsvorkehrungen
Sicherheitsbedürfnis, Gesundheitsbewusstsein, Gebäudetechnik	5 Gesundheit und Komfort 5.1 Raumlufte 5.2 Lärm 5.3 Tageslicht 5.4 Strahlung 5.5 Ökologische Baumaterialien

(1) Einbezug aufgrund erwarteter Veränderungen der angegebenen Rahmenbedingungen

Quelle: CCRS / ESI

Vor diesem Hintergrund werden fünf Gruppen von Merkmalen der Gebäude betrachtet, die für die Nachhaltigkeit von Gebäuden bzw. für die langfristige Wertentwicklung der Immobilien unter Berücksichtigung der genannten langfristig zu erwartenden Risiken von Belang sind (s. Tab. 1.2-8):

- Ist das Gebäude für künftige veränderte Nutzungsanforderungen flexibel nutzbar?
- Wie hoch ist der gebäudespezifische Bedarf an Energie und Trinkwasser?
- Wie ist der Standort mit Infrastruktur versorgt, wie an den ÖPNV angeschlossen?

- Bestehen für das Gebäude spezifische Umweltrisiken (z.B. durch Hochwasser, Sturm etc.)?
- Ist das Gebäude der Gesundheit förderlich, bestehen Gesundheitsrisiken?

Für die Bewertung sind diesen Merkmalgruppen bestimmte Kriterien zugeordnet, die im ESI®-Indikator zusammengefasst und nach einem risikobasierten Gewichtungsmo- dell quantifiziert werden. Als Indikator für das zukunftsorientierte Objektrisiko wird der ESI®- Indikator bei DCF-Bewertungen im Diskontsatz berücksichtigt und trägt somit auch zur erhöhten Transparenz der DCF-Bewertung bei. Der ESI®-Indikator kann für Mehrfamili- enhäuser, Büro- und Verkaufsflächen eingesetzt werden (CCRS 2009). Für die Anwen- dung in der Schweiz entwickelt, müssten für die Anwendung der ESI® Immobilienbewer- tung in Deutschland die Auswahl der Nachhaltigkeitsindikatoren und die Operationalisie- rung des ESI®-Indikators an deutsche Gegebenheiten angepasst werden. Offen ist auch, wieweit sich die ESI® Bewertung im Detail mit anderen Nachhaltigkeitszertifikaten wie LEED und BREEAM vergleichen lässt.

### 1.2.6 Minergie-Eco®

Das Schweizer Zertifikat Minergie wird seit 1998 von dem Verein Minergie vergeben, an dem die Schweizer Wirtschaft, Kantone und die Eidgenossenschaft beteiligt sind. Ur- sprünglich nur auf Energieeffizienz ausgerichtet, gibt es das Zertifikat heute in vier auf- einander aufbauenden Versionen mit zunehmend anspruchsvolleren Anforderungen im Sinne des nachhaltigen Bauens:

#### (1) **Minergie**

Anforderung: Dichte Gebäudehülle, Effizientes Heizsystem, Komfortlüftung

#### (2) **Minergie – P**

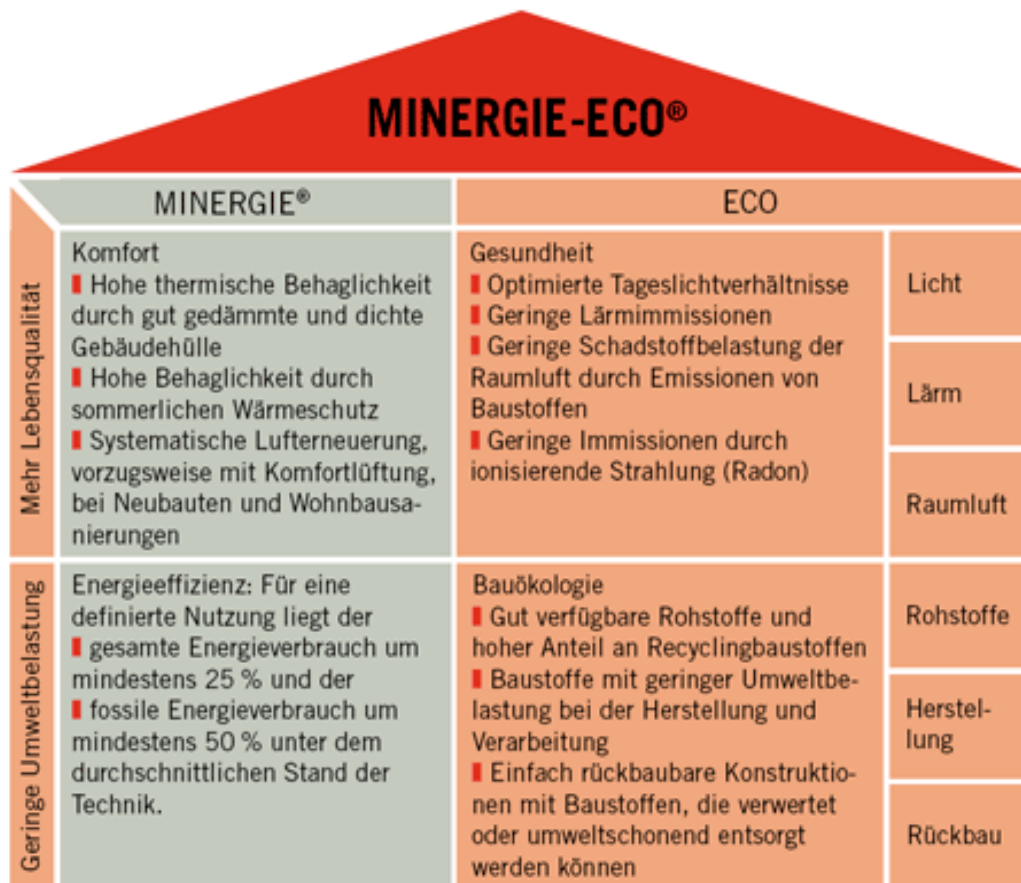
Zusätzliche Kriterien zu (1): Luftdichtheit der Gebäudehülle, Effizienz der Haus- haltsgeräte

#### (3) **Minergie-Eco** Zusätzliche Kriterien zu (1): gesunde, ökologische Bauweise (opti- mierte Tageslichtverhältnisse, geringe Lärm-, Schadstoff- und Strahlenimmissio- nen)

#### (4) **Minergie-P-Eco** Erfüllung der Kriterien von Minergie-P und Minergie-Eco

Im Zentrum der Minergie-Bewertung steht der Wohn- und Arbeitskomfort von Gebäude- nutzern, wobei vor allem auf eine hochwertige Bauhülle und eine systematische Lüfter- neuerung geachtet wird. Die wichtigsten Ziele für Minergie sind dementsprechend:

- Komfortable und gesundheitsfördernde Gebäude
- Hohe Energieeffizienz und weitgehender Verzicht auf fossile Brennstoffe wie Erdöl, Gas und Kohle
- Kostengünstige Systeme und langfristiger Werterhalt der Gebäude. (Minergie Charta 2008)



Quelle: <http://www.minergie.ch/minergie-eco.html>

**Abb. 1.2-9: Elemente und Aufbau der Zertifizierungssysteme Minergie und Minergie-Eco**

Das Zertifikat Minergie-Eco<sup>42</sup> (s. Abb. 1.2-9), bei dem zu Energieeffizienz und Komfort wie bei Minergie Gesundheit und Bauökologie hinzukommen, ist auf Neubau von Verwaltungsbauten, Schulen, Mehrfamilienhäusern und Einfamilienhäuser anwendbar; auch eine Version für Sanierungen ist geplant. Die Zertifizierung erfolgt über kantonale Zertifizierungsstellen für MINERGIE®, die gesundheitlichen und ökologischen Qualitäten eines Projektes werden gesondert durch die zentrale Zertifizierungsstelle MINERGIE-ECO® beurteilt.

Die Zertifizierung eines Gebäudes ist grundsätzlich ausgeschlossen, wenn bestimmte Bauprodukte eingesetzt bzw. nicht eingesetzt werden; dies betrifft im wesentlichen:

- Biozide und Holzschutzmittel in Innenräumen,
- Bestimmte lösemittelhaltige Produkte,
- Großflächiger Einsatz von Holzwerkstoffen, die Formaldehyd emittieren,

<sup>42</sup> Minergie-Eco ist Ergebnis der Kooperation der Vereine Minergie und eco-bau. Mitglieder im Verein eco-bau sind über 40 Bauämter von Bund, Kantonen und Städten. Der Verein eco-bau ist Träger der Informationsplattform eco-bau. Im Zentrum der Vereinsaktivitäten stehen die Entwicklung und Verbreitung von Planungswerkzeugen für nachhaltige, ökologische und gesunde Bauweise. Über die Website [www.eco-bau.ch](http://www.eco-bau.ch) und mit Weiterbildung fördert eco-bau die breite Anwendung der Planungswerkzeuge durch die Bauämter, die Planenden und weitere interessierte Kreise (<http://www.eco-bau.ch>). Datenbasis und sachliche Grundlage von Minergie-Eco sind im wesentlichen die Planungswerkzeuge von eco-bau darunter z.B. die BKP Merkblätter, die ergänzenden Ausschreibungshinweise eco-devis und die entsprechenden Normen des Schweizerischer Ingenieur- und Architektenvereins / SIA (SIA-Normen). Die ECO-BKP 2009 - Merkblätter "Ökologisch Bauen" sind eine Sammlung von 36 Einzelblättern, mit Informationen zum ökologischen Bauen. Sie enthalten Grundsätze und Empfehlungen für Materialentscheide, die bei den Detailstudien des Bauprojektes und in der Ausschreibung zu treffen sind. (<http://www.eco-bau.ch>)



- Schwermetallhaltige Baustoffe (Blei sowie großflächige Außenanwendungen von blanken Kupfer-, Titan-Zink- und verzinkten Stahlblechen ohne Metallfilter für die anfallendes Niederschlagswasser),
- kein Einsatz von Recycling-Beton (falls im Umkreis von 25 km verfügbar),
- Außereuropäisches Holz ohne Nachhaltigkeitszertifikat,
- Schallschutzverglasungen mit SF6-Gas-Füllung,
- Montage- und Füllschäume.

Wenn keine dieser Ausschlusskriterien vorliegen, richtet sich die Bewertung eines Objektes danach, wieweit die Anforderungen erfüllt sind und welche Objektwerte (Gesundheit und Bauökologie) erreicht wurden. Bewertet wird nach einem EDV-gestützten Fragenkatalog. Den Antworten werden Punkte zugeordnet, die aufaddiert werden. Zuvor wird geprüft, ob eine Frage für ein bestimmtes Objekt relevant ist oder nicht. Diese objektspezifische Relevanz ist zur Bestimmung der maximal möglichen Punktzahlen ausschlaggebend.

Als Vorzüge der nach Minergie-Eco zertifizierten Gebäude werden neben einer hohen Arbeitsplatz- und Wohnqualität, Ressourcenschonung und Optimierung der ökologischen und gesundheitlichen<sup>43</sup> Aspekte auch wirtschaftliche Vorteile einer hohen Wertbeständigkeit und der Nachweis anerkannter Kriterien zur Vergabe von Hypotheken zu Vorzugskonditionen (Ökokredite) für Finanzierungsinstitute genannt (<http://www.eco-bau.ch>).

### **1.2.7 Internationale Kooperation**

Ungeachtet der faktischen Konkurrenzsituation zwischen den Organisationen, die Zertifizierungen anbieten, intensiviert sich auf internationaler Ebene die Zusammenarbeit. Erstmals 1998 hatten sich Vertreter nationaler Green Building Councils aus acht Ländern<sup>44</sup> getroffen, um ihre weltweiten Bemühungen zu koordinieren und sich gegenseitig zu unterstützen. Dies führte 2002 zur Gründung des World Green Building Council (WorldGBC), der seit 2007 auch über ein eigenes Sekretariat verfügt ([www.worldgbc.org](http://www.worldgbc.org)). 2010 gehören dem WorldGBC bereits 20 nationale Green Building Councils an, darunter die DGNB als deutsches Mitglied. Darüber hinaus gehören der Organisation Green Building Councils in Gründung sowie assoziierte Gruppen aus weiteren 61 Ländern an. Der WorldGBC dient dem Erfahrungsaustausch und bietet den Mitgliedern Unterstützung bei der Einführung bzw. Umsetzung von Zertifizierungssystemen. Eine Vereinheitlichung der unterschiedlichen nationalen Zertifizierungssysteme wird aktuell nicht angestrebt, vielmehr werden die nationalen GBCs darin bestärkt, ihre Systeme an die jeweiligen regionalen und lokalen Bedingungen anzupassen.

Die internationale Zusammenarbeit ist auch Zweck der Sustainable Building Alliance, in der eine Reihe nationaler Organisationen der Zertifizierung und Normsetzung wie USGBC, BRE, CSTB und DGNB zusammenarbeiten ([www.sballiance.org](http://www.sballiance.org)).

Schließlich hat sich auch die erstmals von der DGNB 2008 in Zusammenarbeit mit der Messe Stuttgart organisierte Fachmesse CONSENSE in Verbindung mit einem Kongress, mit Fachvorträgen und Workshops, zu einem internationalen Treffpunkt der Bau- und Immobilienbranche zum Thema nachhaltiges Bauen entwickelt.

---

<sup>43</sup> s. Bundesamt für Gesundheit: Faltblatt MINERGIE® und Gesundheit)

<sup>44</sup> Australien, Großbritannien, Kanada, Japan, Russland, Spanien, USA und die Vereinigten Arabischen Emirate

### 1.3 Kriterien der Nachhaltigkeit

Im Zertifizierungssystem von DGNB und BMVBS für Büro- und Verwaltungsgebäude wird die ökologische Qualität eines Gebäudes in Bezug auf einzelne Teilzielen des nachhaltigen Bauens wie Trinkwassereinsparung, Reduzierung der Einleitung von Niederschlagswasser in die Kanalisation und Auswahl geeigneter Baustoffe anhand von spezifischen Kriteriensteckbriefen<sup>45</sup> ermittelt (s. in Abschnitt 1.2.1 „Festlegung der Kriterien des nachhaltigen Bauens: Kriteriensteckbriefe“). Auch die Berücksichtigung von Aspekten der Nachhaltigkeit im Verfahren der Ausschreibung und Vergabe von Bauleistungen wird mit einem besonderen Steckbrief bewertet.

Zum Teilziel „Reduzierung des Stoffstroms an Restmassen bei der Errichtung des Gebäudes, bei Umbauten und bei der endgültigen Beseitigung durch Vermeidung, Wiederverwendung und stoffliche sowie thermische Verwertung“ ist die Bearbeitung des Kriteriensteckbriefs noch offen, bzw. nicht abgeschlossen. Vgl. dazu den Abschnitt 2.1 „Vermeiden, Verringern und Verwerten von Baurestmassen“.

Im folgenden werden exemplarisch vorgestellt

- der Steckbrief „Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen“, Abschnitt 1.3.1 (vgl. dazu die Abschnitte 2.2 „Reduzierung des Trinkwasserverbrauchs“ und 2.3 „Regenwasserbewirtschaftung“),
- die Steckbriefe zur Dimension „Ökologische Qualität“ unter dem Aspekt der „Wirkungen auf die globale Umwelt“, Abschnitt 1.3.3,
- die Steckbriefe zu „Umnutzungsfähigkeit“ und zu „Rückbaubarkeit, Recycling-freundlichkeit, Demontagefreundlichkeit“, Abschnitt 1,3.4 (vgl. dazu 2.4.3 „Nachhaltige Nutzung von Baustoffen“)
- sowie der Steckbrief „Ausschreibung und Vergabe“, Abschnitt 1.3.5 (vgl. dazu 2.4.5 „Ausschreibung und Vergabe nach Kriterien der Nachhaltigkeit“)

#### 1.3.1 Reduzierung von Trinkwasserverbrauch und Abwasseraufkommen

*Kriteriensteckbrief: Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen (BNB 1.2.3; DGNB 14)*

Der häusliche Trinkwasserverbrauch<sup>46</sup> ist stark vom individuellen Nutzerverhalten abhängig. Aber auch Wohnform und Ausstattung sind von erheblichem Einfluss: ob es sich um eine Geschosswohnung ohne Balkon oder ein Einfamilienhaus mit großem Garten handelt, ob eine Wanne oder eine Dusche, ob ein Bidet installiert sind, ob das Haus mit Sauna oder Swimmingpool ausgestattet ist etc. All dies beeinflusst neben individuellen Verhaltensweisen und der Anzahl der Bewohner letztlich das Maß an Trinkwasser, das im häuslichen Bereich verbraucht wird. Auch bei Büro- und Verwaltungsgebäuden ist neben dem nicht beeinflussbaren Nutzerverhalten die technische Ausstattung ein maßgeblicher Faktor für den Trinkwasserverbrauch. Hier werden bei der Planung entscheidende Voraussetzungen getroffen, die unabhängig vom Nutzerverhalten den Wasserverbrauch beeinflussen. Stehen keine alternativen Wasserangebote zur Verfügung, wird damit zu-

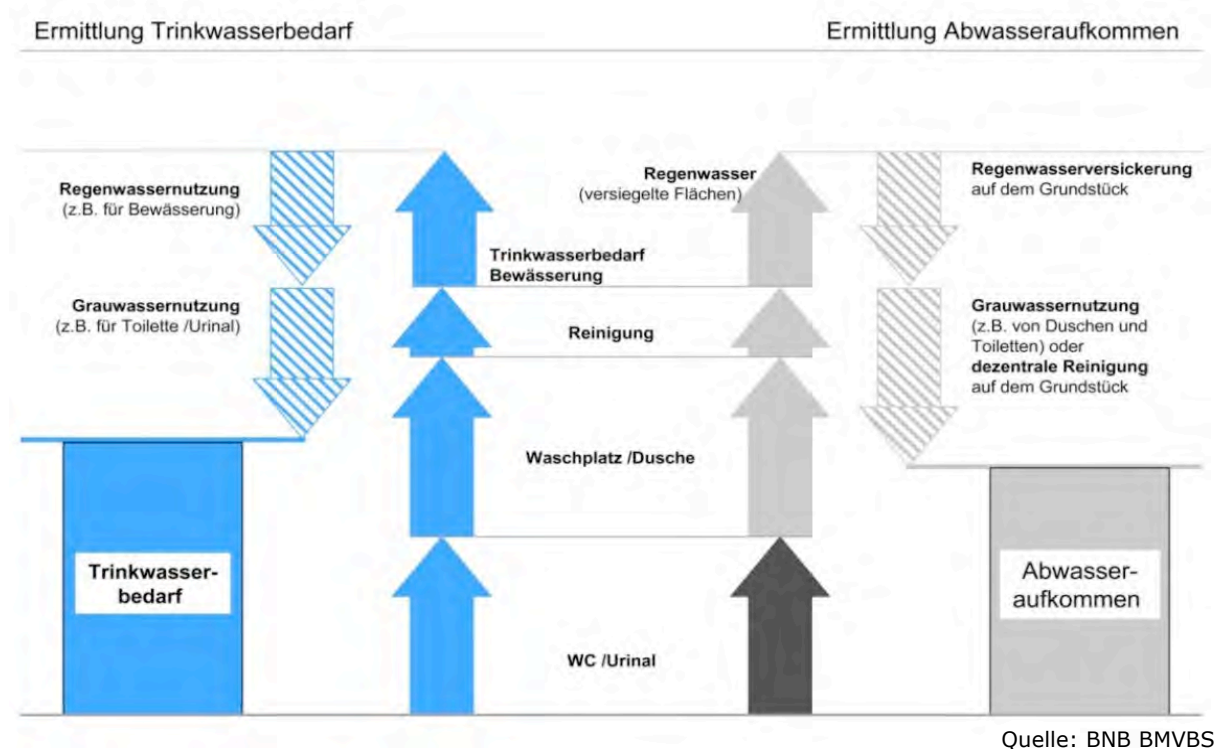
---

<sup>45</sup> Die Kriteriensteckbriefe des BMVBS der Version 2009\_4 sind mit denen der DGNB identisch. Zur Nummerierung des BMVBS vgl. Abb. 1.2-1; die Kriteriensteckbriefe der DGNB sind dokumentiert in DGNB 2010 Das DGNB Zertifizierungssystem hat gegenüber dem BNB System zwei weitere Kriteriensteckbriefe: Nr. 33 „Brandschutz“ (Aspekt: Qualität der technischen Ausführung) und Nr. 42 „Rückbaubarkeit“ (Aspekt: Qualität der Planung)

<sup>46</sup> vgl. zu diesem Aspekt des Kriteriensteckbriefs den Abschnitt 2.2 „Reduzierung des Trinkwasserverbrauchs“

gleich auch mehr oder weniger das Volumen des in die Kanalisation einzuleitenden Abwassers bestimmt; angestrebt wird ein möglichst geringe Einleitung in die Kanalisation<sup>47</sup>.

Nach dem Kriteriensteckbrief „Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen“ ist der Trinkwasserverbrauch anhand von festgelegten Annahmen zu ermitteln: je geringer er ausfällt, desto besser die Bewertung. Maßstab der Bewertung ist der Wassergebrauchskennwert  $W_{KW}$  in  $[m^3/Jahr]$ . Er ergibt sich aus dem ermittelten Trinkwasserbedarf und dem Abwasseraufkommen. Wird Regen- oder Grauwasser genutzt, so verringert sich der Bedarf an Trinkwasser, wird Regenwasser versickert oder Trinkwasser als Grauwasser zweifach genutzt verringert sich das Abwasseraufkommen (s. Abb. 1.3-1). Beides zusammen ergibt den Wassergebrauchskennwert.



Quelle: BNB BMVBS

**Abb. 1.3-1: Ermittlung von Trinkwasserverbrauch und Abwasseraufkommen**

Ermittelt wird der Wasserverbrauch aber nur, soweit er bei der Planung, das heißt durch die Auswahl der Objekte und Anlagen bei der technischen Gebäudeausrüstung beeinflusst werden kann, also z.B. nicht der Trinkwasserverbrauch, der im Wortsinn zum Trinken verwendet wird. Berücksichtigt wird dementsprechend der Trinkwasserverbrauch für Handwaschbecken, Toiletten und Urinale, Duschen und Küchenspüle; unberücksichtigt bleiben Geschirrspülmaschinen und Waschmaschinen.

Damit unterschiedliche Gebäude durch unterschiedliche Auditoren einheitlich bewertet werden können, werden dazu gleichartige Annahmen getroffen. So wird der jährliche Trinkwasserbedarf der Mitarbeiter ermittelt nach ihrer Anzahl und nach dem spezifischen Wasserbedarf der Installationen gemindert um die Menge an genutztem Regenwasser (Toilettenspülung und Gartenbewässerung) und Grauwassers (nur Toilettenspülung). Der spezifische Wasserbedarf vorhandener Installationen wird dann anhand weiterer Kennwerte unter Annahme von jährlich 210 Arbeitstagen ermittelt.

<sup>47</sup> vgl. zu diesem Aspekt des Kriteriensteckbriefs den Abschnitt 2.3 „Regenwasserbewirtschaftung“

Der Trinkwasserverbrauch wird auf der Grundlage der Bedarfsplanung und der Ausführungsplanung berechnet; bei Regenwasser bzw. Grauwassernutzung werden ggf. vorliegende Wirtschaftlichkeitsberechnungen bzw. Unterlagen zur Auslegung von Niederschlagsversickerung und bzw. dezentraler Abwasserreinigung zur Beurteilung herangezogen.

Das Ergebnis der Bewertung geht zu 2,25% in die BNB Gesamtbewertung ein.

### **1.3.2 Nachhaltigkeitskriterien von Baustoffen und Konstruktionen**

Bei der Planung eines Gebäudes müssen Festlegungen getroffen werden zu Konstruktionen und Bauprodukten, an die vielfältige Anforderungen zu stellen sind. Die Auswahl geeigneter Konstruktionen ist dabei jeweils auch mit einer bestimmten Auswahl an Bauprodukten verbunden, mit denen sie ausgeführt werden kann. Je nachdem, ob die Entscheidung für Holzbau, Stahlbau oder Mauerwerksbau fällt, kommen jeweils andere Bauprodukte, z.B. für Decken, Böden und Wände, in Frage.

Bauprodukte müssen die vorgesehenen Funktionen und Anforderungen gut erfüllen und sollen zudem möglichst kostengünstig und umweltfreundlich sein, d.h. im Grunde nichts anderes, als dass sie in der Breite allen Anforderungen an nachhaltiges Bauen - in funktionaler, wirtschaftlicher, ökologischer und sozialer Hinsicht - genügen müssen. Zu betrachten sind die Bauprodukte dabei nicht nur im eingebauten Zustand bzw. in der Nutzungsphase, sondern über ihren gesamten Lebenszyklus von der Herstellung bis zur Entsorgung. Ein Baustoff ist dabei umso positiver zu bewerten, je weniger Schäden für die Umwelt und für die Gesundheit der Nutzer eines Gebäudes von ihm ausgehen können.

Bei der Bewertung der Nachhaltigkeit werden die Umweltauswirkungen der Bauprodukte und die mit ihnen verbundenen Kosten dementsprechend in einer Ökobilanz bzw. Lebenszyklusanalyse ermittelt (s.o. 1.1.3). Dabei wird das gesamte Gebäude bewertet, d.h. die einzelnen Bauprodukte gehen jeweils im Verhältnis ihrer Massen am Gesamtgebäude in die Bewertung ein. Auch eine nur gering umweltschädigende Wirkung kann bei einem in großen Mengen im Gebäude verbauten Bauprodukt zu einer entsprechend negativen Bewertung führen, umgekehrt kann es sein, dass ein relativ bedenkliches Produkt, das nur in sehr geringen Mengen eingebaut wird - z.B. aus Kostengründen oder wegen einer besonderen technischen Erfordernis -, das Gesamtergebnis der Bewertung nicht wesentlich verschlechtert.

Die Umweltauswirkungen durch Bauprodukte und Gebäude sind sehr komplex und können sich sehr unterschiedlich auf Wasser, Boden, Luft, Klima und die menschliche Gesundheit auswirken (vgl. Abschnitt 2.4 „Einsatz von Baustoffen nach Kriterien der Nachhaltigkeit“). Die unterschiedlichen Umweltwirkungen stehen z.T. in unmittelbarem Bezug zueinander, wie etwa die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Verbrauch endlicher Ressourcen an Primärenergie und der Klimawandel oder die Schädigung der bodennahen Ozonschicht und unmittelbare gesundheitliche Beeinträchtigungen bei der Anwendung lösemittelhaltiger Anstrichstoffe. Letztlich betreffen die Auswirkungen aber gleichwohl unterschiedliche Schädigungen von Umwelt und Gesundheit, sodass jeweils gesonderte Einschätzungen der spezifischen Relevanz der Schädigungen zu treffen sind. Das gesundheitliche Risiko erhöhter Ozonwerte durch emittierte Photooxidantien bei einem Sommersmog z.B., von dem viele Menschen in einer Region betroffen sein können, ist sicher höher zu bewerten, als das Risiko, dem der einzelne Verarbeiter von lösungsmittelhaltigen Anstrichstoffen unmittelbar ausgesetzt ist.

### 1.3.3 Ökologische Qualität von Baustoffen

Die Kriterien der ökologischen Qualität, „Wirkungen auf die globale Umwelt“ (12%) und „Ressourceninanspruchnahme“ (10,5%), werden bei der Bewertung der BNB- bzw. DGNB-Zertifizierung mit einem Anteil von insgesamt 22,5% berücksichtigt.

#### Bewertung anhand von Ökobilanzen

<i>Kriteriensteckbriefe:</i>		<i>BNB</i>	<i>DGNB</i>
<i>Treibhauspotenzial</i>	<i>(GWP)</i>	<i>1.1.1</i>	<i>01</i>
<i>Ozonschichtabbaupotenzial</i>	<i>(ODP)</i>	<i>1.1.2</i>	<i>02</i>
<i>Ozonbildungspotenzial</i>	<i>(POCP)</i>	<i>1.1.3</i>	<i>03</i>
<i>Versauerungspotenzial</i>	<i>(AP)</i>	<i>1.1.4</i>	<i>04</i>
<i>Überdüngungspotenzial</i>	<i>(EP)</i>	<i>1.1.5</i>	<i>05</i>
<i>Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf</i>	<i>PEne</i>	<i>1.2.1</i>	<i>10</i>
<i>Gesamtprimärenergiebedarf und Anteil erneuerbarer Primärenergie</i>	<i>PEges; PEe</i>	<i>1.2.2</i>	<i>11</i>

Die nachteiligen Auswirkungen von Baustoffen und Konstruktionen auf Umwelt und menschliche Gesundheit werden bei den Kriteriensteckbriefen gebäudebezogen und über die Lebensdauer im Rahmen einer Ökobilanzierung erfasst. Betrachtet wird jeweils anhand spezieller Kriteriensteckbriefe der Beitrag eines Baustoffes / Bauprodukts

- zur Klimaerwärmung (Treibhauspotenzial / GWP)
- zum Abbau der Ozonschicht in der Stratosphäre (Ozonschichtabbaupotenzial / ODP)
- zur Entstehung von Sommersmog mit Anreicherung von Ozon in der Atmosphäre (Ozonbildungspotenzial / POCP)
- zur Versauerung der Böden bzw. zum Waldsterben (Versauerungspotenzial / AP)
- zur Nitratanreicherung im Grundwasser (Überdüngungspotenzial / EP)
- zum Energieverbrauch insgesamt (Primärenergiebedarf, nicht erneuerbar)
- und zur Nutzung erneuerbarer Energien (Primärenergiebedarf und Anteil erneuerbarer Primärenergie)

Ermittelt werden die „Wirkbilanz“, bei der die Potenziale für spezifische global wirksame Schädigungen der Umwelt bemessen werden (definiert als GWP, ODP, POCP, AP und EP), und die „Sachbilanz“ des Ressourcenverbrauchs an Primärenergie (erneuerbar und nicht-erneuerbar) (s.Tab.1.1-5). Wirkbilanz und Sachbilanz sind auf die Gesamtmenge der bei einem Gebäude verwendeten Bauprodukte und ihre Massen bezogen. Grundlage der Berechnung sind die Bauteile bzw. Bauteilschichten bzw. deren Gewichtsanteile an bestimmten Produkten bzw. Materialien. Die jeweiligen Potenziale an Umweltbelastungen werden dann auf das Gebäude hochgerechnet. Die Bilanzierung der umweltbelastenden Potenziale bei Herstellung und Nutzung sowie die Entsorgung des Bauwerks über den angesetzten Betrachtungszeitraum folgt der DIN EN ISO 14040 und 14044; die Art der Datenermittlung und die Berechnungsmethode sind bei den fünf Kriterien der Wirkbilanz und den beiden Kriterien der Sachbilanz gleich.

Weitere Kriterien der ökologischen Qualität betreffen Umweltaspekte, die im Wesentlichen nur qualitativ zu erfassen sind. So lassen sich diverse, nicht global wirksame Umweltauswirkungen, die in dem Kriteriensteckbrief 1.1.6 „Risiken für die lokale Umwelt“ für Wasser, Boden und Luft erfasst sind, nicht sinnvoll auf die Masse der Bauprodukte eines Gebäudes insgesamt beziehen, auch weil die betreffenden Mengen ungeachtet ihrer Umweltrelevanz im Verhältnis dazu nur sehr gering sind. In solchen Fällen, wie auch bei dem

Kriteriensteckbrief 1.1.7 „Nachhaltige Materialgewinnung / Holz“ (s.u.), werden Qualitätsstufen für die Erfüllung der Kriterien vorgegeben, mit einer obersten Stufe für die wünschenswerte weitestgehende Vermeidung von Belastungen und einer unteren als Mindeststandard.

### Risiken für die lokale Umwelt

Kriteriensteckbriefe:	BNB	DGNB
Risiken für die lokale Umwelt	1.1.6	6

Betrachtet werden Risiken, die sich aus der Verwendung von Bauprodukten ergeben, die aufgrund ihrer stofflichen Eigenschaften während der Verarbeitung auf der Baustelle bzw. bei Außenbauteilen durch langfristige Bewitterung für Grundwasser, Boden und Luft ergeben können. Die Verwendung solcher Stoffe soll möglichst vermieden bzw. eingeschränkt werden. Folgende Stoffgruppen werden betrachtet:

- 1 **Halogene** in Kältemitteln und Treibmitteln, wegen ihrer schädigenden Wirkung für Ozonschicht und Gesundheit
- 2 **Schwermetalle** wie Zink, Chrom, Kupfer, Blei und Cadmium, die als Baumetalle z.B. für die Dachdeckung oder Regenwasserabführung, als Bestandteile von z.B. Kunststoffen oder Holzschutzmitteln, bei der Bearbeitung oder durch Abfälle auf der Baustelle oder durch Beseitigungsprozesse, Korrosion, Abwitterung oder Brand in die Umwelt gelangen können.
- 3 Stoffe, die unter die **Biozid-Richtlinie** fallen, wie z.B. Holzschutzmittel bzw. Bauprodukte mit bioziden Rezepturbestandteilen wie Klebstoffe, Beläge und Beschichtungen. Biozide stellen bei Transport, Lagerung, Anwendung und Beseitigung generell ein Umweltrisiko dar.
- 4 Stoffe und Produkte, deren Stoffinformationen nach der REACH-Richtlinie<sup>48</sup> auf sensibilisierende wasser-, boden-, luftschädigende oder allgemein **umweltgefährdende Eigenschaften** hinweisen.
- 5 **Organische Lösemittel** nach ihrem Gehalt an flüchtigen organischen Verbindungen bzw. Kohlenwasserstoffen (*VOC / volatile organic compounds*) wegen ihrer Toxizität und der Auswirkungen auf die bodennahe Ozonschicht.

Für die Bewertung werden aufeinander aufbauende Qualitätsniveaus definiert, wobei für die höchste Stufe 5 die restriktivsten Vorgaben gelten. So dürfen in dieser Stufe z.B. mineralische Oberflächen nur mit emissions- und lösemittelfreien Produkten beschichtet werden; bei Beschichtungen auf nicht mineralischen Flächen darf der Gehalt an flüchtigen Kohlenwasserstoffen der eingebauten Produkte 3% nicht überschreiten. Kunststoffe z.B. für Fenster, Fußbodenbeläge und Wandbekleidungen dürfen keine Blei-, Cadmium- oder Zinnstabilisatoren enthalten

Das Kriterium „Risiken für die lokale Umwelt“ geht mit 3,375 % in die Bewertung ein und hat damit für die Ökologische Qualität (insgesamt 22,5%) erhebliches Gewicht.

<sup>48</sup> Die EU-Chemikalienverordnung EG Nr. 1907/2006 (REACH-Verordnung / Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) von 2007 dient der Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien und hat unmittelbar in allen Mitgliedstaaten Gültigkeit.

**Nachhaltige Materialgewinnung / Holz**

Kriteriensteckbriefe:	BNB	DGNB
Nachhaltige Materialgewinnung/Holz	1.1.7	
Nachhaltige Ressourcenverwendung/Holz		08

Die Bewertung der nachhaltigen Materialgewinnung nach dem Kriteriensteckbrief „Nachhaltige Materialgewinnung“ bezieht sich allein auf den Baustoff Holz. Holzbauweise hat in Deutschland eine lange Tradition, aber mit knapp 15% im Jahr 2007 nur einen bescheidenen wenn auch in den letzten Jahren steigenden Anteil an den fertig gestellten Gebäuden<sup>49</sup>.

Ein für nachhaltiges Bauen wesentlicher Vorzug des Holzbaus besteht darin, dass das Maß der Wärmedämmung der Außenflächen – zwischen konstruktiven Hölzern - relativ einfach optimiert werden kann. Besondere Aufmerksamkeit erfordern beim Holzbau dagegen Schall- und Brandschutz sowie die Wärmespeicherung. In Holzbauweise werden sowohl Wohnhäuser wie auch energieeffiziente Bürogebäude bis hin zu Passivhaus Standard errichtet (HAF 2009). Der wesentliche ökologische Vorzug des Baustoffs Holz, nachwachsend und CO<sub>2</sub>-neutral zu sein, wird bei der Ermittlung des Treibhauspotenzials berücksichtigt, geht allerdings in die Gesamtbewertung der Nachhaltigkeit nur zu einem geringen Teil ein.

Mit dem Kriteriensteckbrief „Nachhaltige Materialgewinnung / Holz“ wird nur die nachhaltige forstwirtschaftliche Erzeugung bewertet. In Deutschland und in Mitteleuropa insgesamt wird schon immer nachhaltige Forstwirtschaft betrieben, dies ist aber in vielen tropischen, subtropischen und borealen<sup>50</sup> Waldregionen keineswegs der Fall. Um hier einen wirtschaftlichen Anreiz für nachhaltige Forst- und Holzwirtschaft zu schaffen, wurden Zertifikatsysteme aufgebaut, bei denen die gesamte Fertigungskette (*Chain of Custody / CoC*), vom Einschlag im Wald bis zur Fertigung von Holzwerkstoffen und -produkten daraufhin überwacht wird, dass kein Holz aus nicht nachhaltiger Forstwirtschaft verwendet wird.

Die Vergabe der Zertifikate soll dazu beitragen, für zertifiziertes Holz einen bevorzugten Markt zu schaffen, als Anreiz für die Waldbesitzer, ihre Forstwirtschaft nach Prinzipien der Nachhaltigkeit zu betreiben: keinen Kahlschlag, keine Brandrodungen und nach dem Einschlag des Holzes Wiederaufforstung. Erwartet wird, dass eine nachhaltige Nutzung gefährdeter Waldregionen den wirtschaftlichen Wert dieser Wälder unterstreicht, der sie davor schützen kann, zugunsten profitablerer Agrarerzeugnisse vernichtet zu werden.

Das international bedeutendste und am besten überwachte Zertifizierungssystem ist das des FSC<sup>51</sup> (Forest Stewardship Council), als weiteres Zertifizierungssystem ist in Deutsch-

<sup>49</sup> Nach Angaben des Holzabsatzfonds (HAF) waren 2007 in Deutschland 14,7% der Eigenheime, 2,0% der Mehrfamilienhäuser und 17,2% der Nichtwohngebäude, bzw. insgesamt 14,7% aller Gebäude in Holzbauweise errichtet worden (Pressemitteilung vom 12. Januar 2009, HAF, Bonn)

<sup>50</sup> Boreale Waldregionen sind Nadelwaldgebiete auf der nördlichen Erdhalbkugel etwa zwischen dem 50. und dem 70. Breitengrad.

<sup>51</sup> Der Forest Stewardship Council (FSC), bzw. Waldwirtschaftsrat, wurde 1993 von Umweltorganisationen, sowie Unternehmen der Forst- und Holzwirtschaft als weltweite, unabhängige und gemeinnützige Organisation gegründet; ihr Hauptsitz ist Bonn. Die FSC zertifiziert auf freiwilliger Basis Forstbetriebe und Holzverarbeitende Betriebe, die sich ihren Kriterien nachhaltiger Forst- und Holzwirtschaft unterwerfen. Zertifiziert wird über die gesamte Verarbeitungskette (Chain of Custody / CoC) die lückenlose und ausschließliche Verwendung von nachhaltig erzeugtem Holz. (FSC 2006)

land auch das des PEFC<sup>52</sup> (Programme for Endorsement of Forest Certification Systems) relevant.

Mit dem Kriteriensteckbrief 1.1.7 „Nachhaltige Materialgewinnung / Holz“ wird überprüft, ob und bis zu welchem Anteil zertifiziertes Holz beim Bau verwendet wurde. Der Holzanteil am Gebäude selber spielt dabei keine Rolle, dieser geht in die Bewertung der Wirkbilanz aller Baustoffe (positiv) ein. Die Herkunft des eingebauten Holzes bzw. der Holzprodukte aus nachhaltiger Forst- und Holzwirtschaft wird über die Verarbeitungskette durch ein FSC-CoC Zertifikat nachgewiesen, das vom FSC anerkannt sein muss. Als Mindestanforderung wird lediglich ein Hinweis zur Vermeidung von nicht zertifiziertem Tropenholz in der Ausschreibung verlangt. In der obersten Qualitätsstufe 3 müssen allerdings 80% aller verbauten Hölzer, Holzwerkstoffe oder Holzprodukte ausweislich entsprechender Zertifikate aus nachhaltiger Holzwirtschaft stammen. Die Nachhaltigkeit mitteleuropäischer bzw. einheimischer Hölzer muss nach den Mindestanforderungen nicht nachgewiesen werden, in der höchsten Qualitätsstufe genügt der Nachweis mit dem weniger rigide überwachten PEFC-CoC Zertifikat.

Das Kriterium „Nachhaltige Materialgewinnung / Holz“, Kriteriensteckbrief 1.1.7 geht mit 1,125 % als Teil der ökologischen Qualität (insgesamt 22,5%) in die BNB Bewertung ein.

### 1.3.4 Rückbaubarkeit / Recyclingfreundlichkeit

<i>Kriteriensteckbriefe:</i>	<i>BNB</i>	<i>DGNB</i>
<i>Umnutzungsfähigkeit</i>	3.2.3	28
<i>Rückbaubarkeit, Recyclingfreundlichkeit, Demontagefreundlichkeit</i>		42

Rückbaubarkeit, Recyclingfreundlichkeit und Demontagefreundlichkeit von Bauteilen sind für die Nachhaltigkeit von Gebäuden vor allem wegen der Auswirkungen auf das Volumen der Stoffe von Interesse, die nach Gebrauch beseitigt werden müssen (vgl. Kloft 1998 und Reiche 2001 sowie Abschnitt 2.1). Nach diesen Kriterien sind Bauteile positiv zu bewerten, wenn sie möglichst umweltfreundliche Wege der Beseitigung ermöglichen. Nach den Grundsätzen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes sind Abfälle „in erster Linie zu vermeiden, insbesondere durch die Verminderung ihrer Menge und Schädlichkeit, in zweiter Linie stofflich zu verwerten oder zur Gewinnung von Energie zu nutzen (energetische Verwertung)“ (§ 4 KrW-/AbfG „Grundsätze der Kreislaufwirtschaft“). Für die Anwendung auf Gebäude lässt sich daraus ableiten, dass bereits bei der Planung darauf zu achten ist, dass Abfall sowohl bei der Errichtung wie bei der Entsorgung nur in geringst möglichem Umfang entsteht.

#### Umnutzungsfähigkeit

Eine wichtige Voraussetzung für Ressourcenschonung und die Vermeidung von Bauabfällen ist die Umnutzungsfähigkeit eines Gebäudes (Kriteriensteckbriefe BNB 3.2.3 / DGNB 28 „Umnutzungsfähigkeit“). Sie ist in einem sich rasch wandelnden wirtschaftlichen und sozialen Umfeld auch eine grundlegende ökonomische Anforderungen an Bürogebäude:

<sup>52</sup> Als Pan European Forest Certification Council (PEFCC) von skandinavischen, französischen, österreichischen und deutschen Waldbesitzern 1999 in Paris gegründet, traten 2002 auch nicht-europäische Mitglieder bei, so dass 2003 das Akronym PEFC in „Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes“ umgedeutet wurde. PEFC bildet den internationalen Rahmen zur Anerkennung nationaler Zertifizierungssysteme und -initiativen. Das Technische Dokument sowie die Satzung des PEFCC ([www.pefc.org](http://www.pefc.org)) definieren Mindestanforderungen für Waldzertifizierungssysteme und Standards, die auf nationaler und regionaler Ebene erfüllt werden müssen. Holz und Holzprodukte, die den Anforderungen von PEFC genügen, können mit dem PEFC-Gütesiegel gekennzeichnet werden, wenn der Nachweis über die Verarbeitungskette (Chain of Custody / CoC) sichergestellt ist. (PEFC 2010) (vgl. [www.pefc.de](http://www.pefc.de))



(Büro-) „Gebäude der neuen Generation müssen nicht nur so nachhaltig wie möglich, sondern auch so flexibel gestaltet sein, dass sie sich über einen üblichen Lebenszyklus von 25 bis 30 Jahren den sich ändernden Anforderungen der darin lebenden und arbeitenden Menschen anpassen können<sup>53</sup>.“ Je leichter ein Gebäude auch für andere Aufgaben genutzt werden kann, desto eher werden größere bauliche Eingriffe oder gar Abriss und Neubau mit erheblichen Stoffströmen vermieden. Maßgebend dafür sind:

- Modularität des Gebäudes (lichte Raumhöhe größer als 2,75 m),
- räumliche Struktur (erforderlicher Aufwand für Umbau, Lagermöglichkeit für ausbaubare Bauelemente)
- Elektro- und Medienversorgung (Versorgungsschächte, BUS-System) sowie
- Heizung, Wasserversorgung und -entsorgung (flexible Verteilung der Anschlüsse, so dass eine Umgestaltung der Räume ohne Umlegung von Leitungen möglich ist).

Das Kriterium Umnutzungsfähigkeit fließt bei der BNB Zertifizierung mit einer Gewichtung von 1,607 % als eines von fünf Kriterien der Funktionalität (insgesamt 6,43 %) in die Gesamtbewertung der Nachhaltigkeit in.

### **Rückbaubarkeit**

Je einfacher ein Gebäude in seine Bestandteile zerlegt werden kann, als desto besser ist seine „Rückbaubarkeit“ zu bewerten. Im Idealfall sind Bauteile demontabel und können nach Bedarf ein- und ausgebaut bzw. für künftige (Wieder-) Nutzung zwischengelagert werden. Flexible Bausysteme sind insbesondere für den Innenausbau von Interesse, wenn je nach den Erfordernissen betrieblicher Abläufe Räume vergrößert, verkleinert oder zusammengesaltet werden sollen. Hier ist betriebsbedingt von relativ kurzen Umbaufristen auszugehen, so dass sich höhere Investitionskosten auf längere Sicht auch wirtschaftlich auszahlen können. Positiv ist nicht nur die Vermeidung von zusätzlichen Stoffströmen für die Nachhaltigkeit sondern sind auch kurze Umbauphasen bei relativ geringen Störungen des laufenden Betriebs. Für demontable Elemente sollten die Kriterien der Umnutzbarkeit möglichst weitgehend gegeben sein.

Rückbaubarkeit und Recyclingfreundlichkeit werden für vier Bereiche ermittelt und getrennt nach dem Aufwand für Demontage bzw. Trennung sowie nach dem Recycling- / Entsorgungskonzept nach einem Punktesystem bewertet:

- technische Gebäudeausrüstung
- nichtkonstruktive Aus-) Bauelemente
- nichttragende Rohbaukonstruktion
- tragende Rohbaukonstruktion

Um die Anforderungen dieses Kriteriensteckbriefes möglichst gut zu erfüllen, gelten für die verwendeten Baumaterialien u.a. folgende Empfehlungen:

- Grundlegende Homogenität in der Stoffauswahl, um die Zahl der erforderlichen Entsorgungswege zu reduzieren.
- Leichte Trennbarkeit der Materialien und Lösbarkeit der Verbindungen um eine sortenreine Trennung zu erleichtern.
- Verwendung von schadstofffreien, recyclebaren Baustoffen.

<sup>53</sup> Green Buildings - Gebäude für Menschen und zukunftsfähige Städte. Weltweite Herausforderungen Urbanisierung und Klimawandel. Nachhaltiges Bauen und energieeffizientes Sanieren sind neue Wachstumsfelder der Industrie. Artikel in der Börsenzeitung vom 28.08.2010 von Hermann-Josef Lamberti, Mitglied des Vorstands und des Group Executive Committee der Deutschen Bank und Holger Hagge, Global Head of Building and Workplace Development der Deutschen Bank.

Je geringer der Aufwand für die Demontage ist, desto besser wird das Kriterium erfüllt. Die Trennung der Materialien, die als Abfälle bei Umbau- und Abbruchmaßnahmen anfallen, sollte bereits auf der Baustelle erfolgen. Insgesamt acht verschiedene Abfallfraktionen sind dabei zu berücksichtigen:

1. Materialien, die in Rückführsysteme gelangen (z.B. Dachabdichtungen, Bodenbeläge, Fassadensysteme)
2. Metallfraktionen (je nach Menge ggf. separat zu sammeln: Aluminium, Stahl, Buntmetalle)
3. Mineralische Baumischabfälle ohne Gipsanteile
4. Gipshaltige Abfälle (Gipskarton, Gipsputz, Anhydritestrich)
5. Elektroleitungen und Kabel
6. Kunstschäume und Schaumkunststoffe sowie ggf. separat: Kunststofffolien und -planen (Dichtungsbahnen, Wandbeläge, Trennlagen etc.)
7. Holz (z.B. Bauholz und Konstruktionsholz) sowie ggf. separat: belastetes Holz und Holzwerkstoffe (imprägniert, beschichtet)
8. Glasfraktionen

Die beste Bewertung ergibt sich, wenn Bauteile wiederzuverwenden sind. Dies ist problemlos möglich bei elementierten, demontablen Systembauteilen (z.B. Wandsysteme im Innenausbau). Mit Einschränkungen können auch nicht kraftschlüssig verbundene bzw. zerstörungsfrei ausbaubare Bauteile wie Dachziegel, Normtüren etc. wiederverwendet werden. Zu bedenken sind bei der Wiederverwendung jedoch Verschleiß und Gebrauchsspuren, die die Gewährleistung hinsichtlich der Güteanforderungen einschränken können und nur eher zweitklassige Verwendungen („Nachnutzungen“) nahelegen. Die nächstbeste Option ist die stoffliche Nutzung (Recycling) als Sekundärrohstoff bzw. Ausgangsmaterial für neue Produkte. Nur wenn auch dieser Weg nicht beschritten werden kann, kommt die thermische Nutzung durch Verbrennung in Frage.

Die beste Bewertung zu Rückbaubarkeit / Recyclingfreundlichkeit ergibt sich bei einem möglichst geringen Aufwand für Demontage und Trennung und Vorliegen eines prüfbaren Entsorgungskonzeptes mit Angabe des weiteren Lebensweges der Bestandteile der Konstruktion.

Das Kriterium Rückbaubarkeit wird bei der BNB-Zertifizierung nicht bewertet.

### 1.3.5 Ausschreibung und Vergabe

<i>Kriteriensteckbriefe:</i>	<i>BNB</i>	<i>DGNB</i>
<i>„Ausschreibung und Vergabe“</i>	<i>5.1.4</i>	
<i>„Nachweis der Nachhaltigkeitsaspekte in Ausschreibung und Vergabe“</i>		<i>46</i>

Bei der Bewertung der Qualität des Planungs- und Bauprozesses (*Prozessqualität*) ist eines der Kriterien, wieweit Aspekte der Nachhaltigkeit bei der Ausschreibung von Bauleistungen sowie bei der Auswahl von Firmen, an die sie vergeben werden sollen, berücksichtigt worden waren (vgl. dazu Abschnitt 2.4.5).

Bei der Ausschreibung sind an die Durchführung der Bauleistungen und an die zu verwendenden Bauprodukte Nachhaltigkeitsanforderungen zu stellen. Bei der Auswahl der Unternehmen und bei der Vergabe ist zu prüfen, ob und wieweit vorgegebene Anforderungen an die Umwelt- und Sozialstandards der Firmen erfüllt werden. Als Ergebnis wird u.a. erwartet, dass die Qualität der Ausführung gewährleistet ist und Firmen vorzugswei-

se aus der Region beauftragt werden, so dass regional Arbeitsplätze gesichert und lange Transportwege vermieden werden.

Bewertet werden mit diesem Kriteriensteckbrief aber nicht die beauftragten Firmen, Bauleistungen oder verwendete Produkte, sondern es wird vielmehr bewertet, ob im Verfahren entsprechende Vorgaben gemacht worden waren und ob diese als Kriterien bei der Auswahl auch nachweisbar berücksichtigt wurden. Soweit Nachhaltigkeitsaspekte auf diese Weise in Form allgemeiner Vorbemerkungen in die Ausschreibung integriert wurden, wird dies entsprechend dem Referenzwert (mit 5 Punkten) bewertet. Im Falle einer funktionalen Ausschreibung müssen in den allgemeinen Vorbemerkungen Anforderungen an die Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit formuliert sein. Eine optimale Bewertung (10 Punkte) wird erreicht, wenn auf der Ebene der Gewerke sowie in ausgewählten Fällen zusätzlich auf der Ebene einzelner Leistungspositionen Nachhaltigkeitsaspekte in die Ausschreibung integriert wurden. Im Falle einer funktionalen Ausschreibung muss dieser eine Liste mit konkreten Empfehlungs- bzw. Ausschlusskriterien für die Auswahl von Bauprodukten beigelegt sein.

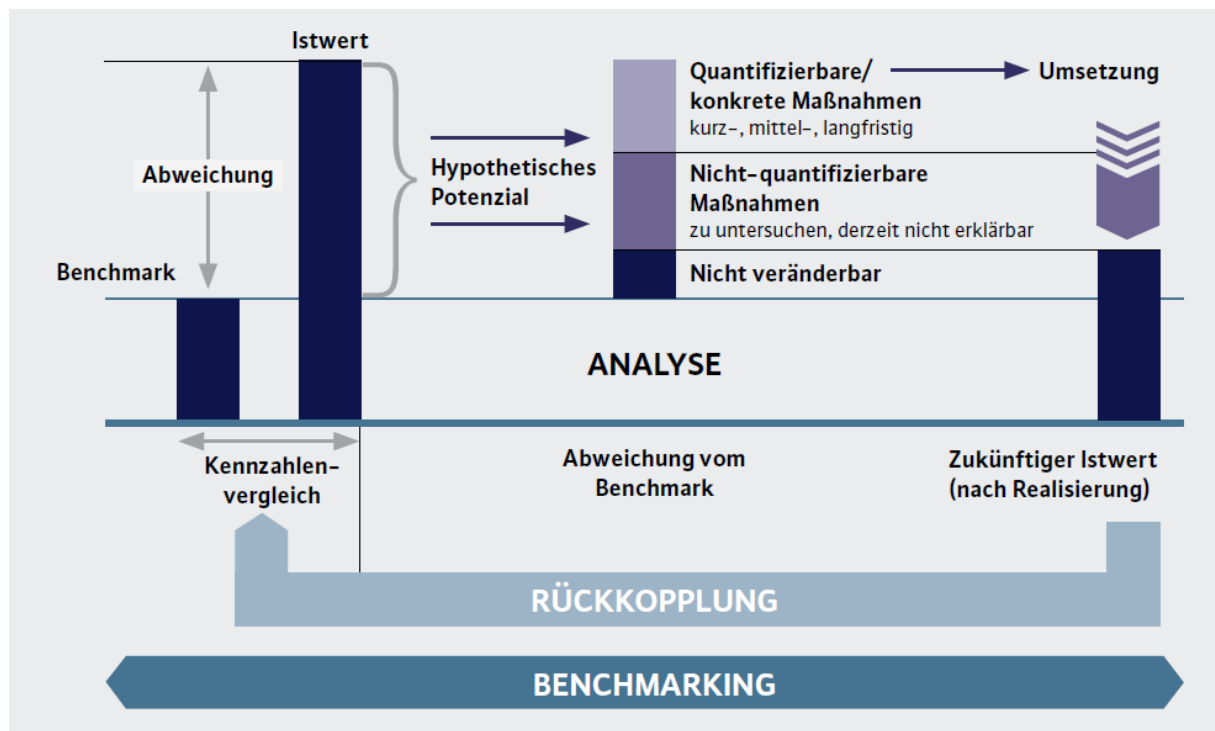
Das Kriterium Ausschreibung und Vergabe fließt bei der BNB-Zertifizierung mit einer Gewichtung von 0,87% als eines von fünf Kriterien der Qualität der Planung (insgesamt 5,652%) bzw. der Prozessqualität (Qualität von Planung und Bauausführung, insgesamt 10 %) in die Gesamtbewertung der Nachhaltigkeit ein.

## 1.4 Benchmarks für nachhaltige Gebäude

### 1.4.1 Benchmarking und Nachhaltigkeit

Als Instrument der Unternehmensführung dient Benchmarking dazu, unternehmerisches Handeln an konkreten, vorzugsweise zahlenmäßig definierten Zielen auszurichten, verbunden mit einer fortlaufenden Erfolgskontrolle, um ggf. Vorgehen und Ziele nachjustieren zu können (s. Abb. 1.4-1). Die Analyse der Gründe für einen Rückstand gegenüber den selbst gesetzten Zielen oder Mitbewerbern ist wesentlicher Teil des Benchmarking. Für „Lernende Unternehmen“, die sich und ihr Handeln permanent auf den Prüfstand stellen, sind die so gewonnenen Erkenntnisse stets Ausgangsbasis für weitere Verbesserungen. Handlungsleitende Vorgaben, bzw. „Benchmarks“, können sowohl die besten Leistungen, z.B. Produkte oder Dienstleistungen, der Mitbewerber am Markt (*best-practice*) bzw. spezifische Kennzahlen sein, wie Produktivität, Verkaufszahlen, Umsatz, Umsatzsteigerung etc.

Der Vergleich der eigenen mit anderen Unternehmen wird inzwischen selbst als eine Art Managementsystem verstanden und ist damit ein fester Bestandteil in der Führung vieler Unternehmen geworden. Es erfordert systematisches Vorgehen und eine intensive Beschäftigung mit Verbesserungspotenzialen, um sich an den Zielen auszurichten, die im Vergleich mit anderen definiert werden (Kaldschmidt 2009).



Quelle: BDEW / DVGW-Merkblatt W 1100 und DWA-Merkblatt M 1100

**Abb. 1.4-1: Ablauf eines Benchmarking Verfahrens**

Auch die Nachhaltigkeit des Unternehmens selber kann Gegenstand von Benchmarking sein. Beim Benchmarking des Bundesverbandes der Energie und Wasserwirtschaft e. V / BDEW. z.B. werden Kennzahlen aus fünf Bereichen (sog. 5-Säulen-Konzept) erhoben:

- Sicherheit,
- Qualität,
- Nachhaltigkeit,
- Wirtschaftlichkeit,

- Kundenservice.  
(BDEW 2010)

Dabei geht es nicht in erster Linie um den dauerhaften wirtschaftlichen Erfolg, sondern um den Ausgleich zwischen ökonomischen, ökologischen und gesellschaftlichen Faktoren im strategischen Management, die für das langfristige Bestehen und den dauerhaften Erfolg eines Unternehmens ebenso bedeutsam sein können. Verantwortung für die Gesellschaft und Berücksichtigung von Rechten und Interessen künftiger Generationen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung beinhaltet auch die langfristige Ausrichtung an gesellschaftlichen Entwicklungen, die für das Umfeld von Unternehmen bedeutsam sein können, wie z.B. dem demografischen Wandel und der Chancengleichheit von Männern und Frauen. Durch Benchmarking können für die Nachhaltigkeit des Unternehmens dazu konkret anzustrebende Zielsetzungen in Form definierter Benchmarks vorgegeben werden (Anteil Frauen in der Führungsebene, Angebote zur Vereinbarkeit von Familie und Beruf, Nachwuchsförderung, Regelungen für ältere Arbeitnehmer, Stellung der Arbeitnehmervertretung im Unternehmen etc.).

In der Immobilienwirtschaft sind bei Eigennutzern wie bestandhaltenden Vermietern Investitionsentscheidungen per se auf langfristige Werthaltung, Nachfrage und Wirtschaftlichkeit, mithin auf Nachhaltigkeit angelegt. Dauerhaftigkeit der Konstruktion, Anpassbarkeit an künftige Änderungen sowie ein geringer Wartungs- und Instandhaltungsaufwand gehören dabei ebenso zum Kalkül wie die Ausrichtung an langfristigen sozialen und wirtschaftlichen Entwicklungen als Determinanten des Immobilienmarktes.

Jedoch auch für – kurzfristig agierende - Finanzinvestoren in der Immobilienwirtschaft kann der Ausweis von Nachhaltigkeit relevant sein, wenn es den Marktwert von Gebäuden erhöht. Hier zeigen die Bemühungen um die Zertifizierung nachhaltiger Gebäude Wirkung. Die internationale Wahrnehmung der Labels von LEED und BREEAM und ebenso die Bemühungen in Deutschland von DGNB und BMVBS haben Nachhaltigkeit zunehmend zu einem Qualitätsmerkmal der Immobilienwirtschaft gemacht, das nicht nur ein besseres Image verspricht, sondern auch bessere Vermietbarkeit und höhere Renditen erwarten lässt. Damit kommen Nachhaltigkeitszertifikate als Benchmarks für eine komplexe Qualitätsbewertung von Immobilien ins Spiel. Benchmarks für nachhaltige Gebäude können auch z.B. „DGNB Gold“ oder „LEED Platin“ sein. So versteht sich auch LEED selbst als „national anerkannte Benchmark für Entwurf, Errichtung und die Bewirtschaftung von ausgewiesenen nachhaltigen Gebäuden (*high-performance green buildings*)“ (www.usgbc.org).

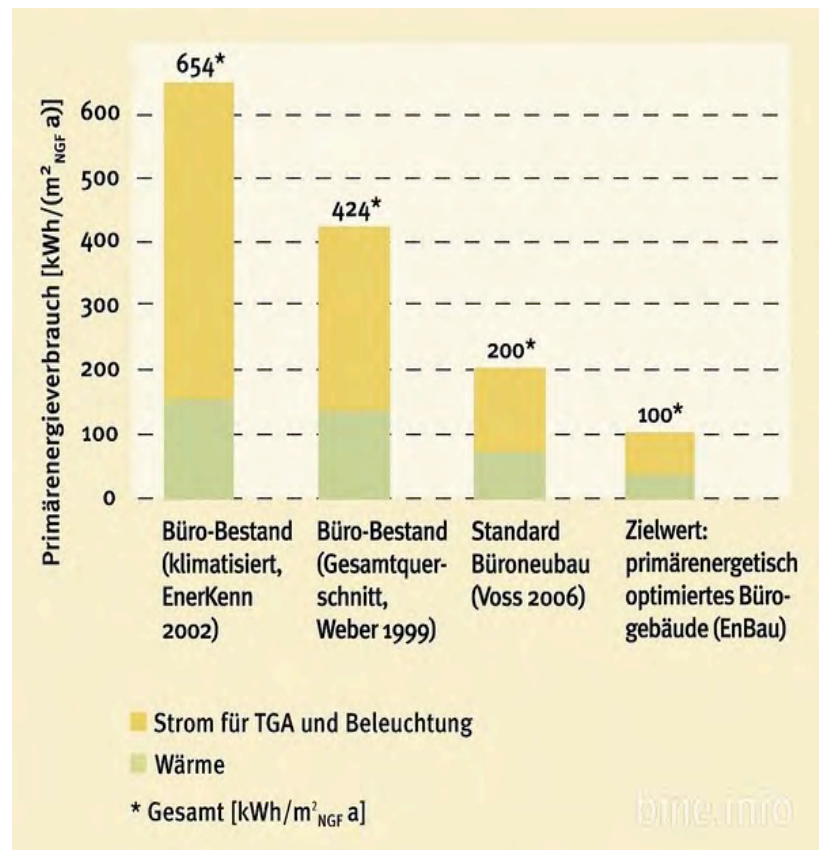
## **1.4.2 Benchmarks in der Immobilienwirtschaft**

### **Kosten der nachhaltigen Herstellung und Erneuerung von Gebäuden**

Wesentliche Basis der Investitionsentscheidungen für den Neubau oder den Erwerb einer Immobilie sind Baukosten bzw. Verkaufspreise. Um diese einordnen zu können, dienen als Vergleichswerte, bzw. Benchmarks Erfahrungswerte aus eigener Geschäftstätigkeit oder aus allgemein zugänglichen Quellen, wie z.B. den Berichten von Gutachterausschüssen. Für Neubauten können aus früheren Preisbildungen (Ausschreibung und Vergabe) gewonnene Erfahrungswerte herangezogen werden. Aggregierte Zahlen größerer Mengen abgerechneter bzw. datenmäßig erfasster Gebäude haben dabei den statistischen Vorteil, dass Besonderheiten einzelner Gebäude sich in der größeren Menge ausgleichen. Dies ist z.B. der Fall bei dem Baukosteninformationssystem BKI der Architektenkammern (BKI

2009), das jährlich aktualisiert wird<sup>54</sup>. Eine weitere Quelle aktueller Kostendaten ist die Planungs- und Kostendatenbank PLAKODA, die den Bauverwaltungen von Bund und Ländern für die Veranschlagung von Hochbaumaßnahmen zur Verfügung steht<sup>55</sup> (vgl. König 2008). Diesen Datenbanken lassen sich Vergleichswerte für mittlere bzw. untere Baukosten entnehmen, die als Benchmarks für Investitionsentscheidungen genutzt werden können. Dazu dienen sowohl aggregierte Werte für Bauteile und Positionen, wie auch Daten einzelner Gebäude bestimmter Bauwerkszuordnungen (vgl. Abb. 1.4-2).

Aus solchen Kostendaten lassen sich allerdings nur bedingt konkrete Mehr- oder Minderkosten für Nachhaltigkeitsziele ableiten. Während in der Datenbank PLAKODA nur Kostengruppen aggregiert sind, lassen sich aus den Kostendaten einzelner Bauleistungen der BKI (Teil 3) im Prinzip spezifische Kosten unterschiedlicher Ausführungen ermitteln (sofern die entsprechenden Daten vorliegen), die sich auch untereinander vergleichen lassen. Auf ein konkretes Gebäude mit spezifischer Kostenstruktur können sie aber nicht ohne weiteres übertragen werden. Mehr- oder Minderkosten für Ausführungsvarianten des nachhaltigen Bauens lassen sich verlässlich nur anhand des Kostenanschlags für eine spezifische Objektplanung ermitteln und letztlich erst durch konkrete Ausschreibungsergebnisse verifizieren.



Quelle: BINE 2007 / Fraunhofer ISE, Freiburg

**Abb. 1.4-2: Energieverbrauch von Bürobauten**

### Betriebskosten

Herstellungskosten bzw. Kaufpreise sind nur ein Teil der bei einer Wirtschaftlichkeitsberechnung nach einem vollständigen Finanzplan insgesamt zu betrachtenden Kosten, wenn das Gebäude über einen langen Zeitraum genutzt werden soll. Dann sind auch Betriebskosten - Verbrauchs-, Instandhaltungs- und Wartungskosten - über den Nutzungs-

<sup>54</sup> In der Fachbuchreihe BKI Baukosten sind Preise für Gebäude (Teil 1), Bauteile (Teil 2) und Positionen von Standardbauleistungen (Teil 3) zusammengestellt.

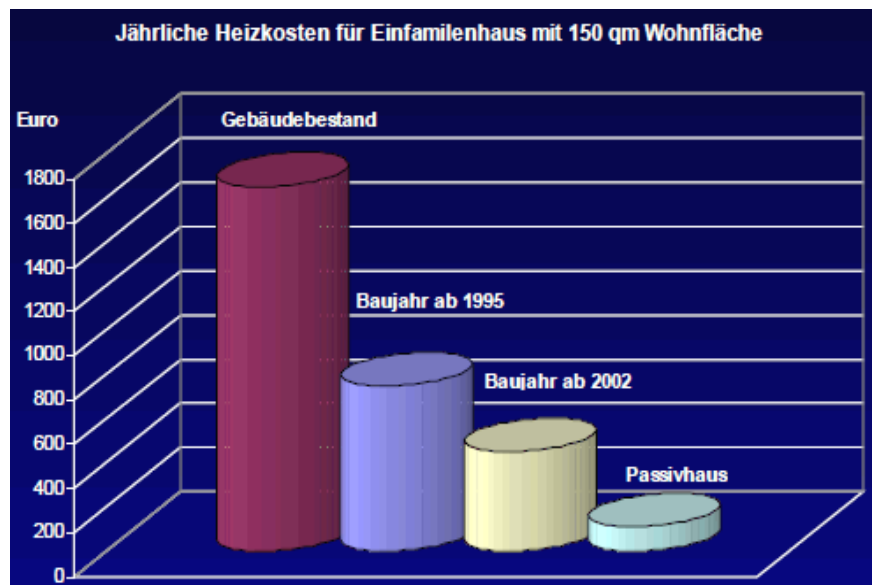
<sup>55</sup> Die Datenbank PLAKODA wird von der Staatlichen Vermögens- und Hochbauverwaltung Baden-Württemberg (Finanzministerium Baden-Württemberg, Vermögen und Bau, Grundlagen Wirtschaftliches Bauen, Freiburg) betrieben, die die bundesweit erhobenen Daten neuer öffentlicher Hochbauten sammelt und in die Datenbank einpflegt (s. [www.abg-plus.de](http://www.abg-plus.de)). Anhand von Gebäudedatenblättern von Baumaßnahmen des öffentlichen Hochbaus in ganz Deutschland werden Vergleichswerte erzeugt als Grundlage für Kostenschätzungen. Erfasst werden die Baukosten der Kostengruppen 300 und 400 nach DIN 275 auf der dritten Ebene (also z.B. Außenwände unterschieden nach tragenden und nichttragenden Innenwänden)

zeitraum sowie die Finanzierungsbedingungen als wesentliche Faktoren in die Kalkulation der längerfristigen Rendite einzubeziehen.

Betriebskosten, namentlich die Kosten für Wärme und Trinkwasser, spielen bei überproportional steigenden Preisen dabei eine immer bedeutendere Rolle für die Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes. Die wirtschaftlichen Gegebenheiten für das Facility Management während der Nutzung spiegeln sich daher zunehmend auch im Wert der Immobilie. Entsprechend gehen auch bei der Nachhaltigkeits-Zertifizierung von Gebäuden bei der Bewertung der Wirtschaftlichkeit die Aufwendungen in der Nutzungsphase für Wärme, Beleuchtung, Trinkwasser, Reinigung, Instandsetzung etc. als wesentliche Faktoren ein (vgl. Ba-Wü 2004, Bahr 2008).

Benchmarks für die Betriebskosten bei Immobilien können wegen der großen Vielfalt der Immobilien und der Vielzahl der Einflussfaktoren auf die Kostenhöhe aus einzelnen herausragenden „best practice“-Beispielen nicht abgeleitet werden. Sie beziehen sich vielmehr auf durchschnittliche normale Kosten, die unter bestimmten Voraussetzungen für

vergleichbare Gebäude entstehen. Bei Datensammlungen zu Betriebskosten, die einen Korridor mit oberen und unteren Werten und einem Mittelwert abbilden, kann die Benchmark der Mittelwert sein oder sich auch am unteren Wert orientieren (Fraunhofer IZB 2010).



Quelle: Stadt Frankfurt 2010

**Abb. 1.4-3: Kosten für die Gebäudeheizung nach Energieeffizienz**

### 1.4.3 Benchmarks für den spezifischen Verbrauch von Energie und Trinkwasser

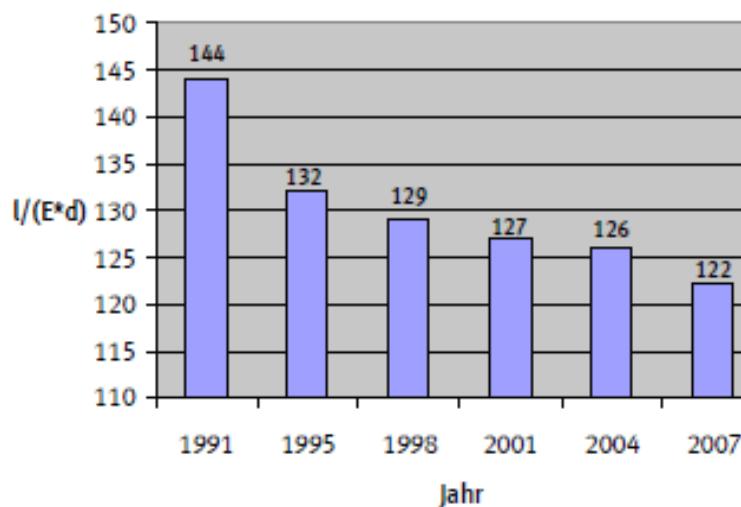
Ein wesentliches Ziel des nachhaltigen Bauens ist die Verringerung des Ressourcenverbrauchs, das sind während der Nutzungsphase im Wesentlichen Primärenergie und Trinkwasser. Zu unterscheiden ist zwischen dem rechnerischen Bedarf und dem tatsächlichen Verbrauch, die sich erheblich unterscheiden können (BMVBS Benchmarks 2009). Bei der Energienutzung für die Gebäudeheizung ergibt sich der Bedarf aus der Beschaffenheit des Gebäudes und seiner technischen Anlagen anhand definierter Berechnungsverfahren. Der Verbrauch variiert dagegen wesentlich nach der Art der Nutzung, dem Nutzerverhalten und z.B. auch dadurch, dass ein Gebäude phasenweise leer steht. Das ist bei der Trinkwassernutzung vergleichbar, auch hier spielen die installierten Armaturen und Objekte eine Rolle, das individuelle Nutzerverhalten variiert aber sehr viel stärker als bei der Gebäudeheizung.

Um eine Senkung des Verbrauchs beziffern zu können, bedarf es eines Bezugswertes. Das kann ein durchschnittlicher Wert sein (Verbrauch über alle Gebäude eines bestimmten Typs) oder ein spezifischer Referenzwert für einen errechneten Bedarf, bei dem bestimmte Anforderungen an Gebäude definiert sind, auf den sich die Bewertung dann beziehen kann. Entsprechend wird bei der Zertifizierung nachhaltiger Gebäude nach DGNB und BNB hinsichtlich des Energiebedarfs und des Trinkwasserbedarfs verfahren (s.u.).

Für Durchschnittswerte stellt sich die Frage nach der Bezugsgröße, auf die sie sich beziehen; sind sie bezogen auf Quadratmeter Nutzfläche, auf Kubikmeter umbauten (beheizten?) Raum, auf die Anzahl der Nutzer? Wird über die Fläche gemittelt oder über die Gebäudeeinheiten? Dies kann zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen führen (vgl. BMVBS 2009, Benke 2010).

### Benchmark: Spezifischer Energieverbrauch

Die Senkung des Verbrauchs an Primärenergie ist nach wie vor die zentrale Aufgabe nachhaltigen Bauens, auch wenn seit der Jahrhundertwende der gebäudebezogene Primärenergieverbrauch in Deutschland stetig sinkt. So lag 2007 der Energieverbrauch der privaten Haushalte für Raumwärme 16,0% unter dem Niveau von 2000. Trotz der Erhöhung der Zahl der Haushalte um 3% und eines Anstiegs der Wohnfläche um 6,8% wurden je m<sup>2</sup> Wohnfläche 21% weniger Energie verbraucht (Stat. Bundesamt 2009). Bei Mehrfamilienhäusern ging der Heizenergiebedarf von durchschnittlich 157 kWh je Quadratmeter Wohnfläche im Jahr 2003 auf 141 kWh im Jahr 2008 gesunken; im Westen um 11%, im Osten um 7% (IWH- Pressemitteilung 16/2010). Zugleich waren die Verbraucherpreise für Wohnenergie stark angestiegen, zwischen 2000 und 2008 um 64,5%, ganz offensichtlich der entscheidende Faktor für sparsameren häuslichen Energieverbrauch, denn die Verbesserung des technischen Standards und dessen Umsetzung im Neubau und bei der Modernisierung des Bestands im gleichen Zeitraum konnte sich kaum in diesem Umfang auswirken (s. Abb 1.4-2 und 1.4-3; vgl. auch UBA 2006).



Wasserabgabe an Haushalte und Kleingewerbe bezogen auf die angeschlossenen Einwohner  
Quelle: Statist. Bundesamt 2007

**Abb. 1.4-4: Entwicklung des täglichen Pro-Kopf-Verbrauchs an Trinkwasser**

Auch bei Büroimmobilien ist grundsätzlich von einem kontinuierlichen Rückgang des Energieverbrauchs auszugehen. Wärmeverbrauchswerte, die 2002 in Baden-Württemberg bei 526 vor Inkrafttreten der neueren Wärmeschutzrichtlinien gebauten Büro- und Verwaltungsgebäuden erhoben worden waren, liegen witterungsbereinigt im Mittel um die 150 kWh/(m<sup>2</sup><sub>NFA</sub>); 2005 lagen die Verbrauchswerte von 47 Polizeidirektionen nur noch bei durchschnittlich 104 kWh/(m<sup>2</sup><sub>NFA</sub>) (Ba-Wü 2004 und 2009). Ebenfalls um die 150 kWh/(m<sup>2</sup><sub>a</sub>) liegen die Werte von 729 Bürogebäuden in Deutschland nach Daten zurückliegender Jahre (BMVBS 2009). Absehbar wird der Verbrauch durch anhal-



tende energetische Sanierungen und Erneuerung der technischen Anlagen auch weiterhin zurückgehen.

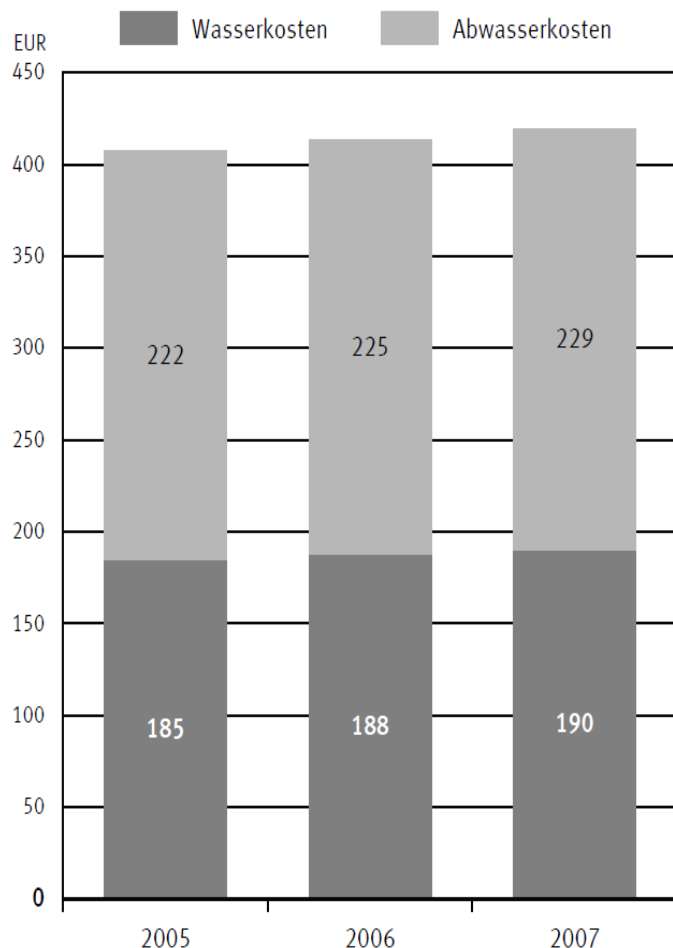
Gegenüber den realen Verbrauchswerten von Gebäuden sind Bedarfswerte, die nach definierten Verfahren und objektiven Gegebenheiten berechnet werden, für Vergleiche aussagekräftiger. Als Zielwert für energieoptimierten Neubau wird z.B. ein Bedarf an Primärenergie von 100 kWh/m<sup>2</sup>a genannt, davon lediglich etwa ein Drittel für Wärme (BINE 2007). Eine Benchmark für den Energiebedarf könnte sich auch auf die EnEV 2009 beziehen mit der Vorgabe, dass ein um einen bestimmten Prozentsatz niedrigerer Bedarfswert erreicht werden soll. Auch Passivhausstandard kann eine Benchmark sein, wie z.B. für den Hochbau der Stadt Frankfurt (Stadtverordnetenversammlung am 28.01.2010; Energiereferat 2010).

Benchmarks für den Energiebedarf können im übrigen auch aus den Kriteriensteckbriefen von DGNB und BNB zum Gesamtprimärenergiebedarf abgeleitet werden (Kriteriensteckbriefe 11 bzw. 1.2.1).

### Benchmark: Spezifischer Trinkwasserverbrauch

Der Verbrauch von Trinkwasser ist in Deutschland seit langem kontinuierlich rückläufig (s. Abb. 1.4-4). Wie beim Energieverbrauch sind steigende Preise sowohl für Trinkwasser wie auch in mindestens gleichem Maße für die Beseitigung des Abwassers von wesentlichem Einfluss auf das Verbraucherverhalten. Im häuslichen Bereich haben zudem wassersparende Armaturen, die zunehmend zum üblichen Standard werden, einen wesentlichen Anteil am Rückgang des Trinkwasserverbrauchs (vgl. Abschnitt 2.2).

Für den Verbrauch bezogen auf bestimmte Zuordnungen von Gebäuden ist die Art der Nutzung bzw. die Anzahl Personen, die sich darin aufhalten, sowie deren Tätigkeit und Verhalten entscheidend. Für Büro- bzw. Verwaltungsgebäude liegen Zahlen vor, die für die öffentlichen Liegenschaften des Landes Baden-Württemberg erhoben wurden. Zwischen einem oberen Grenzwert von 0,4 und einem unteren von 0,12 liegt der Mittelwert des Trinkwasserverbrauchs bei 0,28 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>a. Auch die Gebäude fast aller anderen Bauwerkszuordnungen (Schulen, Hochschulen, Polizeidienststellen etc.) liegen durchschnittlich etwa in dieser Größenordnung. Der jährliche Wasser-

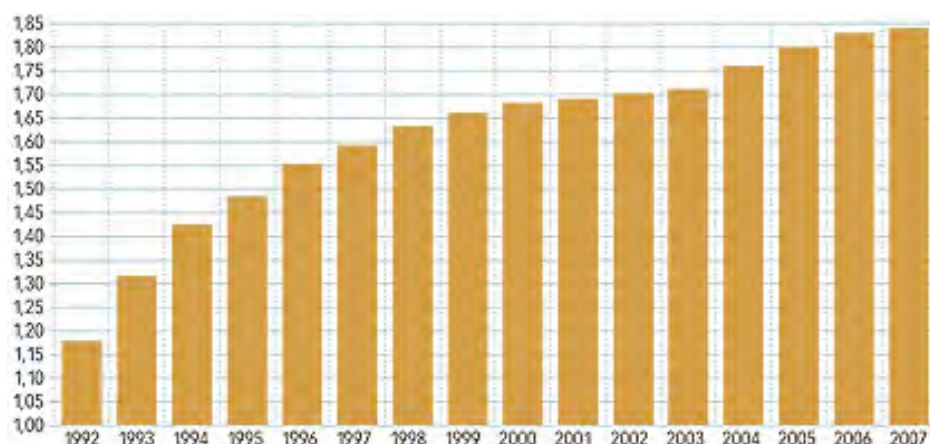


Statistisches Bundesamt, Wirtschaft und Statistik 6/2009  
Zwei-Personen-Modellhaushalt für 80 m<sup>3</sup> Wasserbrauch und 80 m<sup>2</sup> versiegelte Fläche

**Abb. 1.4-5: Jährliche Kosten für Wassernutzung**

verbrauch je Person liegt in Nichtwohngebäuden zwischen 2 und 7 m<sup>3</sup>, im Mittel bei etwa 5 m<sup>3</sup> (Ba-Wü 2004).

Beim Trinkwasserverbrauch wie beim Energieverbrauch decken sich ökologische und ökonomische Zielsetzungen. In 15 Jahren, von 1992 bis 2007, sind die durchschnittlichen Trinkwasserpreise in Deutschland um rund 60% bzw. um fast 4 % jährlich gestiegen (BDEW). Analoge Steigerungen wie die der Kosten für Trinkwasser (Abb. 1.4-6) weisen auch die Abwassergebühren auf, die sich zu den Gesamtkosten für die Wassernutzung addieren (s. Abb. 1.4-5). Mit der Abwasserrechnung wird neben dem Abwasserentgelt für das verbrauchte Trinkwasser auch ein flächenbezogenes Entgelt für Niederschlagswasser erhoben<sup>56</sup>. Zwischen den Kommunen bestehen dabei erhebliche Kostenunterschiede; die Preise für dieselbe Abwassermenge divergieren im Extremfall um den Faktor 3,5; z.B. jährliche Kosten von 226,32 € in Karlsruhe und 786,48 € in Potsdam (www.insm-abwassermonitor.de).



Quelle: Wirtschaftswoche / BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.  
Durchschnittliche Preise für Haushalte in Deutschland (€/m<sup>3</sup>)

**Abb. 1.4-6 : Entwicklung der Trinkwasserpreise 1992 - 2007**

Auch wenn in diesen Zeitraum die hohen Kostensteigerungen Anfang der 90-er für die Anpassung der ostdeutschen Infrastruktur für Ver- und Entsorgung fallen, ist weiterhin mit hohen Kosten für anstehende umfassende Sanierungsarbeiten auch im Westen Deutschlands zu rechnen. Die Ausrichtung der technischen Gebäudeausrüstung auf einen möglichst niedrigen Wasserverbrauch und möglichst niedrige Abwasserkosten sowie durch konsequente Regenwasserbewirtschaftung niedrige Niederschlagswassergebühren reduzieren unmittelbar die laufenden Betriebskosten und Schaffen damit langfristig Sicherheit und günstige Voraussetzungen für die Vermietbarkeit der Immobilie. Maßnahmen zur Trinkwassereinsparung und Abwasserreduzierung sind daher auch aus ökonomischer Sicht geboten.

Benchmarks für den Trinkwasserbedarf und das Abwasseraufkommen können im übrigen auch den Kriteriensteckbriefen von DGNB und BNB abgeleitet werden (Kriteriensteckbriefe 14 bzw. 1.2.3).

<sup>56</sup> Die Abwasserrechnung für einen Zwei-Personen-Haushalt mit einem Wasserverbrauch von 80 m<sup>3</sup> lag 2007 im Bundesdurchschnitt bei 229,50 €. Gegenüber 2006 ist dies eine Kostensteigerung um 4,33 € oder 1,9%. Statistisches Bundesamt / Destatis.  
Für den Verbrauch eines Kubikmeters Wassers zahlten deutsche Haushalte im Jahr 2007 ein durchschnittliches Abwasserentgelt von 2,29 €. Die durchschnittliche jährliche Grundgebühr kostete 13,15 €. Das Niederschlagswasserentgelt lag im Jahr 2007 im bundesweiten Durchschnitt bei 0,41 €/m<sup>2</sup> versiegelter oder sonstiger Fläche.

## Teil 2 Potenziale des nachhaltigen Bauens

### 2.1 Vermeiden, Verringern und Verwerten von Baurestmassen

#### 2.1.1 Bedeutung für die Umwelt

##### Wachsende Mengen an Baurestmassen

Die Schonung der natürlichen Ressourcen, der Schutz der menschlichen Gesundheit und der Schutz der natürlichen Umwelt sind die Eckpunkte einer nachhaltigen Entwicklung im Bauwesen. Im Hinblick auf die Baurestmassen sind dabei insbesondere die Bewahrung von stofflichen Ressourcen und der Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen von Bedeutung.

Der Bausektor ist in den Industriestaaten der größte wirtschaftliche Sektor sowohl nach Investitionen als auch nach Arbeitsplätzen und Stoffflüssen. Dies liegt unter anderem daran, dass sich Gebäude – und allgemein Bauwerke - von klassischen Industrieprodukten insbesondere in folgenden wesentlichen Punkten unterscheiden (Wollensak 2006):

- Bauwerke haben eine vergleichsweise hohe Lebensdauer, bis zu 80 Jahre und mehr, innerhalb der meist ein oder mehrere Erneuerungszyklen wie Sanierung, Erneuerung der Haustechnik usw. stattfinden.
- Der Nutzungs- und Erhaltungsaufwand für Gebäude beträgt in der Regel ein Vielfaches des Herstellungsaufwandes, wobei zwischen dem laufenden Aufwand für den Betrieb und den periodischen Instandsetzungs-/ Erneuerungsaufwendungen zu unterscheiden ist.
- Beim Bauen ergeben sich sehr differenzierte Stoffströme, z.T. mit der Bewegung von großen Massen, sowohl bei der Errichtung von Gebäuden wie auch bei Sanierung und Umbau.
- Es besteht eine komplizierte Verzahnung zwischen den Eigenschaften des Baukörpers, der Haustechnik, den Gegebenheiten des Standorts und dem Verhalten der Nutzer.
- Errichtung und Umbau von Gebäuden erfordern eine hohe Komplexität der Planung in Verbindung mit einer großen Variantenvielfalt hinsichtlich Material und Technologie auch bei der Errichtung gleicher Gebäudetypen (jedes Gebäude ist letztlich ein Unikat).
- An der Planung, beim Bauen und bei der Nutzung von Gebäuden ist jeweils eine Vielzahl von maßgeblichen Akteuren beteiligt.

Ressourcen- und Energieverbrauch sind die wesentlichen Umweltfolgen der Bautätigkeit; hinzu kommt die wachsende Menge an Bauabfällen, die bei Neubau, Umbau und beim Abbruch von Gebäuden entstehen (vgl. Abschnitt 2.4.1). Ein Großteil der in der Bundesrepublik insgesamt anfallenden Abfälle stammt aus dem Baubereich (s.u. Abschnitt 2.1.8). Nur ein Teil dieser Mengen wird über öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger verwertet bzw. entsorgt. Die größten Mengen werden unter privatwirtschaftlicher Verantwortung erfasst und behandelt bzw. verwertet.

Mit 200,7 Mio. t sind nach den Angaben des aktuellen 5. Monitoring-Berichts der Arbeitsgemeinschaft Kreislaufwirtschaftsträger Bau zu Bauabfällen die mineralischen Bauabfälle (einschließlich Bodenaushub) mengenmäßig die bedeutsamste Abfallgruppe in Deutschland (arge-kwtb 2004). Insgesamt ist in den nächsten Jahren in Deutschland mit einem

leichten Rückgang des Gesamtabfallaufkommens zu rechnen, der insbesondere auf die demografische Entwicklung zurückzuführen ist.

**Aufgabenschwerpunkte: Recyclingquote erhöhen und Schadstoffe eliminieren.**

Die Recyclingquote von Baustoffen (ohne Bodenaushub) liegt bei beachtlichen nahezu 70 %, wobei die traditionellen Einsatzgebiete vorwiegend im Straßen- und Tiefbau und der Verwertung auf Deponien (z.B. für den Wegebau, Abdichtungs- und Profilierungsmaterial) liegen. Hochwertigere Anwendungsgebiete bleiben bislang vielfach noch ungenutzt bzw. müssen noch erschlossen werden. Es zeichnet sich jedoch ab, dass hochwertige Recycling-Baustoffe zunehmend als Betonzuschlag bzw. in der Betonherstellung eingesetzt werden.

Die Baustellenabfälle stellen aufgrund ihrer Zusammensetzung oft ein problematisches Abfallgemisch dar, das nur relativ aufwändig sortiert und aufbereitet werden kann. Das Recycling von Bauabfällen wird insbesondere auf Grund der in der jüngeren Vergangenheit vermehrt eingesetzten Verbundmaterialien zukünftig anspruchsvoller. Speziell die Anforderungen an die Aufbereitungstechnik werden zunehmen, um Verbundmaterialien ordnungsgemäß verwerten zu können.

Das Aufkommen an Bauabfällen ist in den letzten Jahren jedoch deutlich zurückgegangen, was auf die getrennte Erfassung von verwertbaren Bauabfällen bereits an der Baustelle zurückzuführen ist (s. Abschnitt 2.1.8). Um den insgesamt steigenden Rohstoffbedarf zukünftig decken zu können, müssen neben dem Recycling auch andere Rohstoffquellen beispielsweise über das „Urban Mining“ einbezogen werden (s. Abschnitt 2.1.9).

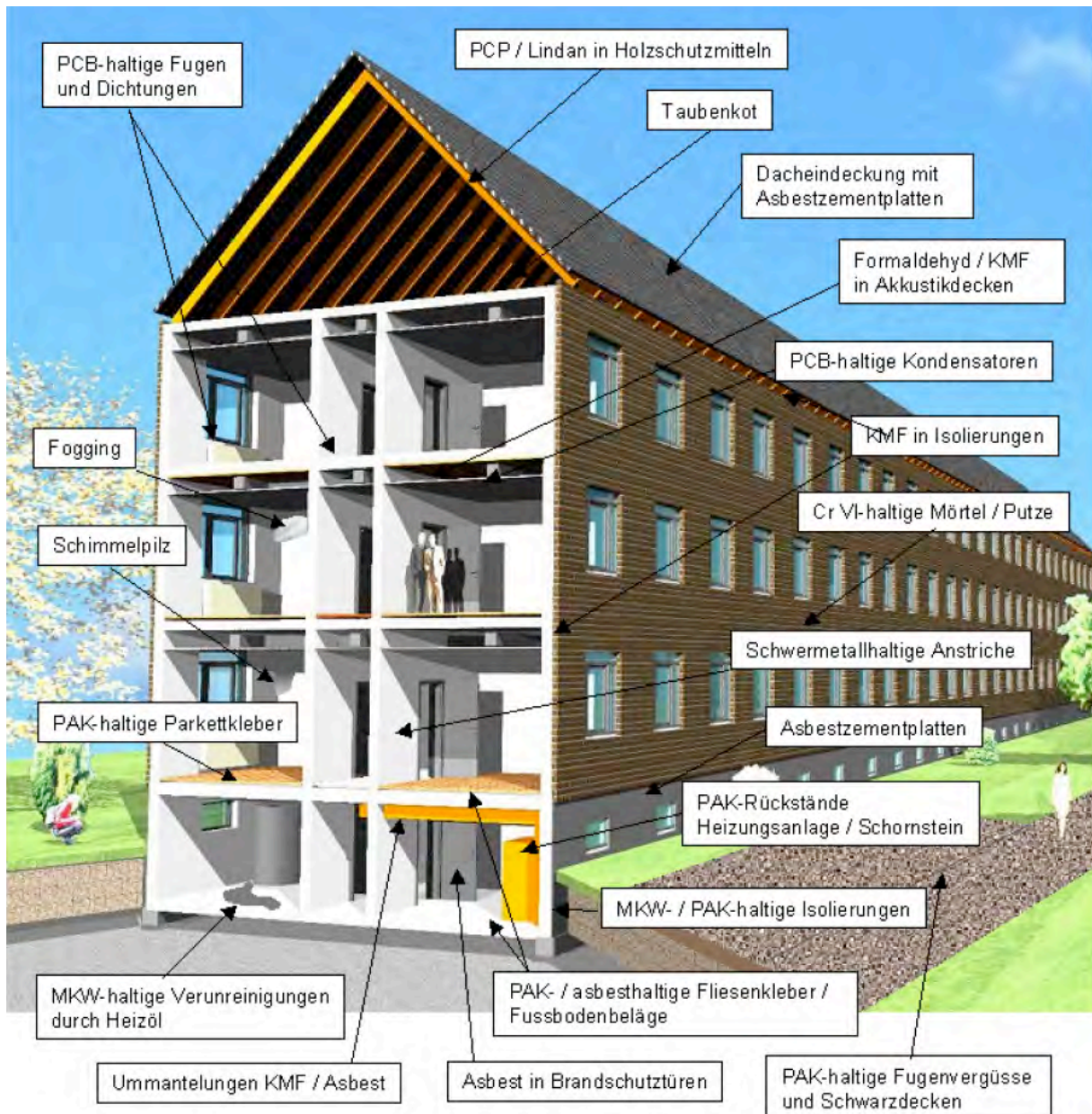
Schadstoffhaltige und nicht recyclingfähige Bauabfälle sind aus dem Wirtschaftskreislauf auszuschleusen und zu beseitigen, wenn die Abfälle nicht für eine Verwertung aufbereitet werden. Für die mineralischen Abfälle ist die Deponierung der Regelfall der Beseitigung, ggf. je nach Schadstoffbelastung und Gefährlichkeitsmerkmalen auch im Bergversatz bzw. unter Tage. Bei Abbruch und Umbau von Gebäuden ist grundsätzlich zu prüfen, wieweit Schadstoffe in den Bauteilen enthalten sein können, die in früheren Jahren nach damaligem Stand der Technik eingebaut worden waren (s. Abb. 2.1-1).

### **2.1.2 Rechtliche Rahmenbedingungen**

Im Zusammenhang mit Rückbau-, Umbau und Neubaumaßnahmen sind zahlreiche rechtliche Bestimmungen zu beachten, insbesondere das Abfallrecht, das Baurecht, das Bodenschutzrecht und das Gefahrstoff- und Immissionsschutzrecht.

Mit dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/ AbfG) wurde die rechtliche Grundlage für den Einstieg in die Kreislaufwirtschaft geschaffen, insbesondere auch mit dem Ziel der Reduzierung des Verbrauchs an natürlichen Rohstoffen und damit der Ressourcenschonung.

Neben dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz mit seinen Rechtsverordnungen (z.B. die Deponieverwertungsverordnung - DepVerwV) sind weitere einschlägige Rechtsvorschriften und Regelungen zu beachten, insbesondere das Bundes-Bodenschutzgesetz (z.B. bei Aushubarbeiten und dem Verdacht auf Verunreinigungen), das Bundes-Immissionsschutzgesetz (z.B. bei der Genehmigung von Behandlungsanlagen für Baureststoffe) und die Regelwerke zur Verwertung von mineralischen Abfällen (z.B. die Merkblätter der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall / LAGA zur Verwertung von mineralischen Reststoffen und Abfällen; [www.laga-online.de](http://www.laga-online.de)). Zukünftig wird insbesondere die



Anmerkungen:

- PCB Polychlorierte Biphenyle
- Lindan Holzschutzmittel
- KMF Künstliche Mineralfasern
- Cr-VI Sechswertiges Chrom
- MKW Mineralölkohlenwasserstoffe
- PAK Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe
- Fogging Anhaftender Schwarzstaub durch schwerflüchtige organische Stoffe

Quelle: BMVBS/BMV 2008

**Abb. 2.1-1: Schadstoffe in Gebäuden: Belastungen aus Baustoffen und Nutzung**

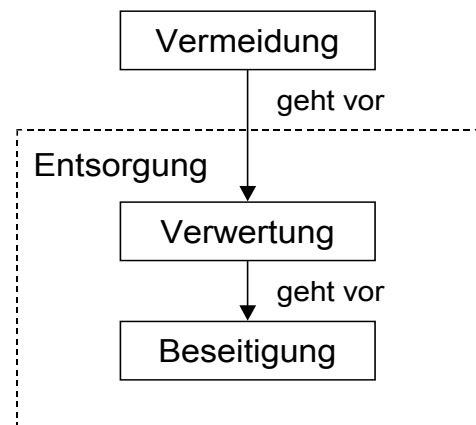
"Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken" (Ersatzbaustoffverordnung – ErsatzbaustoffV) zu beachten sein (s. Abschnitt 2.1.3). Die ErsatzbaustoffV (Artikel 2) ist Teil einer Mantelverordnung, in der auch die Verordnung zum Schutz des Grundwassers (Artikel 1) und die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (Artikel 3) geändert wird.

Das im Abfallrecht verankerte Abfallvermeidungsgebot beinhaltet die Verminderung der Abfallmenge und der Schädlichkeit der Abfälle. Die Entsorgung von nicht vermeidbaren Abfällen umfasst „Abfälle zur Verwertung“ und „Abfälle zur Beseitigung“, wobei die Abfall-

trennung und hochwertige Verwertung im Vordergrund steht. Schadstoffe sind durch geeignete Maßnahmen bei der Abfalltrennung möglichst aus dem Stoffkreislauf auszuschleusen (Schadstoffminimierung).

Nach den §§ 4 Abs. 1 und 5 Abs. 2 und 3 des KrW-/AbfG besteht eine Zielhierarchie für den Umgang mit Abfällen, bei der Vermeidung vor Entsorgung und Verwertung vor Beseitigung geht (Abb. 2.1-2). Künftig soll nach dem Entwurf der Novelle des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (August 2010) eine neue 5-Stufen-Hierarchie gelten:

1. Vermeidung
2. Vorbereitung zur Wiederverwendung
3. Recycling
4. Sonstige, d.h. auch energetische Verwertung
5. Beseitigung.



**Abb. 2.1-2: Hierarchie der Kreislaufwirtschaft**

Die Verwertungsverfahren sollen insbesondere durch eine flexible Optimierungsklausel auf die jeweils hochwertigste Verwertungsoption ausgerichtet sein (s. BMU 2010).

Für Bau- und Abbruchabfälle ergibt sich die Getrennthaltungspflicht aus der Gewerbeabfallverordnung (s. Tab. 2.1-1). Um eine möglichst hochwertige Verwertung der Bau- und Abbruchabfälle und der gemischten Baustellenabfälle zu ermöglichen, sind die Regelungen der Gewerbeabfall-Verordnung (GewAbfV) zu beachten. In § 8 Abs. 1 heißt es:

„Zur Gewährleistung einer ordnungsgemäßen und schadlosen sowie möglichst hochwertigen Verwertung haben Erzeuger und Besitzer von Bau- und Abbruchabfällen die folgenden Abfallfraktionen, soweit diese getrennt anfallen, jeweils getrennt zu halten, zu lagern, einzusammeln, zu befördern und einer Verwertung zuzuführen“

**Tab. 2.1-1: Getrennthaltungspflicht von Abfallfraktionen gemäß GewAbfV**

Bezeichnung	Abfallschlüssel AVV
Glas	17 02 02
Kunststoff	17 02 03
Metalle, einschließlich Legierungen	17 04 01 bis 17 04 07 und 17 04 11
Beton mit Ausnahme von Beton, der gefährliche Stoffe enthält	17 01 01
Ziegel mit Ausnahme von Ziegeln, die gefährliche Stoffe enthalten	17 01 02
Fliesen, Ziegel und Keramik mit Ausnahme von Fliesen, Ziegeln und Keramik, die gefährliche Stoffe enthalten	17 01 03
Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die gefährliche Stoffe enthalten	17 01 07

Eine gemeinsame Erfassung der Abfallfraktionen ist zulässig, wenn diese einer Vorbehandlungsanlage zugeführt werden und „sie dort in weitgehend gleicher Menge und stofflicher Reinheit wieder aussortiert“ werden (s. § 8 Abs. 2 GewAbfV).

Ein Vermischen von Abfällen, um zu erreichen, dass das Abfallgemisch dann die Zuordnungskriterien für die jeweilige Entsorgungsanlage erfüllt, ist nicht zulässig; z.B. darf belastetes Material nicht mit unbelastetem oder weniger belastetem Material vermischt werden, nur um es günstiger verwerten oder entsorgen zu können. Eine Vermischung des Abfalls mit anderen Stoffen ist hingegen zulässig, wenn dies der stofflichen Verwertung dient und der Abfall nach der Vermischung überhaupt erst verwertet werden kann (s. Landmann/Rohmer 2011, zu § 4 KrW-/AbfG, Rdnr. 53 ff. und § 5 Rdnr. 42 ff.).

### **Pflichten des Bauherrn**

Die konkreten Pflichten des Bauherrn ergeben sich aus den Landesbauordnungen. Demnach sind bauliche Anlagen so herzustellen und zu beseitigen (Rückbau), dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet werden. Nach dem Bauordnungsrecht ist eine geordnete Entsorgung der Bau- und Abbruchabfälle zu gewährleisten.

Darüber hinaus sind in den letzten Jahren auch beim Neubau vermehrt Belange des Umweltschutzes zu berücksichtigen. Nicht zuletzt zeigt sich dies in den Landesbauordnungen durch Bezugnahme auf das Bauproduktengesetz (BauPG) und die Bauproduktenrichtlinie (BPRL) der EU (s. § 16 HBO). So sind zum Beispiel nach der Bauproduktenrichtlinie unter anderem wesentliche Anforderungen an Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz bei der Zulassung von Bauprodukten zu stellen bzw. einzuhalten (BPRL, Anhang I, Nr. 3).

Die Entsorgungsverantwortung für die anfallenden Bau- und Abbruchabfälle bis zur endgültigen Entsorgung verbleibt beim Bauherrn. Eine Eigentumsübertragung ist grundsätzlich nicht möglich (vgl. ATV DIN 18 459), die Übertragung eines Teils der Entsorgungsverantwortung an den Auftragnehmer (z.B. Transport, Entsorgung) ist jedoch gemäß Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB), Teil B und Teil C möglich.

Abfallbesitzer und Abfallerzeuger haben abfallrechtliche Nachweis- und Dokumentationspflichten, abgestuft nach der Gefährlichkeit der entstehenden Bauabfälle. Dem Bauherrn obliegt in jedem Fall die Überwachungsverantwortung für die ordnungsgemäße und schadlose Verwertung bzw. gemeinwohlverträgliche Beseitigung der Abfälle, auch wenn der Auftragnehmer zumindest als Abfallbesitzer mit in die Verantwortung einbezogen ist (vgl. BMVBS/BMV 2008).

### **Belange des Bodenschutzes**

Die Belange des Bodenschutzes werden durch das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) sowie die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) geregelt. Zweck dieses Gesetzes ist es, nachhaltig die Funktionen des Bodens (§2 Abs.2 BBodSchG) zu sichern oder wiederherzustellen. Hierzu sind

- schädliche Bodenveränderungen abzuwehren,
- Altlasten sowie hierdurch verursachte Gewässerverunreinigungen zu sanieren und
- Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen.

Durch das Merkblatt des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) „Grundsätze zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser“ wird der Vorsorgepflicht durch Festlegung von Anforderungen an Bauprodukte für erdberührte Bauteile nachgekommen, die analog auch auf Recycling-Baustoffe anzuwenden sind (DIBt 2008).

Bei im Grundwasser eingebauten (Recycling-) Baustoffen werden die vorsorgeorientierten Anforderungen des Bodenschutzes durch die Anforderungen des Grundwasserschutzes mit abgedeckt.

Wasserundurchlässige Bauweisen oberhalb des Grundwassers werden aus Sicht des Bodenschutzes in der Regel als nicht kritisch angesehen, da keine relevanten Sickerwassermengen entstehen, durch die Schadstoffe in den Boden eingetragen werden könnten (BMVBS/BMV 2008).

Eine bundeseinheitliche Regelung für die Verwertung von mineralischen Stoffen und Recyclingprodukten in technischen Bauwerken ist mit der Ersatzbaustoffverordnung<sup>1</sup> geplant, die insbesondere dem Boden- und Grundwasserschutz Rechnung tragen soll (s. Abschnitt 2.1.3). Dabei wird das Ziel verfolgt, die Anforderungen an Recycling-Materialien und deren Verwendung zur Erreichung der Ziele des vorsorgenden Bodenschutzes so festzulegen, dass nachteilige Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit und schädliche Bodenverunreinigungen nicht zu besorgen sind. Übergreifende Basis sind dabei die Prüfwerte der Grundwasserverordnung<sup>2</sup>. Gegenstand der Ersatzbaustoffverordnung sind eine Vielzahl von mineralischen Produktionsabfällen und -rückständen (z.B. RC-Baustoffe, Bodenmaterial, Hüttensand, Gleisschotter etc.). Diese Materialien werden auch dann in die Verordnungsregelung einbezogen, wenn sie als Nebenprodukte anfallen oder als Recyclingprodukte nicht oder nicht mehr dem Abfallbegriff unterliegen.

### **Immissionsschutz**

Für die kurzzeitige Lagerung von Bauabfällen am Entstehungsort bis zum Abtransport, also auf dem Bau- und Abbruchgelände, ist keine Genehmigung nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) erforderlich. Wenn die jeweiligen Abfälle jedoch länger als ein Jahr gelagert werden, ist eine Genehmigung nach Nr. 8.14 der 4. Bundes-Immissionsschutzverordnung (4. BImSchV) notwendig.

Auch die Behandlung von Bauabfällen vor Ort, z.B. das Brechen von Bauschutt durch einen mobilen Bauschuttbrecher, bedarf keiner Genehmigung nach BImSchG, sofern die Anlage nicht länger als ein Jahr vor Ort betrieben wird<sup>3</sup>. Zu beachten ist hierbei, dass schon Nachbargrundstücke nicht mehr als Ort des Anfallens der Abfälle gelten.

Wird eine Aufbereitungsanlage nicht direkt am Ort des Anfallens der Abfälle oder dort länger als ein Jahr betrieben, so ist nach der 4. BImSchV in der Regel eine Genehmigung nach BImSchG erforderlich.

Die meisten Länder haben hierzu Arbeitshilfen zur Erstellung der Genehmigungsanträge erarbeitet, die bei den zuständigen Umweltministerien oder Zulassungsbehörden auf den Internetseiten aufgerufen werden können<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> vgl. Arbeitsentwurf des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit mit Stand vom 06.01.2011

<sup>2</sup> vgl. Begründung zum Arbeitsentwurf der Verordnung über den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken und zur Änderung der Bundes-Bodenschutz-Verordnung, S. 122

<sup>3</sup> vgl. Nr. 8.11 bzw. 8.12 des Anhangs zur Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV sowie § 1 Abs. 1, Satz 2 der 4. BImSchV

<sup>4</sup> In Hessen sind verfügbar: „Merkblatt zur Entsorgung von Bauabfällen“ (Regierungspräsidium Darmstadt, Gießen und Kassel, 2009) sowie Merkblatt „Umgang mit mineralischen Abfällen“ (Regierungspräsidium Darmstadt, 2007), abzurufen unter [www.hessen.de](http://www.hessen.de)



### 2.1.3 Abfallarten und Regelungen für die Entsorgung

#### Aufgabenstellung

Die Verantwortlichkeiten für eine nachhaltige Bauwirtschaft verteilen sich auf viele Schultern – Bauherren, Architekten und Fachplaner, Baustoffhersteller und Fachhandel, Recyclingbetriebe und bauausführende Unternehmen. Eine nachhaltige Bauwirtschaft kann nur dann gelingen, wenn sich alle Beteiligten der Aufgabenstellung bewusst sind. Eine besondere Verantwortung trägt dabei der Bauherr, insbesondere auch die öffentliche Hand als gewichtiger Auftraggeber für Gebäude und Infrastruktureinrichtungen. Gerade auch im Hinblick auf die Verwendung von Recycling- oder Sekundärbaustoffen sollte die öffentliche Hand als Bauherr einen Vorbildcharakter an den Tag legen.

Für die Verwertung von mineralischen Abfällen und anderer Sekundärrohstoffe im Straßen- und Erdbau gibt es bisher lediglich uneinheitliche Ländererlasse, die zu Vollzugsproblemen führen. Die Anforderungen an die Verwertung mineralischer Abfälle und anderer Sekundärrohstoffe sollen zukünftig bundeseinheitlich geregelt werden. Das Bundesumweltministerium hatte bereits im November 2007 einen ersten Arbeitsentwurf für eine "Verordnung über den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken und zur Änderung der Bundes-Bodenschutz-Verordnung" vorgelegt<sup>5</sup>. Inhalt dieses Entwurfs sind eine neue "Ersatzbaustoffverordnung" sowie geänderte Vorschriften der BBodSchV zum Auf- und Einbringen von Material unterhalb oder außerhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht. Dies betrifft insbesondere die Verwertung von aufbereitetem Bauschutt, Straßenaufbruch und Bodenmaterial.

Ziele und Zwecke der Ersatzbaustoffverordnung<sup>6</sup> sind

- Regelungen zur einheitlichen Verwertung von mineralischen Abfällen, insbesondere im Hinblick auf eine ordnungsgemäße und schadlose Verwertung, mit den Schutzziele Boden und Grundwasser
- Einheitliche Anforderungen an Abfälle, industrielle Nebenprodukte und Recycling-Produkte
- Verbesserung der Rechtslage, Vermeidung von ungleichen Wettbewerbsbedingungen.
- Förderung des Prinzips der Kreislaufwirtschaft, um die natürlichen Ressourcen zu schonen und eine ordnungsgemäße und schadlose Verwertung von bestimmten mineralischen Abfällen

Dabei richtet sich die Verordnung sowohl an die Erzeuger und Besitzer von mineralischen Ersatzbaustoffen, als auch an die Betreiber von Anlagen zur Aufbereitung oder die Träger von Baumaßnahmen.

In der Ersatzbaustoffverordnung (s. Abschnitt 2.1.8) werden grundsätzlich die Einsatzmöglichkeiten und Einbauweisen sowie spezifische Materialqualitäten von mineralischen Ersatzbaustoffen festgelegt, z.B. mineralische Abfälle aus Bautätigkeiten, industriellen Prozessen und Abfallbehandlungsanlagen, Recyclingmaterial wie aufbereiteter Bauschutt,

---

<sup>5</sup> Ein neuerer Arbeitsentwurf der Verordnung datiert vom 6. Januar 2011. Die fachliche Abstimmung der Ersatzbaustoffverordnung ist wegen der Vielzahl der betroffenen Wirtschaftszweige und der Komplexität der damit verbundenen ökologischen und ökonomischen Fragestellungen noch nicht abgeschlossen.

<sup>6</sup> Verordnung der Bundesregierung - Verordnung zur Festlegung von Anforderungen für das Einbringen und das Einleiten von Stoffen in das Grundwasser, an den Einbau von Ersatzbaustoffen und für die Verwendung von Boden und bodenähnlichem Material, Arbeitsentwurf, Stand 06.01.2011

Bodenmaterial aus Baumaßnahmen etc. Weiterhin sollen auch konkrete Vorgaben zur Güteüberwachung aufgestellt werden, um die Anforderungen an den Boden- und Grundwasserschutz bundeseinheitlich zu regeln.

Durch die Vereinheitlichung auf Bundesebene und die Festsetzung rechtsverbindlicher Anforderungen an den schadlosen Einbau soll die derzeitige Rechtsunsicherheit für alle Beteiligten beseitigt werden.

Der sachliche Geltungsbereich der Ersatzbaustoffverordnung erstreckt sich dabei auf den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen, die mit oder ohne Bindemittel in technischen Bauwerken eingebaut werden. Unter Einbau versteht der Entwurf der Verordnung dabei die Verwendung oder Verwertung von mineralischen Ersatzbaustoffen bei der Errichtung technischer Bauwerke. Der persönliche Geltungsbereich erstreckt sich über Erzeuger und Verwender, Betreiber von Anlagen zur Aufbereitung bis hin zu Trägern von Baumaßnahmen mit entsprechenden mineralischen Ersatzbaustoffen.

Bestimmte Geltungsbereiche sind von der Ersatzbaustoffverordnung jedoch ausgenommen (ErsatzbaustoffV, § 1 Abs.2), so zum Beispiel das Auf- und Einbringen von mineralischen Ersatzbaustoffen unterhalb und außerhalb einer durchwurzelt Bodenschicht. Näheres regelt hier die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) (Artikel 3 der Mantelverordnung).

### **Bauabfälle**

Grundsätzlich ist der Bauherr für die ordnungsgemäße Entsorgung von Bauabfällen verantwortlich. In der Regel unterliegen die bei einer Baumaßnahme anfallenden Bauabfälle dem Abfallrecht. Für die ordnungsgemäße Untersuchung, die den Abfall charakterisierende Einstufung, die Getrennthaltung von Bauabfällen, die Nachweisführung und die Entsorgung von Bauabfällen ist der Abfallerzeuger, d.h. zum Beispiel der Bauherr oder Sanierungspflichtige oder der Besitzer (z.B. die Bau- und Abbruchunternehmen) des Bauabfalls verantwortlich (s. Tab.2.1-2). Insofern ist für eine verantwortungsvolle Planung und Bauleitung, die Kenntnis der wichtigsten Regelwerke und der sich daraus ergebenden Pflichten der an einer Baumaßnahme Beteiligten geboten.

Stoffe, die anhand einer Rechtsvorschrift als Abfälle zu bezeichnen sind, erhalten eine Bezeichnung und einen sechsstelligen Schlüssel nach der Anlage der Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV). Die Einstufung des Abfalls ist insbesondere im Hinblick auf die weiteren Verwendungsmöglichkeiten und Sicherheits- und Transportvorschriften relevant.

**Tab. 2.1-2: Anforderungen an die Entsorgungs- und Nachweispflichten für Bauabfälle**

Gefährliche Abfälle	Nicht gefährliche Abfälle
Begleitschein (BS) Entsorgungsnachweis (EN) Übernahmeschein (ÜS) Register (bestehend aus EN, BS und ÜS)	keine Nachweise, aber Register (obligatorisch für Entsorger; für Erzeuger / Beförderer nur auf besondere behördliche Anordnung)

Das Abfallrecht unterscheidet zum einen „gefährliche Abfälle“ und „nicht gefährliche Abfälle“ und zum anderen „Abfälle zur Verwertung“ von „Abfällen zur Beseitigung“. Beide Unterscheidungen sind für das Abfallrecht von zentraler Bedeutung. Gefährliche Abfälle sind Abfälle mit gefährlichen Eigenschaften, die in der Richtlinie 91/689/EWG über gefährliche Abfälle und in der Abfallverzeichnis-Verordnung aufgeführt sind. Die Abfallschlüsselnummern von gefährlichen Abfällen werden mit einem Sternchen gekennzeichnet.

net. Nicht gefährliche Abfälle sind alle anderen Abfälle. Für gefährliche Abfälle gelten in Bezug auf den Arbeits- und Gesundheitsschutz sowie die Entsorgungs- und Nachweispflichten deutlich höhere Anforderungen.

Abfälle zur Verwertung sind Abfälle, die tatsächlich stofflich oder energetisch verwertet werden. Abfälle zur Beseitigung sind Abfälle, die keiner Verwertung zugeführt werden (können) und beseitigt werden. Abfälle zur Beseitigung sind zum Schutz der Allgemeinheit grundsätzlich dem öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger anzudienen. Im Folgenden sind die wesentlichen Bau- und Abbruchabfälle in Verbindung mit den dazugehörigen Abfallschlüsselnummern aufgeführt.

### **Straßenaufbruch**

Unter Straßenaufbruch werden mineralische Stoffe zusammengefasst, die hydraulisch, mit Bitumen (oder Teer) gebunden oder ungebunden im Straßenbau verwendet werden, z.B. Asphalt, Beton, Kies, Schotter, Pflaster- und Randsteine usw.

<b>Abfallbezeichnung / Beispiel</b>	<b>AVV-Abfallschlüssel</b>
Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01* fallen (nicht gefährliche Abfälle)	17 03 02

### **Bodenaushub**

Bodenaushub ist zumeist nichtkontaminiertes, natürlich gewachsenes oder bereits verwendetes Erd- oder Felsmaterial, auch mit geringfügigen Fremdbestandteilen aus Bauschutt und sonstigen mineralischen Abfällen. Je nach Herkunft und Vorgeschichte kann Bodenaushub jedoch auch mehr oder weniger stark mit Schadstoffen belastet sein. Je nach Art der Schadstoffbelastung sind dann entsprechend Untersuchungen durchzuführen, um den geeigneten Entsorgungsweg zu ermitteln. Bodenmaterial, das als „nicht gefährlich“ eingestuft ist (Abfallschlüssel 17 05 04 Boden und Steine), kann in der Regel problemlos verwertet werden und ist nicht überwachungsbedürftig. Die ordnungsgemäße und schadlose Verwertung in einer zugelassenen Anlage/Maßnahme ist vom Bauherrn zu veranlassen und dafür trägt dieser auch die Verantwortung. Diese Grundsätze gelten gleichermaßen für die übrigen nachfolgend aufgeführten Abfälle.

<b>Abfallbezeichnung / Beispiel</b>	<b>AVV-Abfallschlüssel</b>
Boden und Steine	17 05 04

### **Bauschutt**

Bauschutt sind mineralische Stoffe aus Bautätigkeiten, auch mit geringfügigen Fremdbestandteilen. Zum Bauschutt gehören Beton, Ziegel, Kalksandsteine, Mörtel, Leichtbaustoffe, Fliesen usw. Bei Verdacht auf Verunreinigungen ist der Bauschutt vor einer Entsorgung zu beproben und zu analysieren.

<b>Abfallbezeichnung / Beispiel</b>	<b>AVV-Abfallschlüssel</b>
Beton (z.B. Betonplatten, tragende Betonstützen und -wände)	17 01 01
Ziegel (z.B. Mauerwände aus Ziegel, Dachziegel)	17 01 02
Fliesen, Ziegel und Keramik	17 01 03
Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06* fallen (nicht gefährliche Abfälle)	17 01 07

### Baustellenabfälle während der Bauzeit (Neubau und Sanierung)

Baustellenabfälle sind nichtmineralische Stoffe aus Bautätigkeiten, auch mit geringfügigen Fremdanteilen. Baustellenabfälle sind Mischabfälle, bestehend aus Metallen, Holz, Farben, Lacken, Emballagen (Verpackungen), Klebstoffen, Isoliermaterial usw. Die Entsorgung von Baustellenabfällen ist gemäß VOB Teil C eine Nebenleistung des Auftragnehmers und fällt somit in seinen Verantwortungsbereich.

Abfallbezeichnung / Beispiel	AVV-Abfallschlüssel
Holz	17 02 01
Glas	17 02 02
Kunststoff	17 02 03
Gemischte Bau- und Abbruchabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 09 01*, 17 09 02* und 17 09 03* fallen (nicht gefährliche Abfälle)	17 09 04
Bauabfälle auf Gipsbasis mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 08 01* fallen (nicht gefährliche Abfälle)	17 08 02

### Besondere Abfälle aus dem Gebäuderückbau und der Sanierung

Weitere Abfälle, die beim Gebäuderückbau oder einer Sanierung anfallen können, sind insbesondere Dämmmaterialien wie künstliche Mineralfasern oder Holzabfälle (z.B. Dachbalken). Einer besonderen Beachtung bedürfen auch Bauteile oder Baustoffe die Asbest enthalten können.

Abfallbezeichnung / Beispiel	AVV-Abfallschlüssel
Dämmmaterial, das aus gefährlichen Stoffen besteht oder solche Stoffe enthält (z.B. Dämmplatten und Isolationen)	17 06 03*
Holz, Belastungsgruppen AII und AIII (z.B. Holzbauteile aus dem Innenausbau, Bauspanplatten)	17 02 01
Holz, Glas und Kunststoff, die gefährliche Stoffe enthalten oder durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind, Belastungsgruppe A IV (z.B. potenziell holzschutzmittelbehandelte Hölzer aus Dach- und Tragwerkkonstruktionen)	17 02 04*
Gemischte Bau- und Abbruchabfälle (z.B. im Rahmen der Entkernung sowie des Abbruchs anfallende Materialien, die sich als Materialgemisch nicht mehr einzelnen Abfallschlüsseln zuordnen lassen: Dämmstoffgemische, Folien etc.)	17 09 04
Asbesthaltige Baustoffe (z.B. Asbestzement)	17 06 05*
Dämmmaterial, das Asbest enthält (z.B. Spritzasbest, Flanschdichtungen)	17 06 01*
Gebrauchte Geräte, die freies Asbest enthalten (z.B. asbesthaltige Brandschutzklappen/-türen)	16 02 12*

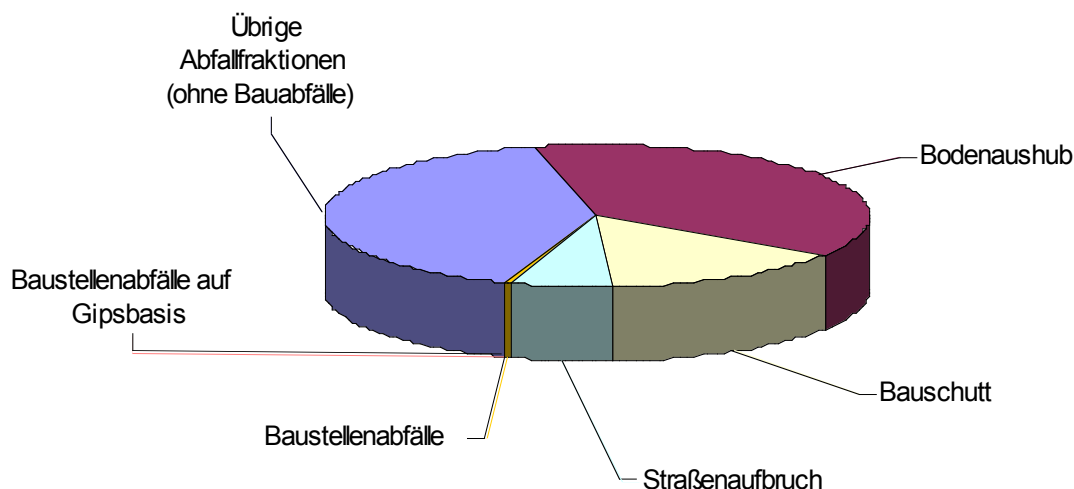
### Bauabfälle auf Gipsbasis

Bauabfälle aus Gipsbasis sind zum Beispiel Ytong, Gipskartonplatten, Gipsfaserplatten oder Gipsputz. Diese Bauabfälle können auf Grund ihrer Stoffeigenschaft nicht mit sonstigem Bauschutt entsorgt werden<sup>7</sup>.

Abfallbezeichnung / Beispiel	AVV-Abfallschlüssel
Baustoffe auf Gipsbasis mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 08 01* fallen (nicht gefährliche Abfälle)	17 08 02

#### 2.1.4 Baurestmassen und Abfallströme in der Bauwirtschaft

In der Bundesrepublik Deutschland fielen im Jahr 2004 insgesamt 200,7 Mio. t mineralische Bau- und Abbruchabfälle, darunter ca. 128 Mio. t Bodenaushub und 72,5 Mio. t Bauschutt, Straßenaufbruch, Baustellenabfälle und Bauabfälle auf Gipsbasis an (arge-kwtb 2004; vgl. Abb. 2.1-3 und 2.1-4). Das Gesamtaufkommen an Abfällen betrug im Jahr 2004 ca. 339 Mio. t (Stat. Bundesamt). Bau- und Abbruchabfälle haben demnach einen Anteil von ca. 60 % am Gesamtabfallaufkommen in Deutschland. Dieser Anteil trifft auch auf das Abfallaufkommen 2007/2008 unverändert zu (Gesamtabfallaufkommen 2007/2008: ca. 350 Mio. t, davon 140 Mio. t Boden und Steine sowie ca. 73 Mio. t Bauabfälle (BMU, 2008).



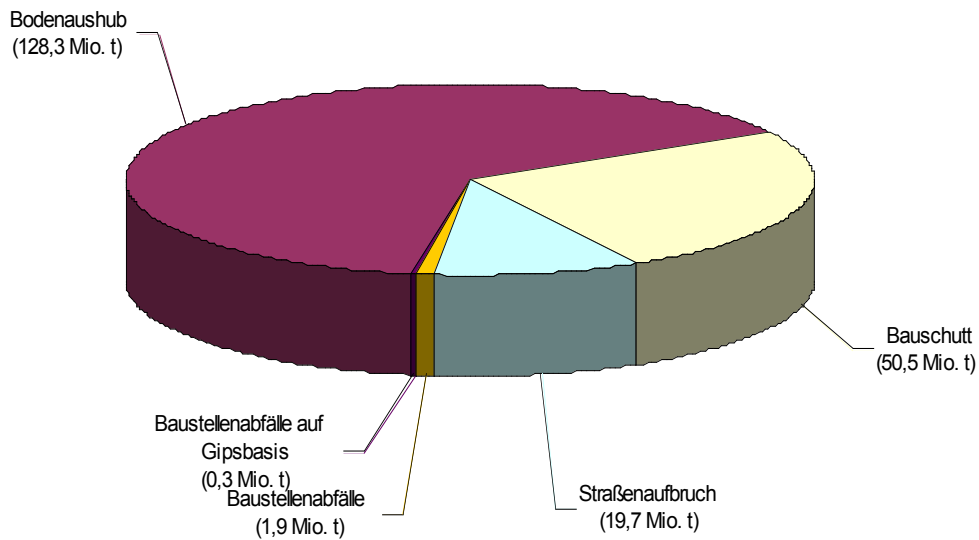
Quelle: arge-kwtb 2004

**Abb. 2.1-3: Abfallaufkommen insgesamt 2004**

Unmittelbar verknüpft ist das Aufkommen von Bauabfällen mit dem Umfang an baulichen Tätigkeiten, welche wiederum sehr stark konjunkturellen Einflüssen unterliegen. Allerdings ist auch zu erkennen, dass das Abfallaufkommen in den vergangenen Jahren trotz teilweise stark rückläufigen Bauinvestitionen annähernd konstant ist (arge-kwtb 2004). Die Arbeitsgemeinschaft Kreislaufwirtschaftsträger Bau zieht in ihrem 5. Monitoringbe-

<sup>7</sup> „Die herausragende Eigenschaft des Gipses bei der Deponierung stellt das sogenannte Gipstreiben dar. Hierunter wird der Effekt verstanden, dass es bei einem Gipsüberangebot und hoher Kalkkonzentration in einem Materialgemisch (etwa Bauschutt) zur Ausbildung von säulenartigen Keimen kommt (sogenannte to-pochemische Ettringit-Bildung). Diese Keime führen zu hohen Druckbelastungen innerhalb des Materials und damit zu einer Festigkeitsverminderung. Durch die Treiberscheinung verschlechtert sich die Festigkeit von mineralischen Materialien derart, dass sie für eine direkte Wiederaufbereitung in Bauschuttrecycling-Anlagen ungeeignet werden und entsorgt werden müssen. Hinzu kommen eine Aufhebung der Wasserundurchlässigkeit sowie, bei Verwendung von mit Gips verunreinigtem mineralischem Material als Kiesersatz bei der Betonherstellung, Änderungen im Verformungsverhalten von Beton“ (Arendt 2000, vgl. auch Matyschik 2010).

richt hieraus den Schluss, dass sich der Markt für mineralische Bauabfälle in gewissen Grenzen zu einem selbstständigen Wirtschaftssegment entwickelt hat.



Quelle: arge-kwtb 2004

**Abb. 2.1-4: Statistisch erfasste Mengen mineralischer Bauabfälle 2004**

Regional bestimmen darüber hinaus auch große Einzelbaumaßnahmen das Aufkommen. In Hessen ist zum Beispiel der Ausbau des Frankfurter Flughafens zu nennen.

Untersuchungen zur Bestimmung des Abfallaufkommens bei Neubau- oder Sanierungsmaßnahmen weisen eine große Streubreite auf, da das Aufkommen unter anderem abhängig vom Gebäudetyp, den Gebäudeparametern (Geschossfläche und Geschosshöhe), der Bauweise (Massiv-, Skelett- oder Fertigbauweise) und der früheren und zukünftigen Nutzung bestimmt wird.

Das Potenzial zur Abfallvermeidung bei einer konkreten Maßnahme kann für eine erste Näherung anhand von Gebäudesteckbriefen ermittelt werden. Tab. 2.1-3 zeigt den abfallwirtschaftlichen Gebäudesteckbrief für die Errichtung eines Standard-Wohnhauses.

**Tab. 2.1-3: Abfallwirtschaftlicher Gebäudesteckbrief für die Bauwerkerrichtung - Beispiel eines Wohnhauses mit üblichem Standard**

Gebäudeparameter		Gesamtbeurteilung		
BRI: 2.100 m <sup>3</sup> BGF: 600 m <sup>2</sup>		Hohes stoffliches Verwertungspotenzial, mittleres Brandlastenpotenzial in der Ausbauphase, bevorzugte Entsorgungslogistik: zentral im Bringsystem für sonstige Baustellenabfälle, dezentral über Betriebshof für Verpackungsabfälle		
Abfallpotenzialermittlung				
Bauelement	Konstruktion	Leistung	Spezifischer Abfall	Potenzial
Außen-/Innenwand unter Terrain	Ortbeton	100 m <sup>3</sup>	13 kg/m <sup>3</sup>	1,3 t
	Wandschalung	600 m <sup>3</sup>	5,29 kg/m <sup>3</sup>	3,17 t
Innenwand	KS-Mauerwerk verputzt	30 m <sup>3</sup>	85,70 kg/m <sup>3</sup>	2,6 t
Außenwand	Backstein verputzt	370 m <sup>2</sup>	19,30 kg/m <sup>2</sup>	7,1 t
Haustechnik	Heizung, Sanitär, Elektro	1.800 m <sup>3</sup>	0,90 kg/m <sup>3</sup>	1,62 t
Bodenbelag	Zementestrich	500 m <sup>2</sup>	1,60kg/m <sup>2</sup>	0,8 t
Bodenbekleidung	Teppich	340 m <sup>2</sup>	0,60 kg/m <sup>2</sup>	0,2 t
Wand-/ Deckenbekleidung	Tapete, Anstrich	1.500 m <sup>2</sup>	0,08 kg/m <sup>2</sup>	0,12 t
Wandbekleidung	Keramische Fliesen	200 m <sup>2</sup>	0,81 kg/m <sup>2</sup>	0,2 t
Dachabdeckung	Bitumendachbahnen	200 m <sup>2</sup>	0,90 kg/m <sup>2</sup>	0,2 t
Baustelleneinrichtung	Baubegleitende Baukonstruktionen	600 m <sup>2</sup>	3,50 kg/m <sup>2</sup>	2,1 t
Abfallkategorien				
Stofflich verwertbar		83,4 Gew.-%		76,5 Vol.-%
Energetisch verwertbar		12,4 Gew.-%		16,6 Vol.-%
Ablagerung ohne Behandlung		0,5 Gew.-%		0,1 Vol.-%
Ablagerung mit Behandlung		3,7 Gew.-%		6,8 Vol.-%

Quelle: Lipsmeier, Bilitewski, 2000

Die wichtigsten Einflussfaktoren auf das Potenzial und die Zusammensetzung der Abfälle sind dabei die bei der Errichtung des Bauwerks eingesetzten Konstruktionen einschließlich deren Verpackungen, bauwerksspezifische Einrichtungen, das Bauvolumen, die Bauphase sowie die Bauweise. Für die abfallwirtschaftliche Planung ist entsprechend eine ausreichende Datenbasis des jeweiligen Objektes erforderlich, um das mit dem Vorhaben verbundene Abfallaufkommen abschätzen zu können.

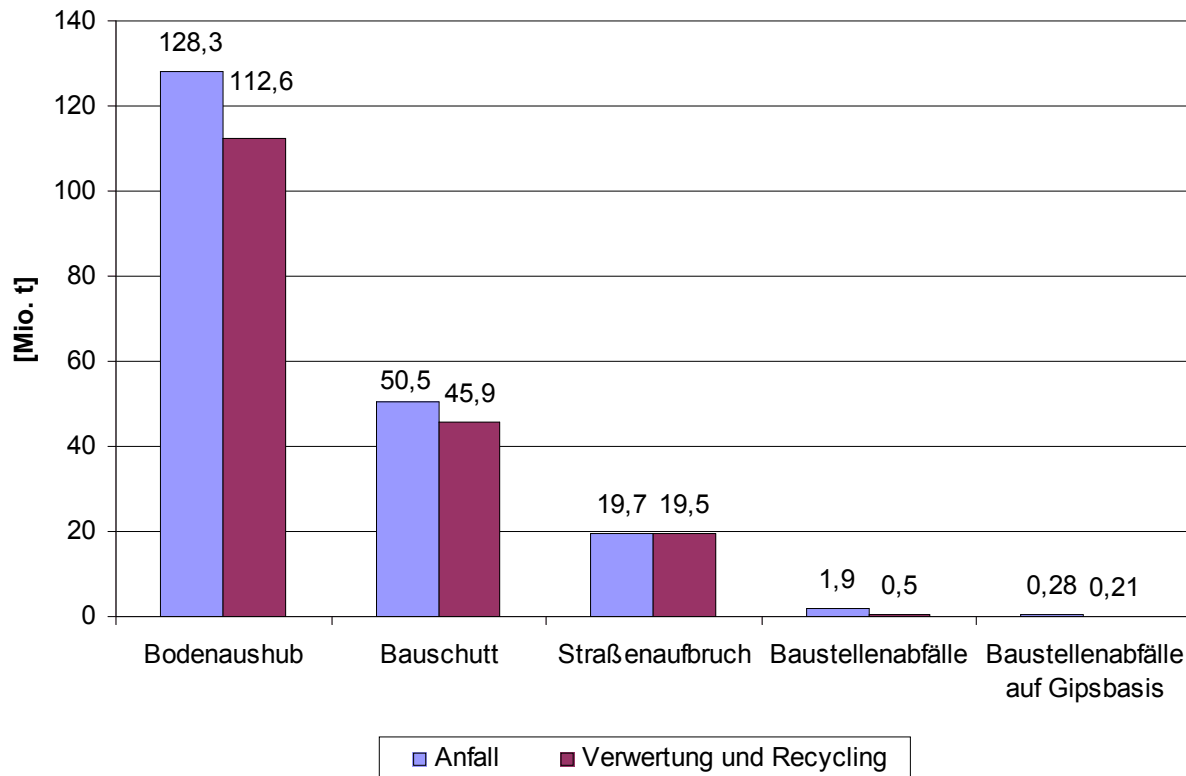
**Tab. 2.1-4: Unterschiede in der Abfallzusammensetzung bei Neubau und Sanierung**

Abfallarten	Neubau	Sanierung
Baustellenabfälle	64 %	45 %
Mineralische Abfälle	9 %	46 %
Holz gemischt	24 %	8 %

Quelle: Pladerer et al., 2004

Je nach Art und Umfang der Bautätigkeiten unterscheiden sich Abfallaufkommen und Abfallzusammensetzung. Besonders deutlich zeigt sich dies bei einem Vergleich von Neubau und Sanierung (s. Tab. 2.1-4). Bei Neubaumaßnahmen fallen pro Kubikmeter umbautem

Raum ca. 21 kg Abfall an (etwa 25 % in der Rohbauphase, 75 % in der Ausbauphase). Bei getrennter Erfassung beträgt der Gesamtanteil an verwertbaren Abfällen (Bauschutt, Altholz, Schrott und Verpackungen) ca. 70%, der Rest von ungefähr 30% muss ordnungsgemäß beseitigt werden (s. Land Steiermark 2009). In Abhängigkeit des Baujahrs verändert sich die Abfallzusammensetzung stark. So steigt beispielsweise der Betonanteil am Bauschuttaufkommen von Gebäuden, die nach 1950 errichtet wurden, während der Ziegelanteil deutlich zurück geht (s. Tab. 2.1-8).



Quelle: arge-kwtb 2004

**Abb. 2.1-5: Anfall sowie Verwertung und Recycling von Bauabfällen 2004**

Bei Abbruchmaßnahmen fallen pro Kubikmeter umbautem Raum ungefähr 455 kg Abfall an. Bei diesen Bautätigkeiten können sogar bis zu 85% der Abfallmengen sinnvoll verwertet oder wieder verwendet werden. Ein hoher Erfassungsgrad/Trenngrad in möglichst sortenreine und unverschmutzte Abfallfraktionen hat erhebliche Auswirkungen auf die anfallenden Entsorgungskosten; bis zu 75% Kostenersparnis sind möglich. Von den im Jahr 2004 angefallenen 128,3 Mio. t Bodenaushub konnten 112,6 Mio. t (87,8 %), von den 50,5 Mio. t Bauschutt 45,5 Mio. t (90,1 %) verwertet oder recycelt werden. Das Aufkommen von Straßenaufbruch betrug 2004 19,7 Mio. t, davon wurden 19,5 Mio. t (99,0 %) verwertet oder recycelt. Von den 1,9 Mio. t Baustellenabfällen wurden 0,5 Mio. t (26,3 %) verwertet oder recycelt, bei den 0,28 Mio. t Baustellenabfällen auf Gipsbasis wurden 0,21 Mio. t (75,0 %) verwertet oder recycelt (s. Abb. 2.1-5).



## 2.1.5 Verwertungsstrategien für Baurestmassen

### Grundsätze

Die anfallenden Baurestmassen sind vorzugsweise einer ordnungsgemäßen Verwertung zuzuführen, soweit dies technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist. Um die Kosten möglichst gering zu halten, ist dabei in erster Linie auf eine Trennung bzw. Getrennthaltung der belasteten und unbelasteten Materialien im Rahmen der Bauausführung bzw. des Abbruchs zu achten. Speziell für die Verwertung von anfallendem Bodenaushub bieten sich insbesondere auch Verfüllmaßnahmen oder Oberflächenprofilierungen direkt auf dem Baugrundstück an.

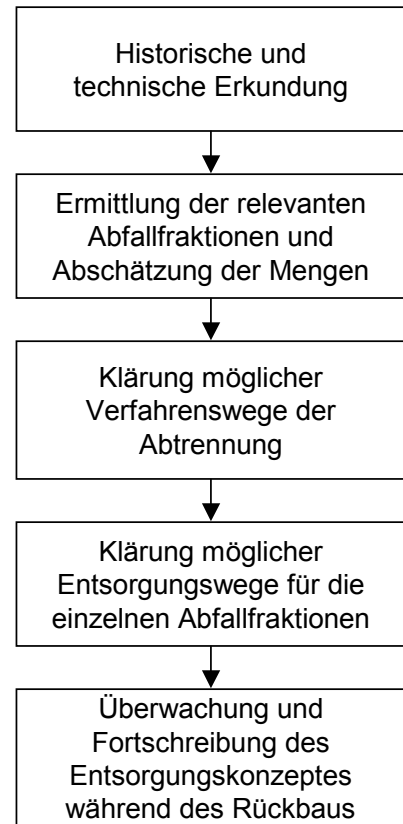
Die anschließende Aufbereitung der anfallenden Materialien setzt sich dabei insbesondere aus den Verfahrensschritten Sortierung, Aufbereitung und ggf. Behandlung zusammen (s. auch Abschnitt 2.1.6).

Baurestmassen, für die eine Verwertung technisch nicht möglich und wirtschaftlich nicht zumutbar ist, werden in der Regel einer thermischen Verwertung zugeführt oder auf einer Deponie beseitigt (Graubner/Hüske 2003).

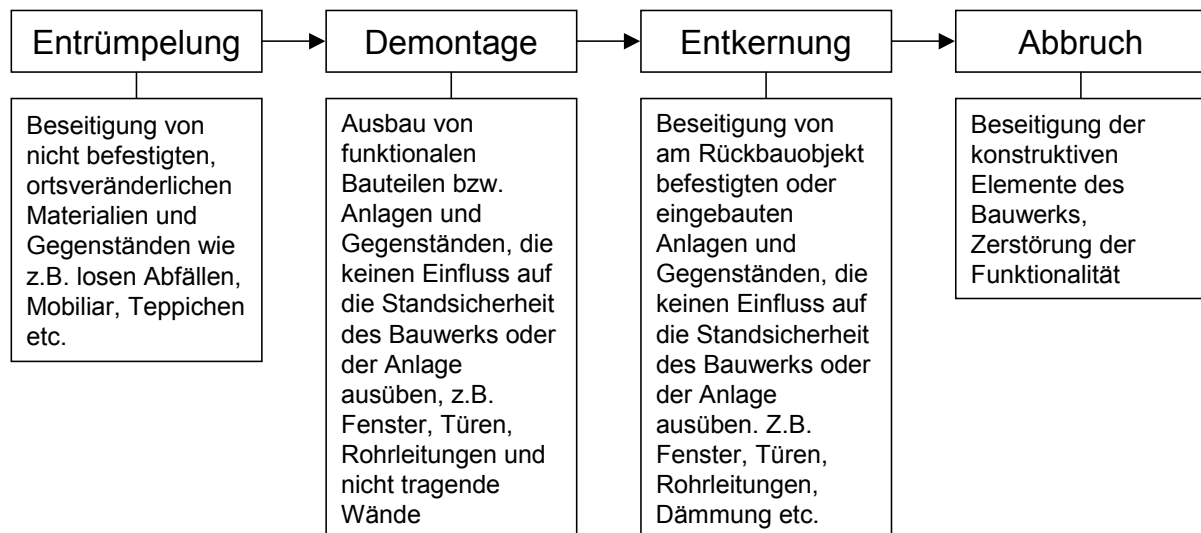
### Rückbau- und Abfallkonzept für den Gebäudeabbruch und die Sanierung

Da es sich bei Gebäuden in aller Regel um Unikate handelt, lassen sich die bei einem Abbruch bzw. einem Umbau anfallenden Baumaterialien bzw. Bauabfälle und auch Schadstoffe nur durch eine eingehende Untersuchung des konkreten Gebäudes in Verbindung mit einer Bewertung der Bausubstanz identifizieren. Dabei sollte die Untersuchung und gegebenenfalls Beprobung der Baumaterialien auf Schadstoffe möglichst noch am bestehenden Gebäude im Rahmen einer Begehung vorgenommen werden, um im Vorfeld das optimale Rückbau- und Entsorgungskonzept festlegen und die anfallenden Abfälle einer möglichst hochwertigen Verwertung zuführen zu können (s. Abb.2.1-7; vgl. RP DA/GI/KS 2009).

Die Einschaltung eines Sachverständigen im Rahmen der Gebäudeuntersuchung ist zu empfehlen, insbesondere wenn Zweifel an der Zusammensetzung und/oder der Herkunft der Baumaterialien bestehen. Oftmals lassen sich bereits durch die vorherige Nutzung (z.B. Produktionsgebäude, Tankstellen etc.) Rückschlüsse auf die Kontamination ganzer Gebäude und Gebäudeteile oder auch der Grundstücksflächen ziehen (Pladerer et al. 2004).



**Abb. 2.1-6: Schema für die Erstellung eines Rückbau- und Entsorgungskonzeptes**



Quelle: BMVBS/BMV 2008

**Abb. 2.1-7: Ablauf von Rückbaumaßnahmen mit der selektiven Abbruchmethode**

- Art und Menge der zu erwartenden Bauabfälle
- Abfallkataster mit allen zu entsorgenden Abfällen (Vorkommen, Mengen, Abfallschlüsselnummern)
- Darstellung möglicher Gefährdungen (Schadstoffen)
- Darstellung von Verfahrenswegen der Trennung
- Darstellung von möglichen Entsorgungswegen (BMVBS/BMV 2008).

Sofern während des Rückbaus / Abbruchs die Materialien nach den Vorgaben eines als Ergebnis der Gebäudeuntersuchung aufgestellten Entsorgungskonzeptes separiert werden, kann in der Regel auf eine weitere Untersuchung der Materialien nach dem Rückbau oder Abbruch verzichtet werden. Zu beachten ist, dass Abfälle mit gefährlichen Inhaltsstoffen, wie z.B. Asbest oder Teer, nicht mit Abfällen vermischt werden dürfen, die keine gefährlichen Inhaltsstoffe besitzen. Aber auch aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist eine möglichst sortenreine Trennung zu empfehlen, da für die Entsorgung von mit Schadstoffen belasteten Abfällen in der Regel hohe Kosten anfallen, während für einige schadstofffreie Abfälle sogar Erlöse erzielt werden können.

Der eigentliche Rückbau / Abbruch kann zum einen mittels konventionellem Abbruchverfahren und Großgeräten ohne differenzierte Demontage bzw. Separierung von Baurestmassen erfolgen. Zum anderen kann der Rückbau mit der selektiven Abbruchmethode und einer weitgehenden Sortierung / Separierung von Baurestmassen vor Ort erfolgen (vgl. Graubner/Hüske 2003). Für die Wahl einer Abbruchvariante ist insbesondere ausschlaggebend:

- die Entsorgungsmöglichkeiten anfallender Baurestmassen (Annahmebedingungen und Entsorgungskosten von Recycling- oder Entsorgungsanlagen)
- Bauweise und Konstruktion des Gebäudes, insbesondere die eingesetzten Verbindungstechniken für die Baumaterialien (Verklebung, Verschraubung etc.)
- Mögliche örtliche Einschränkungen hinsichtlich Platzverhältnissen, Lärm, Staub und Erschütterungen

Der durch die Trennung der Bauabfälle entstehende Mehraufwand wird in der Regel durch die geringeren Entsorgungskosten der Abfälle kompensiert. Ein arbeitsaufwendiger selektiver Rückbau ist im Vergleich zum konventionellen Abbruch durch die Reduzierung der Entsorgungskosten in einigen Fällen teilweise sogar deutlich kostengünstiger (s. Appenzell 2010). Der grundsätzliche Ablauf des Rückbau- bzw. Abbruchvorgangs sowie die Aufgabenverteilung sind in Abb. 2.1-8 dargestellt.

### **Wiederverwendung und Weiterverwendung von Bauteilen**

Im Zusammenhang mit dem Rückbau bzw. Abriss von baulichen Anlagen kommt auch eine Wiederverwendung oder Weiterverwendung von Bauteilen in Betracht. Die Wieder- oder Weiterverwendung von Bauteilen ist im Sinne des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG) anzustreben.

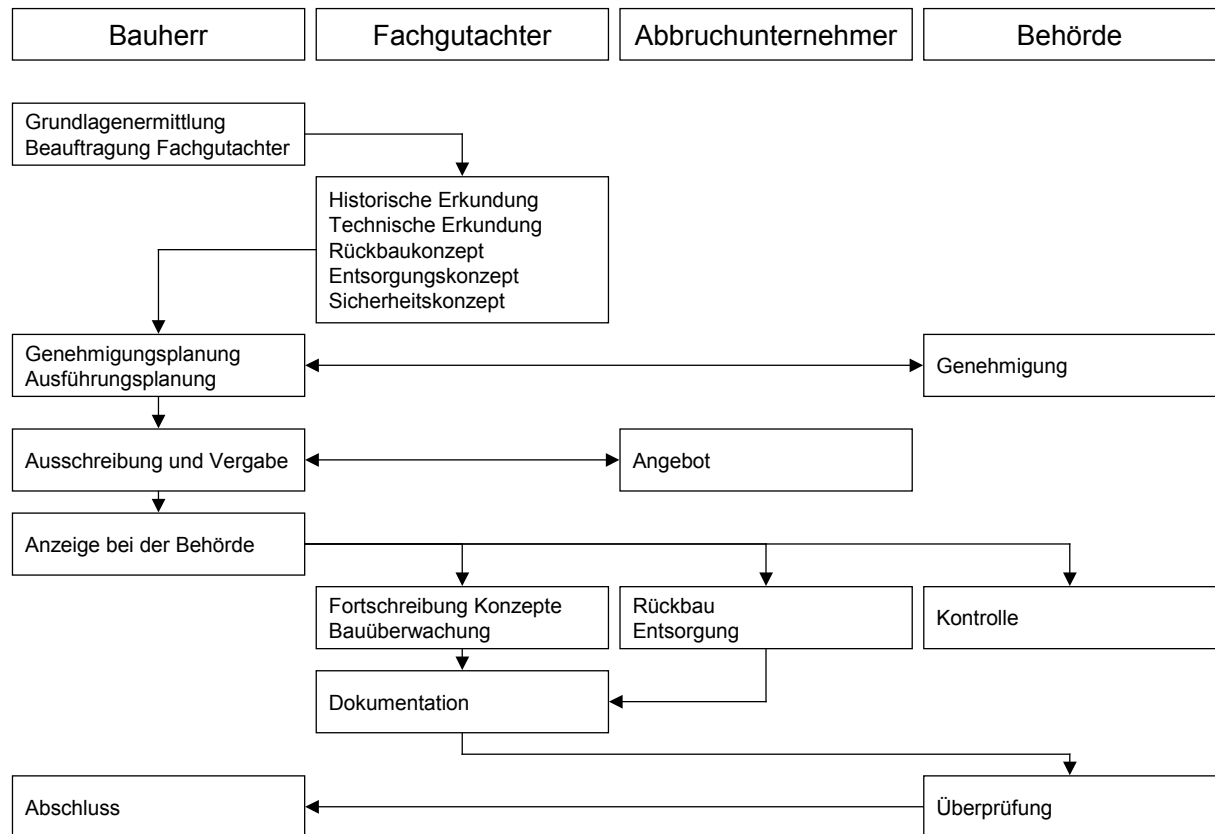
Unter Wiederverwendung von Bauteilen wird der Einsatz von Bauteilen entsprechend dem ursprünglichen Verwendungszweck verstanden. Dabei kann der Einsatz bei unveränderten Anforderungen im Vergleich zur Primärnutzung in einer neuen oder in derselben Konstruktion und an gleicher oder anderer Einbaustelle erfolgen.

Demgegenüber wird unter Weiterverwendung der Einsatz von Bauteilen für einen anderen als den primären Verwendungszweck verstanden.

Die Wiederverwendung bietet sich insbesondere bei Bauwerken mit Fertigteilelementen oder bei Altbauten an, die oft hochwertige oder für bestimmte Stilrichtungen prägende Einbauten / Bauteile enthalten. So werden im Osten Deutschlands als Wohnraum nicht mehr benötigte Plattenbauten zur Leerstandsreduzierung zunehmend krangeführt zurückgebaut, um die Elementbauteile für andere Zwecke weiter verwenden zu können (vgl. Mettke 2007). Auf diese Weise kann eine städtebauliche Aufwertung durch Anpassung an den geänderten Bedarf ressourcenschonend erfolgen.

Für die Wiederverwendung können insbesondere geeignet sein:

- Pflastersteine, Dachziegel, Fassadenteile
- Stahlkonstruktionen (Hallen), Holzbalkenkonstruktionen
- Fenster, Türen, Sanitärobjekte, Lichtenanlagen
- technische Gebäudeausrüstung (Heizungs- und Klimatechnik)



Quelle: Bayr. LfU 2009

**Abb. 2.1-8: Ablaufschema und Aufgabenverteilung beim Rückbau/Abbruch**

Allerdings sind der Wiederverwendung von Bauteilen auf Grund von Abmessungen, Erhaltungszustand und einzuhaltenden Anforderungen oft enge Grenzen gesetzt (s. BMVBS/BMV 2003). Kommt eine Wiederverwendung von Bauteilen nicht in Frage, muss geprüft werden, ob ggf. eine Weiterverwendung der Bauteile möglich ist.

Für die Weiterverwendung von Bauteilen bieten sich in der Regel größere Verwendungsmöglichkeiten als für die Wiederverwendung an, da der Einsatz nicht zwangsläufig mit den ursprünglichen Anforderungen an das Bauteil übereinstimmen muss. So können beispielsweise Betonfertigteile aus dem Plattenbau in Lärmschutzwänden weiterverwendet werden.

Vor der Durchführung einer Rückbaumaßnahme ist das Wieder- und Weiterverwendungspotenzial im Objekt zu ermitteln. Entsprechend ist dieses im Rahmen der „Bestandsaufnahme und Erstbewertung“ sowie der „Technischen Untersuchung“ zu erfassen. Voraussetzungen für eine Wiederverwendung sind

- die technische Eignung und Funktionsfähigkeit,
- die Erfüllung entsprechender Zulassungserfordernisse und
- die entsprechende Nachfrage.

Für die beiden erstgenannten Punkte müssen seitens des Bauherren, seines Fachplaners oder zuletzt des gewerblichen Unternehmers ausreichende Kenntnisse vorliegen, um eine entsprechende Prüfung durchführen zu können.

Wesentlich schwieriger gestaltet sich die Ermittlung eines entsprechenden Nachfragepotenzials. Hierbei sind mehrere Optionen in Betracht zu ziehen:



Foto: Umweltplanung Bullermann Schneble GmbH, 2010

**Abb. 2.1-9: Bauschuttbrecheranlage**

- Wiederverwendung im Rahmen der Nachnutzung oder Integration in ein Neubauobjekt am gleichen Standort.
- Wiederverwendung in anderen Objekten des Bauherren (z.B. interne Bauteilbörse)
- Direktvermarktung durch elektronische Auktion, Inserate in Druckmedien etc. (z.B. komplette Leichtbauhallen zum Abbau)
- Externe Bauteilbörsen (z.B. Bauteilnetz Deutschland, [www.bauteilnetz.de](http://www.bauteilnetz.de))

Alle Möglichkeiten haben Vor- und Nachteile, die objektspezifisch unterschiedlich zu bewerten sind. Im Hinblick auf die Vermeidung von Abfällen ist die Wiederverwendung von Bauteilen ein erforderlicher Bestandteil der Rückbauplanung. Auch bauhistorische Gründe können für den Erhalt von Bauteilen sprechen.

Die Demontage von Bauteilen und/oder Einbauten zur Wiederverwendung muss logistisch in den Rückbau integriert werden. Entsprechend sind im Rahmen der Rückbauplanung die erforderlichen Arbeitsverfahren in den Gesamtprozess einzuplanen. Zu berücksichtigen ist auch, dass der Rückbau in der Planung aufwendiger und insgesamt teurer ist als der herkömmliche Abbruch.

Die bereits in der Entstehungsphase eines Produktes miteingeplante Wieder- oder Weiterverwendung von Bauteilen ist Ziel mehrerer aktueller Forschungs- und Entwicklungsvorhaben. Die Organisation der effektiven Vermeidung von Abfällen in der Industrie zum Beispiel ist Gegenstand des EU-geförderten Projekts ZeroWIN ([www.zerowin.org](http://www.zerowin.org)). Durch den Einsatz neuer und innovativer Strategien sollen dabei mindestens 30% der Treibhausgasemissionen vermieden werden, mindestens 70% der anfallenden Massen wieder verwendet oder recycelt werden und der Einsatz von Frischwasser um mindestens 75%



Foto: Umweltplanung Bullermann Schneble GmbH, 2010

### **Abb. 2.1-10: Siebanlage einer Bauschuttzubereitungsanlage**

reduziert werden. Erreicht werden sollen die Ziele insbesondere, indem Abfälle oder Nebenprodukte einer Branche als Rohstoff für eine andere Branche dienen. In mehreren Fallstudien wird derzeit die Wiederverwendung von Bauteilen bei der Neuerrichtung von Häusern in Portugal und England untersucht. Auch die Sanierung des Deutschen Bank Hochhauses in Frankfurt a. M. wird im Rahmen von ZeroWIN auf innovative Strategien hin ausgewertet (vgl. Abschnitt 3.4.6).

### **2.1.6 Aufbereitung und Behandlung/Recycling von Baurestmassen**

Findet bereits auf der Baustelle eine Trennung von „sauberem“ Bauschutt und anderen Abfällen wie Folien, Papier/Pappe, Holz, Gipskartonplatten etc. statt, so ist es in den meisten Fällen möglich, den sortenrein getrennten Bauschutt direkt zu verwerten.

Gemischt gesammelte Abfälle müssen durch aufwendige Sortierung / Separierung aufbereitet werden, sollen Teilfraktionen einer Verwertung zugeführt werden. In der Regel kann nur aus maschinell nachsortierten Baustellenabfällen mittels Trommelsieb, Windsichter etc. eine für eine Verwertung geeignete Bauschuttfraktion gewonnen werden (vgl. Pladerer et al. 2004). Aber auch vor der Ablagerung der Baurestmassen auf einer entsprechenden Deponie müssen die gemischt gesammelten Abfälle durch eine Sortieranlage nachsortiert werden. Soll aus dem Bauschutt ein hochwertiger Sekundärrohstoff gewonnen werden, müssen Störstoffe, wie beispielsweise organische Leichtstofffraktionen oder quellende Bestandteile sowie Schadstoffe (PAK, Schwermetalle) entfernt werden.

Die Möglichkeiten der Aufbereitung sind jeweils abhängig von den Bedingungen der anfallenden Mengen, der verfügbaren Aufbereitungstechnik und der Nachfrage. Sie werden nachfolgend für einige wichtige Fraktionen vorgestellt.

#### *Bauschutt*

Bei der Aufbereitung des Bauschutts nach dem Stand der Technik erfolgt zunächst das Brechen mittels Prall-, Backen- oder Schlagwalzenbrechern (s. Abb. 2.1.9). Danach werden Eisenteile mit Hilfe eines Magneten entfernt und das gebrochene Material bedarfsweise gesiebt (s. Abb. 2.1.10). Nach der Siebung/Klassierung wird häufig zusätzlich eine Windsichtung durchgeführt, um Leichtfraktionsteile auszublansen. Dadurch können sehr reine mineralische Recycling-Baustoffe hergestellt werden, die von Holz- und Kunststoffpartikeln weitgehend frei sind (s. Denner et al 2005).

#### *Altholz*

Altholz fällt in der Regel in beträchtlichen Mengen an und kann mit den unterschiedlichsten Komponenten verunreinigt sein. Am häufigsten treten auf:

- Fremdbestandteile aus dem ursprünglichen Einsatzgebiet
- Beschichtungen
- Holzschutzmittel.

Bei im Außenbereich eingesetzten Hölzern muss in der Regel davon ausgegangen werden, dass diese mit Holzschutzmitteln belastet sind. Bei im Innenbereich verwendeten Hölzern ist eine Belastung mit Holzschutzmitteln zwar weniger wahrscheinlich, aber nicht völlig ausgeschlossen. Durch eine Begutachtung kann eine Vorauswahl hinsichtlich der möglichen Entsorgungswege bzw. der Notwendigkeit der Beseitigung getroffen werden. Nach der Altholzverordnung werden Althölzer gemäß ihrer Belastung in folgende vier Kategorien eingestuft:

- Bei **A I Altholz** handelt es sich um naturbelassenes oder lediglich mechanisch bearbeitetes Altholz
- Bei **A II Altholz** handelt es sich um verleimtes, gestrichenes, lackiertes oder anderweitig behandeltes Altholz (ohne Holzschutzmittel), wie z.B. Gebrauchtmöbel aus furnierten Spanplatten, Bauspanplatten, Baustellensortimente ohne schädliche Verunreinigungen, Bau- und Abbruchholz ohne schädliche Verunreinigungen (ohne pilzwidrige Imprägnierung/ohne Holzschutzmittel).
- Unter **A III Altholz** fallen Hölzer und Holzwerkstoffe mit PVC und halogenorganischen Lacken und sonstigen Beschichtungen (ohne Holzschutzmittel), wie z.B. Möbel, Küchen und sonstige Inneneinrichtungen, Baustellensortimente und Bau- und Abbruchholz. Altholz aus Sperrmüll fällt als Mischsortiment in der Regel in die Kategorie III.
- **A IV Altholz** ist mit Holzschutzmitteln behandeltes Altholz wie Leitungsmasten, Reb- und Hopfenpfähle, Gartenzäune und insbesondere sonstiges Altholz aus Außenbereichen (z.B. auch Sortimente aus dem Garten und Landschaftsbau, imprägnierte Gartenmöbel, Altholz aus dem Wasserbau und Baubereich, Außentüren, imprägniertes Holzfachwerk und Dachsparren, Brandholz aus Schadensfällen; ausgenommen PCB-Altholz

Zur Verwertung von Altholz bestehen folgende Verwertungswege (BAV 2009):

Stoffliche Verwertung	Einsatz von Altholz (vorrangig unbehandelte, lediglich mechanisch bearbeitete Altholzsortimente) in der Holzwerkstoffindustrie, insbesondere bei der Spanplattenherstellung
Energetische Verwertung	Einsatz von aufbereiteten Altholzmischsortimenten (Entnahme etwaiger Störstoffe, Zerkleinerung zu Holz hackschnitzeln, Metallabscheidung) z.B. in Biomasseheizkraftwerken; Erzeugung von Strom und Wärme unter Substitution von Primärenergieträgern wie Kohle, Öl, Erdgas; CO <sub>2</sub> -neutraler Brennstoff
Wiederverwendung	Wiederverwendung von Holzpackmitteln, Reparatur von Paletten und Kabeltrommeln
Sonstige Verwertungswege	Biologische/stoffliche Verfahren wie Einsatz von Gebrauchtholz bei der Herstellung von Kompost, als Zuschlagsstoff für Baumaterialien (Holzbeton) oder zur synthetischen Produktion von Kraftstoffen; derzeit nur geringe wirtschaftliche Bedeutung

Eine Beseitigung ist praktisch nur beim PCB-Altholz von Bedeutung.

#### *Kunststoff-Abfälle*

Auch bei Kunststoff-Abfällen ist auf Grund der chemischen und physikalischen Eigenschaften die Verwertbarkeit gegeben. Grundsätzlich kann zwischen rohstofflichem und werkstofflichem Recycling unterschieden werden:

- Rohstoffliches Recycling bedeutet Rückführung in den Ausgangsrohstoff, bei Kunststoffen z.B. in Öl oder Paraffin.
- Werkstoffliches Recycling bedeutet Rückführung in das ursprüngliche Produkt durch Aufbereitung (aus Kunststoffprofilen werden wieder Kunststoffprofile oder andere Plastikprodukte).

#### *Mineralfaserabfälle*

Im Rahmen der Herstellung von Mineralfasern wird bereits mit produktionsinternen Kreisläufen gearbeitet, z.B. für die Rückführung von Fehlproduktionen oder Verschnitt (vgl. Knopf 1999). Der Öffnung dieser Kreisläufe auch für Abfälle aus dem Rückbau oder aus Sortieranlagen steht der kaum vermeidbare Gehalt an Fremdbestandteilen und die Notwendigkeit entgegen, die chemische Zusammensetzung durch Analysen zu dokumentieren.

Ein alternativer Verwertungsweg für Mineralwolleabfälle besteht im Einsatz als Rohstoffkomponente bei der Ziegelherstellung. Die Firma Woolrec GmbH<sup>8</sup> hat dazu ein spezifisches Verfahren entwickelt. Dieser Recyclingweg wird beispielsweise im Rahmen der Sanierung des Hochhauses der Deutschen Bank in Frankfurt a. M. genutzt (vgl. Abschnitt 3.4.6, Tab. 3.4-20).

---

<sup>8</sup> Die Firma Woolrec GmbH hat ein Verfahren für die stoffliche Aufarbeitung und Verwertung von Künstlichen Mineralfasern (KMF) entwickelt, das von dem Unternehmen HIM, Biebesheim, bundesweit vertrieben wird. Am Standort Braunfels-Tiefenbach wird aus Dämmmaterial aller Art das eingetragene und patentrechtlich geschützte Produkt WOOLIT® als Vorprodukt für die Ziegelindustrie hergestellt ([www.him.de/service.php/woolrec/?markup=woolrec](http://www.him.de/service.php/woolrec/?markup=woolrec), retr. 2010).



### **2.1.7 Recyclingbaustoffe**

Ziel der Wiederverwertung ist insbesondere der Ersatz von originärem Material durch Recyclingmaterial oder Reststoffe. Die Wiederverwertungsmöglichkeiten von Recyclingbaustoffen hängen insbesondere von deren stofflicher Zusammensetzung ab (Weber/Benson 2006). Diese wiederum wird stark durch die gewählte Verfahrensart des Rückbaus / Abbruchs und die Aufbereitungstechnologie bestimmt.

Der Einsatz von mineralischen Recyclingbaustoffen erfolgt in Deutschland insbesondere im Straßen- und Erdbau. Auch weil im Erdbau die geringsten technischen Anforderungen an die stoffliche Zusammensetzung gestellt werden. Andere hochwertige Anwendungsgebiete bleiben derzeit noch weitgehend ungenutzt (s. arge.kwtb 2004).

Zukünftig müssen verstärkt hochwertigere Anwendungsbereiche genutzt werden, um durch den hochwertigen Einsatz von RC-Materialien die Materialien als gleichwertigen Ersatz wieder in den Stoffkreislauf einzuführen und so die Ressourcenschonungspotenziale optimal zu nutzen (s. Keßler 2011). Alleine im Jahr 2000 wurden ca. 150 Mio. Tonnen an mineralischen Materialien in den Gebäudebestand eingebracht, von denen ein Großteil durch RC-Materialien hätte ersetzt werden können. Aber auch die übrigen im Gebäudebestand vorhandenen anthropogenen Lager, wie beispielsweise Baustahl und Kupfer, können durch einen qualifizierten Abbruch bzw. Rückbau als gleichwertiges Material wieder dem Kreislauf zugeführt werden. Die Gebäude stellen somit, neben ihrer eigentlichen Funktion als Gebäude, „Materialspeicher“ dar.

#### **Organisation der Verwertungswege**

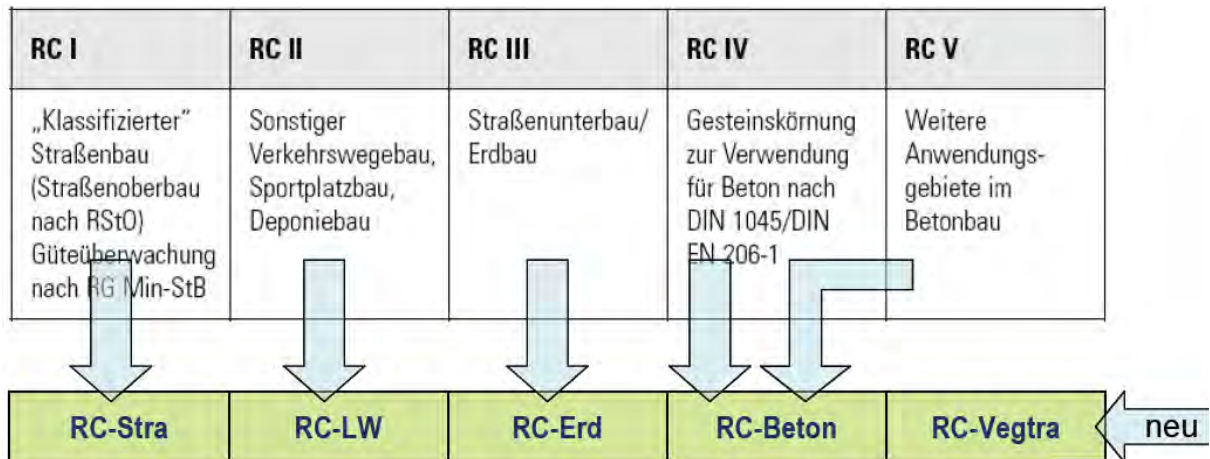
Bereits im Vorfeld von Abbruchmaßnahmen sollte das Nachfragepotenzial für die einzelnen anfallenden Materialien ermittelt werden, um ggf. die Abbruch- und Aufbereitungstechnologie entsprechend anpassen zu können. Im Rahmen der Nachfrageermittlung spielt insbesondere die Wiederverwertung durch eine Nachnutzung oder Integration in ein Neubauobjekt am gleichen Standort bzw. in anderen Objekten des Bauherrn eine große Rolle (s. BMVBS/BMV 2008). Alternativ können auch diverse Baustoffbörsen genutzt werden. Das Abfall Online Informationssystem (ALOIS) soll beispielsweise Bauabfälle in Hessen, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz reduzieren, wird bislang allerdings noch relativ wenig genutzt.

Eine weitere Perspektive für die Verwertung von Abbruchmaterialien ist die Organisation „industrieller Netze“ von Unternehmen, bei denen die Verwertung anfallender Reststoffe längerfristig organisiert wird und entsprechende Verwertungspfade eingerichtet werden<sup>9</sup>. Vergleichbare Strukturen wurden auch für die Verwertung der ausgebauten Bauteile und Materialien bei der Sanierung der Deutschen Bank entwickelt (vgl. Abschnitt 3.4.6).

#### **Anforderungen an Recyclingbaustoffe**

Recyclingbaustoffe können grundsätzlich dann eingesetzt werden, wenn sie für den Verwendungszweck geeignet sind. Der Begriff der „Geeignetheit“ wird bewusst mit der Pflicht der Qualitäts- und Güteüberwachung in Verbindung gebracht, die speziell vor dem Hintergrund der erheblichen Mengen an Bau- und Abbruchabfällen von Bedeutung ist.

Wesentliche Rahmenbedingungen und Kriterien im Rahmen der Qualitätssicherung für den Einsatz von Recycling-Baustoffen sind:



Quelle: Weber 2006

**Abb. 2.1-11: Einsatzmöglichkeiten von Recyclingbaustoffen**

- selektiver, geordneter Rückbau (ATV Abbruch)
- möglichst sortenreine Erfassung der Abfälle auf der Baustelle entsprechend den Anforderungen der Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV).
- werkseigene Eingangskontrolle
- Einsatz von Aufbereitungsverfahren nach dem Stand der Technik
- garantierte Einhaltung definierter (derzeit durch Landesrecht fixierter) Grenzwerte wasserwirtschaftlicher und bautechnischer Parameter
- Fremdüberwachung durch neutrale, zugelassene Prüfstellen
- Geeignetheit / auf Einsatzgebiet bezogene Deklaration
- Gütezeichen  
(BMVBS/BMV 2003)

Welche physikalischen oder chemischen Eigenschaften ein Recyclingbaustoff erfüllen muss, hängt insbesondere vom vorgesehenen Verwendungszweck ab. Voraussetzung ist im Regelfall die Gleichwertigkeit der bautechnischen Eigenschaften des Recyclingbaustoffs im Vergleich zu Baustoffen aus Primärrohstoffen (s. Abb. 2.1-11).

Neben der bautechnischen Eigenschaft ist die Umweltverträglichkeit ein weiteres wesentliches Kriterium für den Einsatz von Recycling-Baustoffen. Auch Recycling-Baustoffe dürfen keine Schadstoffe freisetzen, die Boden und Grundwasser nachhaltig negativ beeinflussen. Bei Recyclingbaustoffen können sich schädliche Stoffe insbesondere in der ersten Nutzungsphase in den verwerteten Bauteilen angesammelt haben. Deshalb müssen für Recyclingbaustoffe besondere Qualitätssicherungsmaßnahmen (z.B. Annahmekontrollen an den Aufbereitungsanlagen und Analyseprogramme) angewendet werden.

Auf Grund des weitgehenden länderspezifischen Umweltrechts bzw. der Umweltregelsetzung in Deutschland bestehen in den meisten Bundesländern weitere, individuelle Regelwerke mit Anforderungen an die Umweltverträglichkeit und der damit verbundenen Zulassung von Recycling-Baustoffen zu einzelnen Verwendungszwecken (s. BRB 2006).

<sup>9</sup> Umfassende Strategien zur Verringerung von Abfällen durch industrielle Netzwerke und integrierte Systeme sind derzeit Gegenstand des europäischen Forschungsvorhabens ZeroWIN (s.,o.)

**Tab. 2.1-5: Wichtige bautechnische Regelwerke für Recycling-Baustoffe nach Einsatzgebiet**

Einsatzgebiet	Regelwerke
Klassifizierter Straßenoberbau	TL Gestein-StB: Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau TL SoB-StB: Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel TL Pflaster-StB: Technische Lieferbedingungen für Baustoffe für Pflasterdecken und Pflasterbeläge RStO 01: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen FGSV 2001 ZTV Asphalt-StB: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt - FGSV, Ausgabe 2007 ZTV Beton-StB 07: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton ZTV E-StB 09: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau - FGSV 2009 ZTV SoB-StB 04: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau
Verkehrsflächen außerhalb des klassifizierten Straßenbaus	In enger Anlehnung an TL Gestein-StB / TL SoB-StB Arbeitsblatt DWA-A 904 Richtlinien für den ländlichen Wegebau
Deponie-Bau	DepVerwV
Asphaltstraßenbau	ZTV Asphalt-StB: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt TL AG-StB: Technische Lieferbedingungen für Asphaltgranulat
Betonbau, Betonwaren	DIN 1045/ EN 206-1 DIN EN 12620 / DIN 4226-100 Rezyklierte Gesteinskörnungen für Beton
Erdbau	ZTV EstB: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau
Vegetationstechnische Anwendungen, etc.	FLL-Richtlinien und Empfehlungen

Quelle: BRB 2006, Ergänzung durch UBS

Die Bundesvereinigung Recycling-Baustoffe e.V. (BRB) hat vor diesem Hintergrund die Richtlinien Recycling-Baustoffe ausgearbeitet. Sie dokumentieren die technischen Einsatzfelder der Recycling-Baustoffe unter Berücksichtigung des jeweiligen Verwendungszwecks sowie maßgebender bautechnischer und umweltrechtlicher Regeln und Grenzwerte.

Für den Anwendungsbereich des Straßen- und Wegebbaus, des Tiefbaus sowie für technische Bauwerke im Erd- und Landschaftsbau regelt die Gütesicherung RAL-GZ 501/1 Art und Umfang der Prüfungen für wiedergewonnene Baustoffe aus aufbereiteten Restmassen. Das DIBt-Merkblatt „Grundsätze zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser“ (DIBt 2008) enthält Anforderungen an Bauprodukte

für erdberührte Bauteile, die analog auch auf Recycling-Baustoffe anzuwenden sind, um der Vorsorgepflicht gerecht zu werden. Die Thematik der „Sekundärstoffe“ führt zudem zu einer weiteren Schnittstelle: der neuen EU-Stoffpolitik, die besser unter dem Namen REACH<sup>10</sup> bekannt ist. Ziel von REACH ist es, eine europäische, einheitliche Chemikaliengesetzgebung zu gestalten, den Umgang mit Chemikalien sicherer zu machen und die Kenntnisse über einzelne Stoffe und deren Auswirkungen zu verbessern.

Nach Auffassung der Bundesgütegemeinschaft Recycling-Baustoffe e.V. (BG Recycling-Baustoffe 2010) sind gütegesicherte Recycling-Baustoffe (z.B. nach RAL 501-1) als Erzeugnisse zu definieren. Die in Erzeugnissen enthaltenen Stoffe sind nach der REACH-Verordnung zu registrieren, wenn sie unter normalen oder vorhersehbaren Verwendungsbedingungen freigesetzt werden. Dies ist bei Recyclingbaustoffen jedoch regelmäßig nicht der Fall, so dass Recyclingbaustoffe nach Auffassung der BG Recycling-Baustoffe nicht registriert werden müssen.

Wenn auch in dieser Weise beim Einsatz von Recyclingbaustoffen (RC-Baustoffe) noch immer Rechtsunsicherheiten über Anforderungen an Boden- und Grundwasserschutz bestehen können, kommt mit der Abfallrahmenrichtlinie aber Bewegung in die Einstufung von Recyclingprodukten als Abfall oder Produkt. Schon heute können RC-Baustoffe unter bestimmten Bedingungen als Produkte anerkannt werden.

Grundsätzlich ist die Akzeptanz von RC-Produkten steigerungsfähig. Neue Regelungen auf Bundesebene sollen Ländererlasse ablösen, insbesondere wird hierbei die Ersatzbaustoffverordnung fortzuschreiben sein. Weitere Maßnahmen zur Steigerung der Akzeptanz für den Einsatz mineralischer Sekundärstoffe sind insbesondere:

- Bessere Berücksichtigung bei Ausschreibung und Vergabe von Kommunen
- Bessere Beratung von Bauherrn und Planern über Einsatzmöglichkeiten von RC-Produkten
- Bei bestimmten Vorhaben: Vorgaben für den Einsatz von RC-Materialien, z.B. im Straßenbau
- Verbesserung durch einheitliche Güteüberwachung und garantierte Qualitäten
- Verbesserung der Qualitäten durch selektiven Rückbau
- Weiterentwicklung und Forschung und Förderung insbesondere bei der Verwertung als Zuschlagsstoff bei Bauprodukten

Die Anerkennung als gütegesichertes Produkt in Abgrenzung zu Abfall ist für eine Ausweitung des Einsatzes von Recyclingbaustoffen ein wesentlicher Eckpunkt. Voraussetzung muss die Verwendbarkeit von Recyclingbaustoffen ohne Umweltrisiken sein.

## **2.1.8 Mengen und Potenziale für die Verwertung von Bauabfällen**

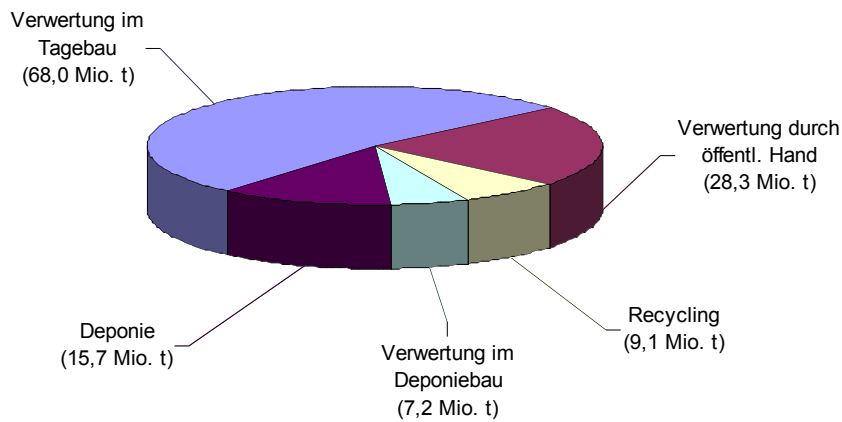
### **Bodenaushub**

Im Jahr 2004 wurden 128,3 Mio. t angefallener Bodenaushub (Erden und Steine) erfasst. Der mit 68 Mio. t (53 %) größte Teil des Bodenaushubs wurde übertägig im Bergbau eingesetzt (z.B. Verfüllung von Kiesgruben und Steinbrüchen), weitere 28,3 Mio. t (22,1 %) wurden direkt durch die öffentliche Hand verwertet (s. Abb. 2.1-12). Auf das Recycling entfielen 9,1 Mio. t (7,1 %) und auf die Verwertung im Deponiebau 7,2 Mio. t (5,6 %)

---

<sup>10</sup> Mit der REACH-Verordnung vom 30. Dezember 2006 hat die Europäische Union ein modernes Chemikalienrecht erlassen (Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates, Amtsblatt L 396, S. 1ff.).

(arge-kwtb 2004). Obwohl damit bereits nahezu 90% des anfallenden Bodenaushubs wiederverwertet werden, liegt hier mit ca. 16 Mio. t (12,2 %) derzeit deponiertem Bodenaushub pro Jahr das größte ungenutzte Verwertungspotenzial im Bereich des Baustoffrecyclings.

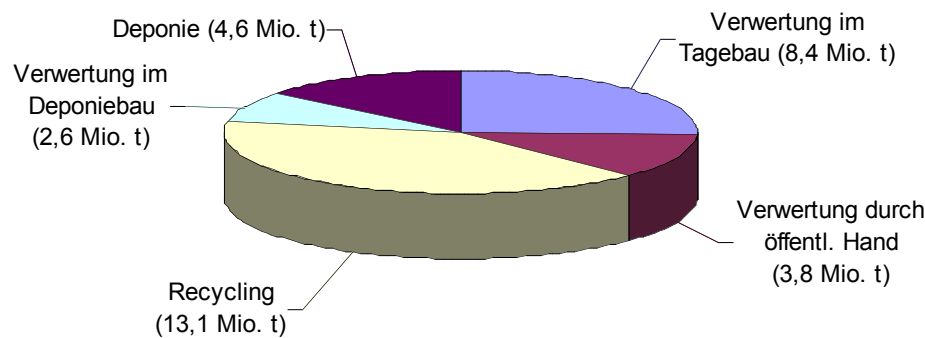


Quelle: arge-kwtb 2004

**Abb. 2.1.12: Verwertung und Recycling von Bodenaushub 2004**

### Bauschutt

Von den 50,5 Mio. t angefallenen Bauschutts wurden 31,1 Mio. t recycelt, was einer Recyclingquote von ca. 62 % entspricht. So wurden 8,4 Mio. t (16,6 %) im übertägigen Bergbau und 3,8 Mio. t (7,5 %) direkt durch die öffentliche Hand verwertet (s. Abb. 2.1-13). Auf die Verwertung im Deponiebau entfielen weitere 2,6 Mio. t (5,2 %). 4,6 Mio. t (9,1 %) des Bauschutts wurden deponiert, was dem zukünftig möglichen realisierbaren Potenzial für die Fraktion entspricht (arge-kwtb 2004).

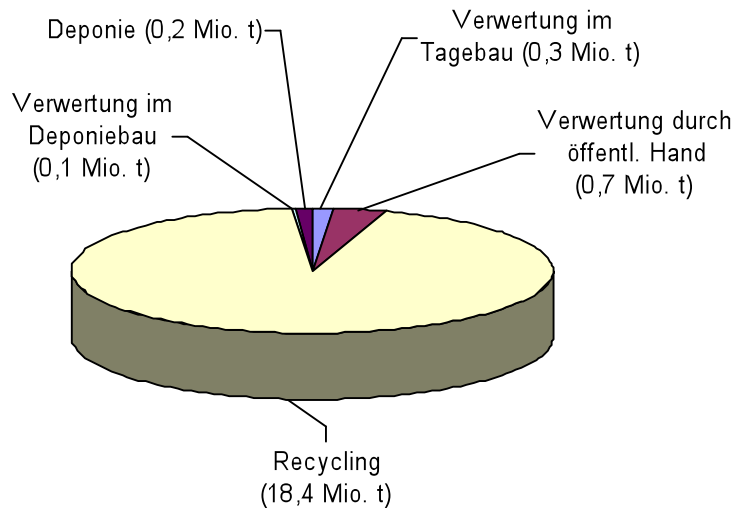


Quelle: arge-kwtb 2004

**Abb. 2.1-13: Verwertung und Recycling von Bauschutt 2004**

### Straßenaufbruch

Straßenaufbruch ist neben Bauschutt die wichtigste Quelle für die Herstellung von Recycling-Baustoffen. Von den im Jahr 2004 angefallenen 19,7 Mio. t Straßenaufbruch wurden 18,4 Mio. t (93,4 %) recycelt (s. Abb. 2.1-14). Die übrigen Verwertungswege (0,7 Mio. t (3,6 %) durch die öffentliche Hand, 0,3 Mio. t (1,5 %) im übertägigen Bergbau und 0,1 Mio. t (0,5 %) im Deponiebau) spielen bei der Verwertung des Straßenaufbruchs nur eine geringe Rolle. Lediglich 0,2 Mio. t (1,0 %) des verwertbaren Materials wurde im Jahr 2004 deponiert (arge-kwtb 2004).



Quelle: arge-kwtb 2004

**Abb. 2.1-14: Verwertung und Recycling von Straßenaufbruch 2004**

### Baustellenabfälle (ohne Abfälle auf Gipsbasis)

Bis 2005 wurden Baustellenabfälle noch ganz überwiegend deponiert<sup>11</sup>. Mit Einführung der Abfallablagerungsverordnung (AbfAbIV) wurde die Deponierung von unbehandelten Abfällen aus Haushalten und Gewerbe ab dem 1. Juni 2005 verboten<sup>12</sup>. In Folge dessen hat sich auf den Baustellen eine getrennte Erfassung insbesondere der nicht mineralischen Abfälle (z.B. Verschnittmaterialien, Gummi, Dichtungsabfälle und Dämmmaterialien) durchgesetzt. Insbesondere bei Umbau- und Abbrucharbeiten werden nicht-mineralische Bauabfälle (z.B. Fenster, Türen, Konstruktionsholz aber auch Metalle, Teerpappen, Kleber etc.) sorgfältig von der mineralischen Bausubstanz getrennt. Die Zeiten der Deponierung von gemischten Bauabfällen sind somit Vergangenheit.

### Möglichkeiten für den Einsatz von Recyclingbaustoffen

Mineralische Recycling-Baustoffe bestehen in der Regel aus Granulaten in unterschiedlichen Größen, die zum überwiegenden Teil im Straßenbau, im Erdbau (z. B. Bauwerkshinterfüllungen, Lärmschutzwällen), im Garten- und Landschaftsbau (z. B. als Vegetationsbaustoff) und zunehmend auch für die Herstellung von Beton verwendet werden.

Die Anforderungen an Recycling-Baustoffe hängen dabei insbesondere vom vorgesehenen Verwendungszweck ab (s. Abschnitt 2.1.4). Im Regelfall müssen Recyclingbaustoffe jedoch hinsichtlich der bautechnischen und umwelttechnischen Eigenschaften gleichwertig im Vergleich zu Baustoffen aus Primärrohstoffen sein.

Die geplante Ersatzbaustoffverordnung soll zukünftig die Verwertung von mineralischen Materialien bundeseinheitlich regeln und die derzeitigen teils länderspezifischen Regelungen ersetzen. Gemäß Arbeitsentwurf der ErsatzbaustoffV muss der Einbau mineralischer Ersatzbaustoff grundsätzlich so erfolgen, dass eine nachteilige Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit und schädliche Bodenveränderungen nicht zu besorgen sind<sup>13</sup>. Darüber hinaus gelten spezielle Anforderungen. Für die jeweiligen Materialien werden spezi-

<sup>11</sup> Nach Auswertung der Arge Kreislaufwirtschaftsträger Bau lag das Aufkommen der Baustellenabfälle im Jahr 2004 bei 1,9 Mio. t, wovon ca. 1,4 Mio. t (74%) deponiert wurden.

<sup>12</sup> Die Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts (DepV, 27.04.2009) fasst die Anforderungen der Deponieverordnung, der Abfallablagerungsverordnung sowie der Deponieverwertungsverordnung in einem Regelwerk zusammen.

fische Materialwerte festgelegt<sup>14</sup>, die als Anforderung an den schadlosen Einbau zu beachten sind. Die Materialwerte beziehen sich dabei auf die im Wasser gelösten Schadstoffe (Eluat) und sollen so sicher stellen, dass im Grundwasser die Stoffkonzentrationen nicht überschritten werden. Die spezifischen einzuhaltenden Materialwerte sind in Anhang 1 der ErsatzbaustoffV geregelt. Je nach Schadstoffbelastung des Materials erfolgt eine Einteilung in eine Kategorie (z.B. RC-1 bis RC-3 bei Recyclingbaustoffen<sup>15</sup> bzw. BM-0 bis BM-3 bei Bodenmaterial). Durch eine regelmäßige Güteüberwachung<sup>16</sup> soll sichergestellt werden, dass die Ersatzbaustoffe die Materialwerte einhalten. Berücksichtigt werden bei der Beurteilung der Einsatzmöglichkeiten von Ersatzbaustoffen neben den einzuhaltenden Materialwerten auch die natürlichen Abbau- und Rückhalteprozesse auf der Sickerstrecke im Boden (Dicke der Grundwasserdeckschicht) in Abhängigkeit des vorhandenen Bodenmaterials und die vorgesehene Einbauweise.<sup>17</sup>

**Tab. 2.1-6: Beispiele für den Einsatz von Recyclingbaustoffen**

Recyclingmaterial	Einsatzmöglichkeit
Recyclingsand (z. B. 0/2, 0/8)	Gute Eignung als Erdbaustoff, z. B. für Verfüllungen, Auffüllungen
Recyclinggemisch (z. B. 0/32, 0/45)	Gute Eignung als Erdbaustoff, für einfache Verkehrswege; häufig hohe Standfestigkeit und Verdichtbarkeit; ungebundene Deckschichten ungebundene und ggf. gebundene Tragschichten Mauerwerkshinterfüllung Landschaftsbau
Recycling-Grobkorn (z.B. 45/100)	Gute Eignung zur Stabilisierung des Baugrundes, z. B. für: mechanische Baugrundverbesserung, Baustraßen, Dammschüttungen
Recyclinggemisch nach TL SoB-StB	Einhaltung der Anforderungen bei geeigneter Aufbereitung; Einsatzmöglichkeiten in Frostschutz- und Schottertragschichten gemäß ZTV SoB-StB

Quelle: Weber/Benson 2006

Bei den Eigenschaften der Grundwasserdeckschicht wird zunächst unterschieden, ob sich der Standort innerhalb oder außerhalb eines Wasserschutzgebiets befindet. Die weitere Unterteilung in „ungünstig“, „günstig – Sand“ und „günstig – Lehm/Schluff/Ton“ erfolgt in Abhängigkeit des vor Ort vorhandenen Bodenmaterials unterhalb des Einbauorts und der Mächtigkeit der grundwasserfreien Sickerstrecke (größer oder kleiner 1m).

Bei den Einbauweisen wird im Wesentlichen zwischen durchströmten (z.B. unterhalb einer Pflasterung) und nicht durchströmten Bauwerken (z.B. unterhalb einer Asphaltdeckschicht) unterschieden. Je nach Einstufung des Materials anhand der Materialwerte in eine Kategorie und der vor Ort vorhandenen Bodenverhältnisse ergeben sich aus Anhang 2 die jeweils zulässigen bzw. unzulässigen Einbauweisen. Im Arbeitsentwurf der ErsatzbaustoffV wird beispielsweise davon ausgegangen,<sup>18</sup> dass mindestens 59% der derzeit

<sup>13</sup> vgl. § 3 Abs. 1 ErsatzbaustoffV

<sup>14</sup> vgl. Anhang 2.2 des Arbeitsentwurfs der ErsatzbaustoffV vom 06.01.2011

<sup>15</sup> Recyclingbaustoff (RC): gewonnene Gesteinskörnung durch Aufbereitung von Abfällen aus Bautätigkeiten, die zuvor als mineralische Baustoffe eingesetzt waren, vgl. § 2 Nr. 21 ErsatzbaustoffV

<sup>16</sup> vgl. § 6 ErsatzbaustoffV

<sup>17</sup> Unterschieden werden 27 Einbauweisen, vgl. Anhang 2.2 des Arbeitsentwurfs vom 06.01.2011.

<sup>18</sup> vgl. Begründung zur ErsatzbaustoffV, S. 144

hergestellten Recyclingbaustoffe (RC) als RC-1-Materialien einzustufen sind und damit in offenen Einbauweisen eingesetzt werden können (vgl. Tab. 2.1-7). Weitere 23% können in teildurchströmten Bauwerken, die übrigen 18% in geschlossenen Bauweisen eingesetzt werden.

**Tab. 2.1-7: Zulässige Verwertungsmöglichkeiten mineralischer Recyclingbaustoffe (RC)**

Aufkommen insgesamt	offene Bauweisen	teildurchströmte Bauweisen	geschlossene Bauweisen
	Tragschichten ohne Bindemittel oder Verfüllungen unter Pflaster und Plattenbelägen	Schottertragschichten, Frostschutzschichten, Unterbau unter gebundenen Deckschichten im Straßendamm mit seitlicher Durchströmung im Böschungsbereich	bitumen- oder hydraulisch gebundene Deck- und Tragschichten, Tragschichten unter Pflaster und Platten mit wasserundurchlässiger Fugenabdichtung
100% ca. 55,9 Mio. t/a	59 % bzw. 33 Mio. t/a	23 % bzw. 12,9 Mio. t/a	18 % bzw. 10 Mio. t/a

Quelle: Arbeitsentwurf Ersatzbaustoffverordnung, 2011; Auszug aus der Tabelle: Zulässige Verwertungsmöglichkeiten mineralischer Ersatzbaustoffe (MEB)

Aus Sicht der Recyclingwirtschaft gibt es allerdings auch die Besorgnis, dass mit der ErsatzbaustoffV bzw. den dort geregelten spezifischen Materialwerten eher eine Einschränkung der Verwertungswege verbunden sein wird. So kommt z.B. die Prognos AG im Rahmen einer Studie zu dem Schluss, dass zukünftig mit einer erheblichen Steigerung der Beseitigungsmengen, die nicht mehr verwertet werden können, zu rechnen ist (Prognos AG 2010).

### 2.1.9 Deponierung von Baurestmassen

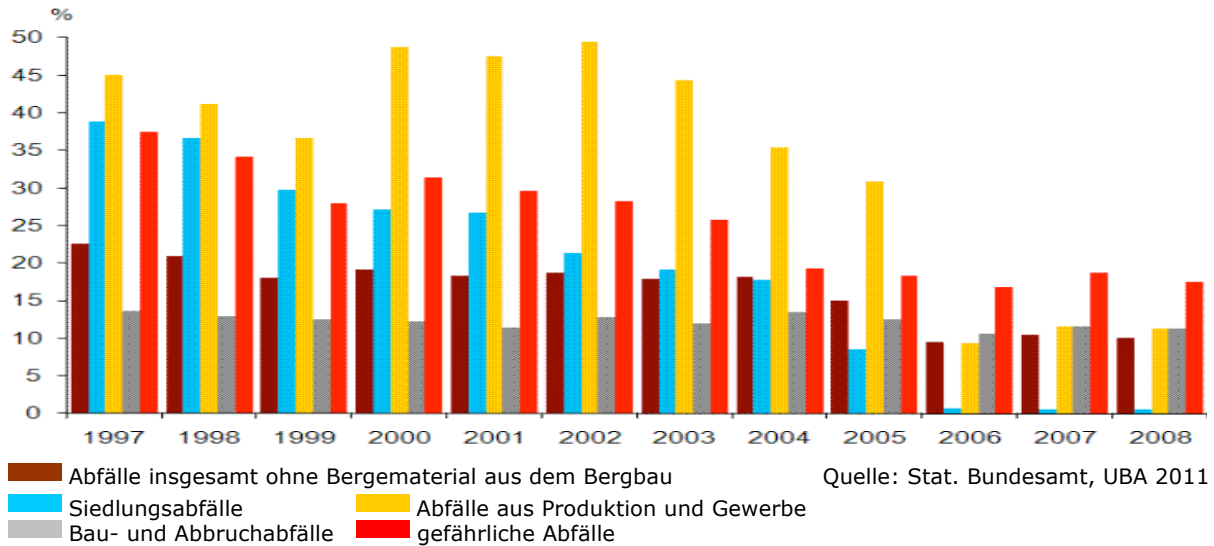
#### Endlagerung in Deponien nur für eine Restkategorie an Müll

Deponierung ist die letzte Option der Müllbeseitigung, wenn keine Verwertung mehr möglich ist; sie sollte nur noch eine Restkategorie an Müll betreffen. Bei den Siedlungsabfällen ist dies schon weitgehend gelungen. Zwischen 1997 und 2008 sank die Ablagerungsquote der Siedlungsabfälle von 38,8 % auf einen minimalen Rest von nur 0,6 % nicht vorbehandlungsbedürftiger Siedlungsabfälle; bis 2020 soll die Ablagerung von verwertbaren Siedlungsabfällen weitestgehend eingestellt und stattdessen eine möglichst weitgehende Vermeidung und Verwertung erreicht werden<sup>19</sup> (s. Abb. 2.1-15).

Bau- und Abbruchabfälle, die nicht verwertbar sind, dürfen in Abhängigkeit von ihrem Schadstoffpotenzial nur auf Deponien oder Deponieabschnitten abgelagert werden, wenn sie die Anforderungen der entsprechenden Deponieklassen einhalten (s. Tab. 2.1-8). Aus der Deponieverwertungsverordnung (DepVerwV) ergeben sich Vorgaben hinsichtlich der Zulässigkeit der Verwertung von mineralischen Abfällen als Deponierersatzbaustoff. Dabei ist zudem die Genehmigungssituationen der einzelnen Deponien zu berücksichtigen.

<sup>19</sup> s. Ablagerungsquoten der Hauptabfallströme [www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de](http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de); retr. 21.02.2011





**Abb. 2.1-15: Ablagerungsquote der Hauptabfallströme<sup>20</sup>**

Eine Vermischung von Abfällen untereinander oder mit anderen Materialien mit dem Ziel, die Zuordnungskriterien für die niedrigeren Deponieklassen zu erreichen, ist unzulässig (s.o. 2.1.2). Ausschließlich unter dem Aspekt der Festigkeit bei der Lagerung dürfen Abfälle ausnahmsweise vermischt werden. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass wichtige Rohstoffe nur noch für einen begrenzten Zeitraum aus natürlichen Lagerstätten verfügbar sein werden, muss das kurz- bis mittelfristige Ziel die Reduzierung der zu deponierenden Massen und die damit einhergehende stoffliche oder energetische Verwertung der Baurestmassen sein.

**Tab. 2.1-8: Deponieklassen**

Deponieklasse	Deponiearten
<b>0:</b>	Deponien für Inertabfälle, z.B. unbelasteten Bauschutt und unbelasteten Boden.
<b>I:</b>	Deponien für nicht gefährliche Abfälle, z.B. behandelten Haus- und Gewerbemüll
<b>II:</b>	Deponien für nicht gefährliche Abfälle, jedoch höhere Schadstoffbelastungen zulässig
<b>III:</b>	Deponien für Sonderabfälle mit besonderem Überwachungsbedarf
<b>IV:</b>	Deponien für gefährliche Abfälle; Untertagedeponie

Quelle: Deponieverordnung (DepV) und die Abfallablagerungsverordnung (AbfAbIV)

### Wertstoff-Rückgewinnung aus deponierten Abfällen

Mittel- bis langfristiges Ziel wird auf Grund der zunehmenden Rohstoffknappheit und teurer werdender Ressourcen die Erschließung anderer Quellen sein. Insbesondere der Wertstoffrückgewinnung („Urban Mining“, wörtlich übersetzt „städtischer Bergbau“) kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu. Entstandene Abfälle sollen zukünftig als Rohstoffquelle zur Verfügung stehen. „Urban Mining“ umfasst im weitesten Sinne anthropogen geschaffene Lagerstätten wie zum Beispiel Deponien aber auch Gebäude und In-

<sup>20</sup> Quelle: Statistisches Bundesamt, Abfallbilanz, verschiedene Jahrgänge, und Berechnungen des Umweltbundesamts / UBA;

Ab 2002 durch Einführung des Europäischen Abfallverzeichnisses Verschiebungen zwischen nicht besonders überwachungsbedürftigen und besonders überwachungsbedürftigen Abfällen sowie innerhalb der Siedlungsabfälle. Bergematerial wird zu 100% abgelagert.

1) Bau- und Abbruchabfälle ab 2004 ohne eingesetzte Mengen an Bodenaushub, Bauschutt und Straßenaufbruch bei Bau- und Rekultivierungsmaßnahmen der öffentlichen Hand.

frastrukturbaugeräte (s. Mocker, Fricke et al. 2009). Urban Mining findet in Deutschland in der Praxis bisher kaum statt. Auf der Kreismülldeponie von Hechingen läuft derzeit ein vom Landesumweltministerium in Stuttgart finanziertes Forschungsprojekt zum Urban Mining. Die derzeit gewonnenen Proben werden von der Universität Gießen analysiert. Langfristiges Ziel ist es, die Rückgewinnung von Rohstoffen durch das Öffnen der Deponie wirtschaftlich zu betreiben (s. Uken 2010).<sup>21</sup>

### **2.1.10 Strategien einer nachhaltigen Bauwirtschaft zur Vermeidung und Verminderung von Bauabfällen und zum Einsatz von Baustoffen aus Recyclingprodukten**

Welcher Anteil des Abfallpotenzials tatsächlich als Bauabfall anfällt, hängt in besonderem Maße von der angewandten abfallwirtschaftlichen Strategie und den damit verbundenen Maßnahmen der Entscheidungsträger (Bauherr, Architekt und Bauunternehmen) ab. Die Planungsphase nimmt dabei eine Schlüsselstellung bei der Realisierung eines abfallarmen Bauwerks ein. Vier strategische Ansätze können dabei unterschieden werden:

- Produktorientierte Strategien (Konzeption langlebiger Produkte bei abfallarmer Instandhaltung)
- Produktionsorientierte Strategien (Auswahl abfallarmer Konstruktionen und Bauverfahren)
- Stofforientierte Strategien (Auswahl abfallarmer Baustoffe und Optimierung des Materialeinsatzes)
- Bauwerksorientierte Strategien (Entwurf einer abfallarmen Bauwerks- und Raumgestaltung)  
(vgl. Bilitewski/Lipsmeier o.J.)

#### **Vermeidung von Umweltbelastungen durch Bauabfälle**

Bereits bei der Planung von Gebäuden ist auf die Schonung von natürlichen Ressourcen (z.B. durch den Einsatz von Recyclingmaterial) und die zukünftige Wiederverwertung der Baumaterialien (z.B. durch Nutzung schadstofffreier Produkte, leichte Trennbarkeit von unterschiedlichen Baumaterialien) zu achten. Umweltbelastungen durch Bauabfälle sind zu vermeiden. Dies betrifft sowohl den Gebäuderückbau als auch die Sanierung und die Neuerrichtung von Gebäuden und Bauwerken.

#### **Bausubstanz möglichst lange nutzen**

Die Entstehung von Bauabfällen ist möglichst zu vermeiden, z.B. durch die Erhaltung von Bausubstanz, die Auslegung auf eine lange Nutzungsdauer und durch erhaltungsfreundliche Baukonstruktionen.

#### **Sortenreine Trennung**

Beim Rückbau und beim Abriss von Gebäuden ist bereits bei der Planung und später beim Abriss und Rückbau auf eine möglichst sortenreine Trennung von einzelnen Baumaterialien zu achten, um diese möglichst hochwertig verwerten zu können.

---

<sup>21</sup> Ein Deponierückbau mit Nutzung des Wertstoffpotenzials wird z.B. von den Entsorgungsbetrieben der LH Wiesbaden für den Deponieabschnitt I in Erwägung gezogen (Wiesbadener Kurier 29.03.2010).

## Recyclingbaustoffe

Bauabfälle und Baurestmassen sollen im Sinne einer ressourcenschonenden Kreislaufwirtschaft soweit wie möglich wieder als Recycling- oder Sekundär-Baustoffe in den Wirtschaftskreislauf eingebracht werden. Dabei sind die Anforderungen an die Bauprodukte nach den bestehenden Vorschriften über allgemeine Schutzziele und umweltmedienbezogene Regelungen zu beachten (z.B. die Prüfung von Recyclingbaustoffen auf schädliche Auswirkungen auf Boden und Grundwasser). Recyclingprodukte müssen unter Beachtung der Qualitätsanforderungen zukünftig verstärkt in den Baustoffkreislauf eingebunden werden, wobei eine möglichst hochwertige Verwertung anzustreben ist.

In einer Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes<sup>22</sup> wird die durch hochwertiges Recycling mineralischer Rohstoffe substituierbare Menge an Primärrohstoffen im Hochbau mit ca. 10,9 Mio. t/a abgeschätzt. Um dieses Rohstoffpotenzial zukünftig nutzen zu können, muss die Akzeptanz von Recyclingbaustoffen in Deutschland für eine hochwertige Verwertung erhöht werden. Hier sollte insbesondere die öffentliche Hand als Bauherr eine Vorreiterrolle einnehmen und den Einsatz von RC-Materialien im Hochbau vorantreiben. Denkbar wären beispielsweise Mindesteinsätze von RC-Materialien bei der Errichtung öffentlicher Gebäude (s. Keßler 2011). Bei der hochwertigen Verwertung wird insbesondere das Betonrecycling eine große Rolle spielen.

## Betonrecycling

Die Bautätigkeit wird künftig vermehrt durch die Erneuerung und die Erhaltung des bestehenden Gebäudebestandes geprägt werden. Da der Anteil von rück- oder umzubauenen Bauwerken aus der Nachkriegszeit stetig steigt, erhöht sich auch der Anteil des Betonabbruchs am Bauschutttaufkommen aus Gebäuden (s. Tab. 2.1-9).

**Tab. 2.1-9: Baustoffkennwerte der unterschiedenen Bestands-Wohngebäudetypen in Mg/Wohnung**

Gebäudetyp	Epoche	Gesamt (Mg/WE)	davon (Mg/WE)						
			Mineralisch	darin		Holz	Metall	Kunststoff	Sonst
				Betone	Ziegel				
EFH-1	Bis 1918	334,09	313,21	73,42	124,83	16,78	1,06	0,17	2,87
EFH-2	1919-1948	320,34	300,87	82,80	116,06	12,07	4,58	0,16	2,66
EFH-3	1949-1968	305,81	290,86	141,68	4,38	7,95	3,89	0,17	2,94
EFH-4	1969-1990	369,18	356,30	196,78	9,26	5,87	2,99	0,21	3,81
MFH-1	Bis 1918	201,95	189,28	48,32	72,19	8,76	2,32	0,07	1,52
MFH-2	1919-1948	187,63	176,05	44,60	67,66	8,02	2,13	0,07	1,36
MFH-3	1949-1968	176,33	172,26	90,39	7,52	0,70	1,73	0,06	1,57
MFH-4	1969-1990	211,96	206,27	130,10	6,21	0,35	2,41	0,06	2,87

1 Mg (Megagramm) = 100 kg = 1 t; WE = Wohneinheit = Wohnung

Quelle: Umweltbundesamt 2010

<sup>22</sup> Umweltbundesamt November 2010 - Ermittlung von Ressourcenschonungspotenzialen bei der Verwertung von Bauabfällen und Erarbeitung von Empfehlungen zu deren Nutzung

Betongranulat als Zuschlagsstoff zur Betonherstellung eignet sich sehr gut als Substitut für Primärrohstoffe. In den Nachbarländern, beispielsweise der Schweiz, wird bereits seit einigen Jahren konsequent auf die Verwendung von ressourcenschonendem Betonrecycling bei der Errichtung von öffentlichen Bauwerken gesetzt (s. Keßler 2011).

Im Hinblick auf den zulässigen Beimischungsanteil an rezykliertem Gesteinsmaterial im Beton spielt das Anteilverhältnis von Beton und Ziegel die entscheidende Rolle. Je höher der Anteil an Ziegelbestandteilen im RC-Granulat ist, desto geringer ist der maximale Anteil, der als Gesteinskörnung im Beton durch RC-Material ersetzt werden kann. Demzufolge lässt sich bei der hochwertigen Verwertung das größte Potenzial ausschöpfen, wenn ausreichend RC-Betonmaterial zur Verfügung steht.

Nach einer Abschätzung des Umweltbundesamtes ergibt sich für Deutschland für das Jahr 2020 eine mögliche Steigerung des Ressourcenschonungspotenzials um ca. 30% gegenüber der derzeitigen Bemischungspraxis (s. Umweltbundesamt 2010).

### **Verfügbarkeit von Recyclingmaterial**

Mittelfristig wird sich in einigen Regionen in Deutschland auf Grund demografischer Entwicklungen ein Überschuss und gleichzeitig in anderen Regionen ein Mangel an hochwertigem RC-Material einstellen. Wirtschaftlich lassen sich RC-Materialien jedoch nur in räumlich relativ begrenztem Umfeld einsetzen (s. Umweltbundesamt 2010). Vor diesem Hintergrund darf zur optimalen Ausschöpfung des Ressourcenschonungspotenzials keine Fokussierung auf den ausschließlichen hochwertigen Einsatz erfolgen. Regionale Randbedingungen müssen bereits im Vorfeld von Verwertungsstrategien berücksichtigt werden.

### **Endlagerung in Deponien nur für eine Restkategorie an Müll**

Die Beseitigung von Bauabfällen, z.B. durch die Deponierung, ist auf das unumgängliche Maß zu beschränken, insbesondere die Beseitigung von verwertbaren Bauabfällen in einem rohstoffknappen Land wie Deutschland. Das begrenzt zur Verfügung stehende Deponievolumen ist zu schonen.

### **Weiternutzbarkeit von Produkten**

Alle Produkte sind nach Möglichkeit so zu konzipieren, dass sie in anderer Form weitergenutzt werden können. Produkte sollten am Ende ihres Lebenszyklus nicht mühsam entsorgt, aufbereitet oder verbrannt werden, sondern so konzipiert sein, dass sie sich nach dem Prinzip „cradle to cradle“ / „von der Wiege zur Wiege“ (s. Braungart/McDonough 2002) mühelos in anderer Form weiterverwenden lassen.

### **Hochwertige Verwertung**

Wo die Abfallminderungspotenziale ausgeschöpft sind, muss insbesondere durch die Art der Erfassung oder der Aufbereitung die Möglichkeit geschaffen werden, eine möglichst hochwertige Verwertung im Hinblick auf Qualität und Quantität zu erzielen.

## 2.2 Reduzierung des Trinkwasserverbrauchs

### 2.2.1 Bedeutung für die Umwelt

Bei einer globalen Betrachtung ist in Deutschland im Grunde genügend Wasser verfügbar. Für die Bereitung von Trinkwasser kann überwiegend Grund- und Quellwasser mit einem hohen Reinheitsgrad genutzt werden (69,8 % im Jahr 2007), der Rest des Wasserbedarfs wird aus Oberflächenwasser und Uferfiltrat gedeckt. Die Niederschlagsmengen in Deutschland reichen aus, um die Entnahmen für die Trinkwasserversorgung aus Grundwasser und Fließgewässern auszugleichen. Der guten Versorgungslage entspricht, dass man sich in Deutschland um die Wasserversorgung relativ wenig Sorgen macht. Bei einer EU-weiten Befragung<sup>1</sup> sahen darin nur 19% der Befragten in Deutschland ein sehr ernstes Problem gegenüber 30% der Befragten in der EU (EU27) insgesamt.

Regional gibt es allerdings auch in Deutschland Landstriche mit nur geringen Niederschlägen und entsprechend geringer Grundwasserneubildung. Regionale Ungleichheiten gibt aber es nicht nur beim Wasserdargebot sondern auch beim Wasserverbrauch. Insbesondere Großstädte müssen ihr Trinkwasser aus einem großen räumlichen Umkreis beziehen, nicht zuletzt, weil aufgrund von Verunreinigungen des Bodens aus früherer industrieller Produktion ortsnahe Grundwasser häufig stark mit Schadstoffen belastet ist. Unangemessen hohe Entnahmen aus dem Grundwasser führten in der Vergangenheit in den Entnahmegebieten zu Problemen; die Absenkung des Grundwassers führte zu Setzungen von Gebäuden mit der Folge von Bauschäden aber auch zur Schädigung von Wäldern weil das Grundwasser nicht mehr erreichbar war.

Haushalte und Kleingewerbe nutzen nur etwa 16% der insgesamt in Deutschland entnommenen Wassermenge. Der wesentliche Anteil der Wassergewinnung entfällt mit 84 % auf Energieerzeugung und Industrie, davon 73% für die Kühlung von Wärmekraftwerken und 27% für Produktionsprozesse in Bergbau und verarbeitendem Gewerbe. Der Wasserverbrauch in Haushalten und Kleingewerbe<sup>2</sup> ging zwischen 1990 und 2007 um rund 25 l/Einwohner bzw. 21 % zurück. Entsprechend verringerte sich in diesem Zeitraum der tägliche Pro-Kopf-Verbrauch von 147 l/Einwohner auf 122 l/Einwohner (UBA 2010). Der Rückgang erklärt sich zum einen aus dem Einbau wassersparender Armaturen und Sanitärobjekte zum anderen aus den stetig steigenden Kosten für Trinkwasser und Abwasserbeseitigung, die wassersparendes Verhalten fördern und ihrerseits die Modernisierung der häuslichen Installationen antreiben.

Das wesentliche Umweltschutzziel, das mit einer effizienten Wassernutzung verfolgt wird, betrifft dementsprechend weniger die öffentlichen Trinkwasserversorgung als den Schutz der Ökologie der Entnahmeregionen. Dabei ist der Blick allein auf Deutschland nicht ausreichend. Mit den in Deutschland importierten Waren wird auch in fernen Ländern mit durchaus auch prekärer Wasserversorgung, Wasserverbrauch erzeugt. Betrachtet man nicht nur den direkten Wasserverbrauch, sondern auch das für die Erzeugung von Lebensmitteln und Industriegütern verwendete Wasser so ergibt sich ein so genannter „Wasser-Fußabdruck“. Umgelegt auf die Einwohnerzahl hat jeder Deutsche einen täg-

<sup>1</sup> Flash Eurobarometer on Water, Flash EB Series #261; Befragung vom Januar 2009; durchgeführt von Gallup, Ungarn, im Auftrag des Generaldirektorats Umwelt; [http://ec.europa.eu/environment/water/participation/pdf/eurobarometer\\_report.pdf](http://ec.europa.eu/environment/water/participation/pdf/eurobarometer_report.pdf)

<sup>2</sup> Der Anteil des Kleingewerbes ist messtechnisch nicht trennbar, er wird vom Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. auf etwa 9% bzw. 2007 auf 11 l/(E\*d) geschätzt, demnach läge der häusliche Verbrauch 2007 bei 111 l pro Kopf.

lichen Wasser-Fußabdruck von 5288 Litern, die Hälfte davon wird aus dem Ausland importiert (WWF 2009, Ploetz et al. 2009, UBA 2010).

Das genutzte Trinkwasser wird zudem als Abwasser bis zu einem zulässigen Grad an verbleibender Verschmutzung aufbereitet und anschließend in Gewässer geleitet. Je geringer der Trinkwasserverbrauch und damit das sich daraus ergebende Abwasservolumen, desto höher ist dann zwar der Reinigungsaufwand, aber desto geringer ist auch die in Fließgewässer und schließlich Ozeane eingeleitete Schmutzfracht.

### 2.2.2 Wasser sparen

Die Einsparung von Trinkwasser in Bürogebäuden und Gewerbebetrieben ist häufig mit geringen Investitionen, wenig Aufwand und hohem Nutzen zu realisieren. Allein durch Information und Motivation der Mitarbeiter zur richtigen Nutzung von vorhandenen technischen Einrichtungen und zum sorgsamem Umgang mit Wasser kann der Wasserverbrauch bis zu einem Drittel verringert werden.

Bei der Produktauswahl von Geräten und Armaturen sollte vorrangig der Wasserverbrauch berücksichtigt werden. Fast alle Hersteller haben spezielle wassersparende Angebote in ihrem Programm. Es ist zu berücksichtigen, dass die Betriebskosten oftmals ein Vielfaches der Anschaffungskosten betragen.

In den klassischen häuslichen Anwendungsbereichen Toilettenspülung und Körperhygiene bestehen auch in Büro- und Verwaltungsgebäuden die größten Möglichkeiten zum Wassersparen. Hier lassen sich Maßnahmen oftmals einfach und kostengünstig umsetzen.

In manchen Produktionsbereichen weit relevanter sind technische Möglichkeiten zur Senkung des Wasserverbrauches durch Kreislaufführung oder die Umstellung auf wasserlose Systeme in der Produktion.

### Wasserverbrauch und Wasserkosten

Der Wasserverbrauch von Kleingewerbe und Haushalten in Deutschland betrug 1986 noch 146 Liter pro Person und Tag und sank bis zum Jahre 2007 auf 122 Liter pro Person und Tag (Statistisches Bundesamt).

Im gleichen Zeitraum stiegen im bundesdeutschen Durchschnitt die Gebühren für Trinkwasser von 0,88 auf 1,85 €/m<sup>3</sup> (s. Abb. 2.2-1). In Hessen betrug die Gebühr 2007 durchschnittlich 2,51 €/m<sup>3</sup> für Abwasser und 1,93 €/m<sup>3</sup> für Trinkwasser. Hierzu kommt jeweils noch die Grundgebühr, die in den letzten Jahren überproportional erhöht wurde.

In Produktionsbetrieben wurde der zunehmende Einsatz von Kreislaufführung und Mehrfachnutzung von Prozesswässern vor allem durch weitreichende abwasserrechtli-



Abb. 2.2-1: Entwicklung der Trinkwasserpreise

che Forderungen und betriebswirtschaftliche Überlegungen bewirkt. Im Abwasserrecht wird damit zunehmend dem Vermeidungs- und Verminderungsprinzip Rechnung getragen. Im Rahmen der Erlaubnis für die betriebliche Einleitung von Abwasser werden auch Anforderungen an die Betriebsprozesse selbst gestellt. Gemäß der Abwasserverordnung (AbW-V) dürfen z.B. betriebliche Abwässer nur eingeleitet werden, wenn wassersparende Verfahren zu Wasch- und Reinigungsvorgängen und Indirektkühlung im Prozess eingesetzt werden.

### **Information und Motivation**

Ein erheblicher Anteil des Trinkwassers fließt oft durch nicht entdeckte bzw. als offenbar unbedeutend hingegenommene Leckagen an Armaturen und Geräten ungenutzt in die Kanalisation. Allein durch Steigerung der Aufmerksamkeit für das Thema Wasser bei Betriebsleitung und Mitarbeitern im gewerblichen Bereich können in vielen Fällen die Kosten für Wasser und Abwasser um ein Drittel gesenkt werden. Bewährt haben sich auch regelmäßige Besprechungen mit den Mitarbeitern zum Thema Wassernutzung. Ein zusätzlicher Anreiz kann durch Prämien für Verbesserungsvorschläge geschaffen werden.

Der Einsatz von wassersparenden Techniken sollte immer durch Information und Motivation der Mitarbeiter begleitet werden, da sie oft den Erfolg der Maßnahmen durch die Nutzung wesentlich mitbestimmen.

### **2.2.3 Maßnahmen bei Sanitärobjekten**

#### **Wasserbedarf**

Der Verbrauch im Sanitärbereich bei Unternehmen liegt bei ca. 30 Liter je Beschäftigtem und Tag bei wassersparender Sanitärausstattung. Häufig werden jedoch noch über 60 Liter je Beschäftigtem und Tag verbraucht. Bei heutigen Wasserpreisen in Hessen kann ein Betrieb mit 10 Beschäftigten durch Modernisierung von Toiletten und Armaturen pro Jahr etwa 340 € Wassergebühren einsparen.

#### **Toiletten**

Stand der Technik sind heute 6-Liter Toiletten, ausgerüstet mit Spül-Stop-Taste. Einige Hersteller bieten jedoch auch Toiletten mit einem erforderlichen Spülvolumen von nur 3,5 Litern an. Für die kleine Spülmenge bei einer 2-Tasten-Spülung verbraucht das WC sogar nur 2 Liter Wasser pro Spülung.

Ältere Toiletten mit Spülkästen ohne Spül-Stop-Taste können mit neuen Spülkästen oder – preiswerter - mit Hilfe von Umbausätzen umgerüstet werden. Umbausätze sind oft schon unter 50 € erhältlich. Je nach Häufigkeit der Nutzung beträgt die Amortisationszeit zwischen einem und zwei Jahren.

Vakuumtoilettenanlagen, wie sie seit Jahren in Zügen und Schiffen eingesetzt werden, kommen auch zunehmend in Gebäuden unter speziellen Randbedingungen zur Anwendung. Sie benötigen nur ein Spülvolumen von unter einem Liter, der Verbrauch liegt somit lediglich bei



Quelle: [www.aee.at](http://www.aee.at)

**Abb.: 2.2-2: Vakuumtoilette**

einem sechstel Trinkwasser gegenüber einer herkömmlichen wassersparenden Spültoilette. Der wesentliche Vorteil der Vakuumentwässerung liegt - neben der Wassereinsparung - in der flexiblen und platzsparenden Leitungsführung, da hinsichtlich der Raumnutzung keine Rücksicht auf Zwangspunkte genommen werden muss, die sich aus den Einleitstellen der Freispiegelleitungen ergeben. Dies ist insbesondere in Gewerbebetrieben von Vorteil, in denen Räume oder Gebäude häufiger umgenutzt werden. Der Nachteil sind die relativ hohen Investitions- und Betriebskosten.

*Beispiel: Verwaltungsgebäude*

In einem Verwaltungsgebäude in Darmstadt wurden 87 Vakuumtoiletten installiert. Je Spülung werden hier weniger als 1 Liter benötigt. Auf diese Weise werden jährlich etwa 3.200 m<sup>3</sup> Trinkwasser und Abwasser eingespart. Zudem wird für Toilettenspülung und Grünflächenbewässerung Regenwasser genutzt, so dass der Trinkwasserbedarf weiter minimiert wird.



Foto: UBS

**Abb. 2.2-3: Verwaltungsgebäude Darmstadt**

### **Urinale**

Insbesondere in Bürogebäuden kommen verstärkt sogenannte Trockenurinale zum Einsatz, die ohne Wasserspülung auskommen. Mit einer qualifizierten Wartung funktionieren sie problemlos. Mittlerweile sind sie in Deutschland in vielen gewerblichen Bereichen wie Stadien, Raststätten und Bürogebäuden im Einsatz.

In Büro- und Verwaltungsgebäuden werden in der Regel sensorgesteuerte Urinale eingesetzt. Die Spülmenge kann, speziell bei Urinalen mit Spüldüse, auf bis zu 0,8 Liter reduziert werden. Bei einigen Systemen kann die Spülmenge und -frequenz der Häufigkeit der Benutzung angepasst werden.

### **Wassersparende Armaturen**

Armaturen an Handwaschbecken sollten eine Durchflussmenge von 4 Litern pro Minute nicht überschreiten. An Handwaschbecken in Toilettenräumen sind Selbstschlussarmaturen eine sinnvolle Möglichkeit, um den Wasserverbrauch zu reduzieren.

Duschen ist ohne Komfortverlust mit einer Durchflussmenge von 6 bis 8 Litern pro Minute möglich. Voraussetzung dafür ist ein geeigneter Brausekopf und ein ausreichender Wasserdruck. Ältere Handbrausen ohne Wassersparvorrichtung können Durchflussmengen



Foto: UBS

**Abb. 2.2-4: Durchflussbegrenzer**

zwischen 15 und 20 Litern pro Minute aufweisen. Vorhandene Installationen können mit Durchfluss-Konstanthaltern kostengünstig nachgerüstet werden.



## Wasserzähler

Mit Zwischenzählern können Verbrauchsstellen mit hohem Einsparpotenzial oder defekte Geräte mit hohem Wasserverbrauch identifiziert werden. Der Aufwand für die Datenerfassung und -auswertung ist jedoch zu berücksichtigen. Eine Auswirkung auf das Verbrauchsverhalten haben sie daher nur bedingt und indirekt.

## Klimaanlagen

Ein Beispiel, in welchem der Wasserverbrauch durch die Einführung von wasserlosen Systemen auf null reduziert werden kann, ist der Ersatz von wassergekühlten Klimaanlagen. Bei Neubauten werden heutzutage in der Regel Klimaanlagen eingebaut, die Luft oder Erdkälte als Kühlmedien nutzen.



Foto: UBS

**Abb. 2.2-5: Wasserzähler**

### 2.2.4 Wasser mehrfach nutzen: Kreislaufführung und Grauwasserrecycling

#### Kreislaufführung und Wiederverwendung

Überall, wo leicht verschmutztes oder einfach aufzubereitendes Abwasser anfällt und gleichzeitig ein Bedarf an Betriebswasser besteht, das keine Trinkwasserqualität aufweisen muss, ist eine Mehrfachnutzung von Wasser sinnvoll. Beispielhaft sind die Anwendungsbereiche Reinigung, Toilettenspülung, Kühlung sowie Prozesswassernutzung.

Da sowohl Trinkwasser- als auch Abwassergebühren eingespart werden, ist ein besonderer wirtschaftlicher Vorteil bei einer Wiederverwendung von Wasser. Wenn aufgrund gesteigerter rechtlicher Anforderungen an die Abwassereinleitung eine weitergehende Vorreinigung des Abwassers notwendig wird, ist es in jedem Fall vorteilhaft, ggf. eine weitergehende Klärtechnik einzusetzen, mit der eine Betriebswasserqualität erreicht wird, die es ermöglicht, das Abwasser nochmals einzusetzen.

#### *Beispiel: Buswaschanlage*

Ein Omnibusbetrieb bei Gladenbach betreibt seit 1979 eine Recyclinganlage für Buswaschwasser. Notwendiges Frischwasser wird vorwiegend aus einem Speicher mit 12 m<sup>3</sup> Volumen entnommen. Abgesehen von kleineren Reparaturen läuft die Anlage seit über 20 Jahren problemlos. Es werden ca. 80 Prozent des Wassers wiederverwendet. Nach wenigen Jahren hatte sich die Anlage amortisiert, seitdem spart der Unternehmer Jahr für Jahr über 200 m<sup>3</sup> Trinkwasser und etwa 1.000 €.



Foto: UBS

**Abb. 2.2-6: Speicher Buswaschanlage**

## Grauwasserrecycling

Anlagen zum Recycling von Grauwasser gewinnen zunehmend an Bedeutung. Sie werden anschlussfertig in verschiedenen Größen industriell hergestellt. Grauwasser ist ein Teil des häuslichen Schmutzwassers, welches frei von Fäkalien ist. Es handelt sich somit um gering verschmutztes Abwasser aus Duschen, Waschbecken, Waschtischen und Waschmaschinen ggf. unter Einbezug von Küchenabwässern. Dieses Wasser lässt sich einfach zu Betriebswasser aufbereiten, welches für die Toilettenspülung sowie Bewässerungs- und Reinigungszwecke eingesetzt werden kann.

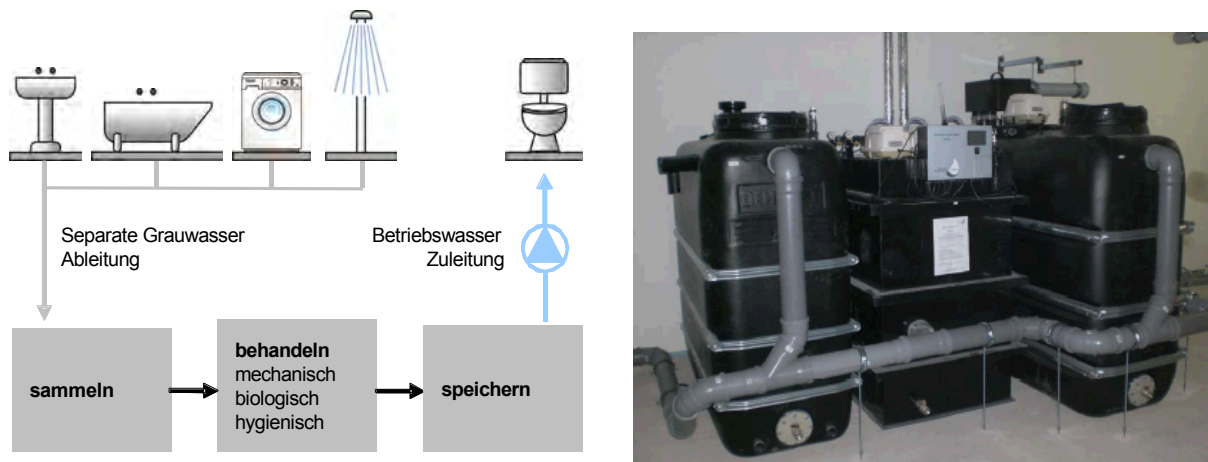


Foto: UBS

**Abb. 2.2-7: Grauwasserrecycling Fachhochschule Mainz**

Grauwasseranlagen benötigen jeweils ein separates Leitungsnetz zur Erfassung des Grauwassers sowie zur Verteilung des Betriebswassers. Je nach Anwendungszweck wird das Grauwasser in unterschiedlichen Anlagentypen, z.B. mittels der Kombination aus biologischer Behandlung und nachgeschalteter Membranfiltration aufbereitet.

Aus einem Vorlagebehälter wird das Betriebswasser dann mittels einer Druckerhöhungsanlage in ein separates Verteilnetz gefördert. Es sind Systeme in der Entwicklungsphase zur Nutzung der Wärme im Grauwasser.

Die Vorteile des Grauwasser-Recyclings sind:

- Grauwasser fällt täglich in nahezu gleicher Menge an.
- Im Vergleich zu Regenwasser wird Grauwasser witterungsunabhängig erzeugt.
- Grauwasser hat einen nutzbaren Wärmegehalt.
- Die Trink- und Abwassergebühr wird reduziert.

*Beispiel: Grauwassernutzung in einem Hotel in Offenbach am Main*

In einem Hotel in Offenbach wird das zur Verfügung stehende, nur gering verschmutzte Wasser aus Duschen und Badewannen von 211 Hotelzimmern für die Toilettenspülung und für die Bewässerung der Freianlagen aufbereitet. Die Grauwasseraufbereitung ist in der Tiefgarage platziert und beansprucht den Platz von drei PKW-Stellflächen. Die Anlage einschließlich der zusätzlichen Leitungen im Betriebsraum hat etwa 100.000 € Investitionskosten verursacht. Seit 1996 funktioniert die Anlage einwandfrei und ermöglicht eine durchschnittliche jährliche Einsparung von 2.500 m<sup>3</sup> Trinkwasser.



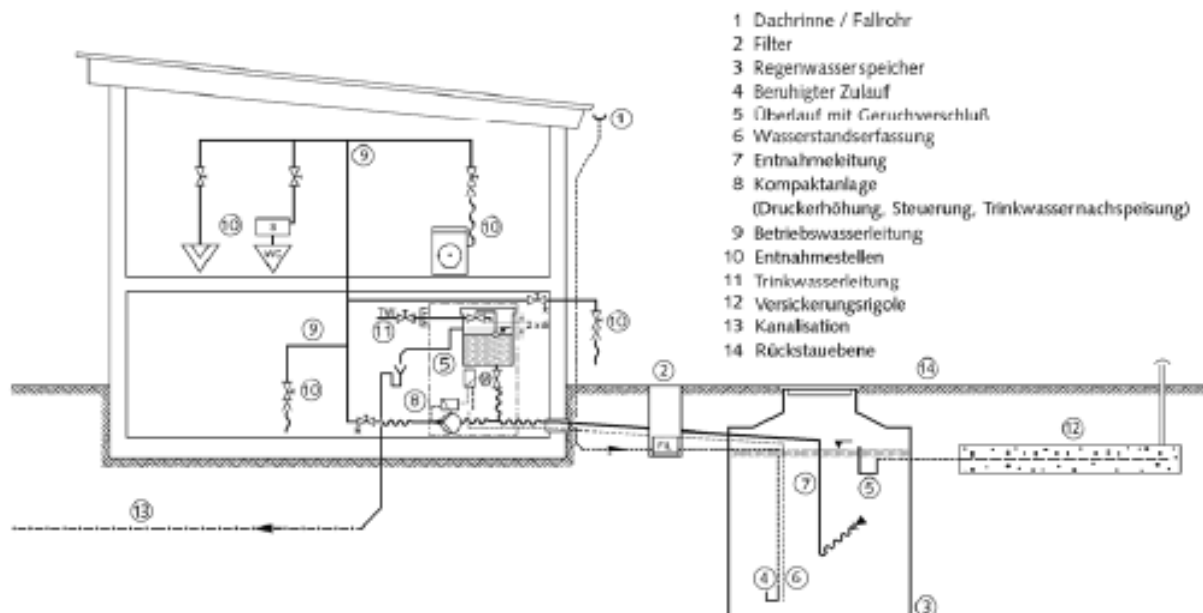
Fotos UBS

**Abb. 2.2-8: Grauwasserrecycling im Arabella Hotel Offenbach**

### 2.2.5 Regenwasser nutzen

Regenwasser eignet sich zum Beispiel für die Toilettenspülung, für die Gartenbewässerung und für Reinigungszwecke. Das Sparpotenzial für Trinkwasser in Haushalten liegt bei ca. 30 Prozent. Im Dienstleistungsbereich, in dem der überwiegende Teil des Wasserverbrauchs auf die Toilettenspülung entfällt, kann bis zu 50 Prozent Trinkwasser durch Regenwasser ersetzt werden. Im gewerblichen Bereich hat sich die Regenwassernutzung bei KFZ-Waschanlagen und Gärtnereien zu Bewässerungszwecken am weitesten durchgesetzt. Durch den geringen Kalkgehalt ist Regenwasser in einigen Anwendungsbereichen, wie zum Beispiel beim Wäschewaschen und für Reinigungszwecke gegenüber Trinkwasser im Vorteil.

#### Anlagen zur Regenwassernutzung



Quelle: DIN 1989

**Abb. 2.2-9: Regenwassernutzungsanlage mit Außenspeicher nach DIN 1989**

Regenwassernutzungsanlagen werden bundesweit von vielen Herstellern komplett inklusive Planung und Wartung angeboten, so dass der Aufwand für den Anwender minimal

ist. Die technischen Randbedingungen sind in der DIN 1989 Regenwassernutzungsanlagen in vier Teilen definiert. Die Regenwassernutzung ist zwischenzeitlich Stand der Technik (vgl. HMULV 2003, fbr 2007 – 2010).

Aus qualitativen Gründen wird im Allgemeinen nur Regenwasser verwendet, das von Dachflächen abfließt.

Mit Ausnahme einer Filterung, bei der grobe Schmutzstoffe, wie zum Beispiel Laub und Staub abgeschieden werden, ist keine gesonderte Aufbereitung erforderlich. Das gefilterte Regenwasser wird in einem Speicher gesammelt und von dort über eine Regenwasserzentrale in einem separaten Leitungsnetz zu den einzelnen Verbrauchsstellen gefördert. Für den Fall, dass sich kein Regenwasser mehr im Speicher befindet, ist eine Trinkwassernachspeisung in den Geräten integriert.

Zusätzlich zur Trinkwassereinsparung wird durch die Nutzung des Regenwassers als weiterer Effekt im Sinne des nachhaltigen Bauens weniger Regenwasser in die Kanalisation abgeleitet. Diese Ableitung erfolgt zudem nur mit Verzögerung, so dass die Spitzen des Regenwasseranfalls gemildert werden. Bei richtig dimensionierten Anlagen kann ca. 90% des Jahresniederschlages genutzt werden. Die Regenwassernutzung ist daher ein wichtiger Baustein der Regenwasserbewirtschaftung (s. Abschnitt 2.3).

*Beispiel: Regenwassernutzung in einem Büro- und Gewerbegebäude in Frankfurt am Main*

Das Regenwasser der Dachflächen von dem Gewerbegebäude am Frankfurter Westbahnhof wird durch Vorfilter geleitet und in zwei außenliegenden Teichen mit einem Gesamtvolumen von ca. 430 m<sup>3</sup> gespeichert (vgl. fnr 2007). Dieses Wasser zirkuliert durch bepflanzte Wasserbecken und wird dadurch soweit gereinigt, dass es für den Spielteich des Betriebskindergartens genutzt werden kann. Der Überlauf beider Teiche speist eine Zisterne mit einem Volumen von 25 m<sup>3</sup>. Daraus werden insgesamt 50 Wasserspartoiletten und 17 Urinale versorgt. Zudem dient es zur Bewässerung der umfangreichen Grünpflanzen. Etwa 400 m<sup>3</sup> Regenwasser können jährlich für die genannten Einsatzbereiche im Gebäude genutzt werden.



Foto: UBS

**Abb. 2.2-10: Bürogebäude Frankfurt am Main**

## 2.3 Regenwasserbewirtschaftung

### 2.3.1 Bedeutung für die Umwelt

#### Bewahrung des örtlichen Wasserhaushalts

Für nachhaltige siedlungswasserwirtschaftliche Konzepte besteht das vorrangige Umweltschutzziel darin, den natürlichen örtlichen Wasserhaushalt zu erhalten bzw. so weit wie möglich zu schonen. Der örtliche Wasserhaushalt wird wesentlich bestimmt durch die Aufnahme des Niederschlagswassers im Boden und die Verdunstung über die Oberfläche. Eingriffe in den örtlichen Wasserkreislauf sollten so gering wie möglich ausfallen und unvermeidbare Eingriffe sollten durch dezentrale, semizentrale und zentrale Maßnahmen ausgeglichen werden. Die ökologisch orientierte Bewirtschaftung des Niederschlagswassers hat hierfür entscheidende Bedeutung.

#### Elemente der Regenwasserbewirtschaftung

In einem nachhaltigen System der Regenwasserbewirtschaftung sollte mit einer Vielzahl einzelner aufeinander abgestimmter Maßnahmen erreicht werden,

- das Regenwasser so lange wie möglich zurückzuhalten, damit es verdunsten und versickern kann,
- das Regenwasser zu nutzen, um die Trinkwasserressourcen zu schonen,
- das Regenwasser, falls notwendig, nur stark verzögert und gedrosselt aus besiedelten Flächen abzuleiten, damit die nachfolgende Kanalisation entlastet wird,
- das Regenwasser als Gestaltungs- und Erlebniselement zu zeigen und
- mindestens gleichwertige oder höhere Sicherheits- und Komfortansprüche wie klassische Systeme der Niederschlagswasserableitung zu erfüllen.

Elemente zur Bewirtschaftung von Regenwasser sind

- die Nutzung von Regenwasser (s. 2.2.4),
- die wasserdurchlässige Herstellung von Flächen, die für ihre Nutzung befestigt werden müssen,
- der Einsatz von Gründächern,
- die gezielte Versickerung von Regenwasser sowie
- die Rückhaltung, Verdunstung und naturnahe Ableitung von Regenwasser. (vgl. Sieker et al. 2006)

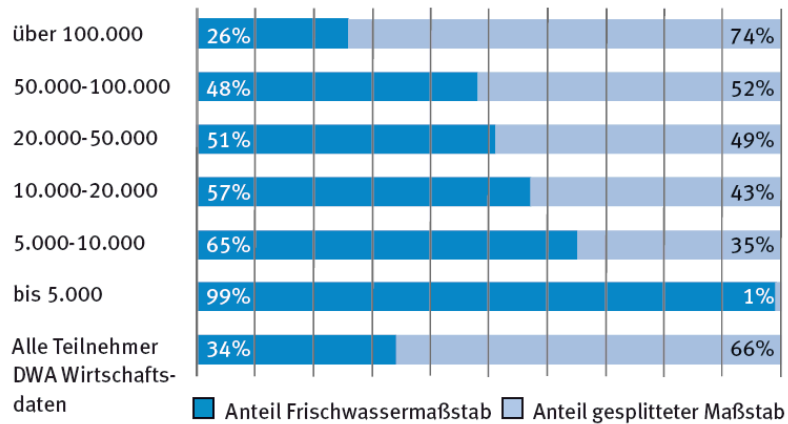
### 2.3.2 Versiegelung vermeiden

Unter Bodenversiegelung wird das teilweise oder vollständige Abdichten von Böden durch Beläge von Verkehrs- und Freiflächen verstanden. Je nach Art der Befestigung wird die Aufnahme von Wasser in den Boden, aber auch alle anderen Austauschvorgänge zwischen Boden und Atmosphäre stark reduziert bis ganz unterbunden.

Im Jahr 2006 wurden etwa 13 Prozent der Fläche der Bundesrepublik für Siedlung und Verkehr genutzt. Hiervon sind etwa 43 bis 50 Prozent versiegelt. Dies entspricht einer versiegelten Fläche von etwa 25.000 Quadratkilometern. Die versiegelte Fläche nimmt täglich um etwa 95 Hektar zu (Stat. Bundesamt 2009).

Neben der Zerstörung von Bodenfunktionen und der Verminderung der Grundwasserneubildung führen versiegelte Flächen neuerdings durch Änderungen der Abwassersatzungen der Kommunen zu steigenden finanziellen Belastungen.

Der Anteil der Kommunen, die Wassergebühren getrennt nach Schmutzwasser und Regenwasser erheben, lag im Jahr 2007 bereits bei 20 Prozent - mit weiter steigender Tendenz (Lamp/Grundmann 2009). Die Regenwassergebühr richtet sich dabei nach der versiegelten, an die Kanalisation angeschlossenen Fläche.



Quelle: DWA 2009

**Abb. 2.3- 1: Anwendung der Gebührenmaßstäbe für die Abwasserbeseitigung 2008 nach Gemeindegrößen**

Für öffentliche Einrichtungen und Gewerbebetriebe

mit großen Dach- oder Hofflächen bedeutet dies, dass sich die Gebührenbelastung bei Einführung der sogenannten gesplitteten Gebühr drastisch erhöht.

Vor diesem Hintergrund hat sich die wasserdurchlässige Befestigung bei der Neuerrichtung von Stellplätzen und Hofflächen bereits als Standard weitgehend durchgesetzt, wo dies bautechnisch und ohne Gefährdung des Grundwassers möglich ist.

### Entsiegelungspotenziale gewerblicher Standorte

Öffentlich und gewerblich genutzte Flächen weisen oft hohe Versiegelungsgrade von 75 bis nahezu 100 Prozent auf. Das Entsiegelungspotenzial, d.h. die Möglichkeiten, im Außenbereich wasserundurchlässige Beläge zu entfernen und die Flächen danach mit Bodenmaterialien zu verfüllen, ist bei gewerblich genutzten Flächen jedoch als gering einzustufen und wird aus wirtschaftlichen Gründen oft nicht oder nur im Rahmen der generellen Neugestaltung der Freiflächen realisiert.

Das Potenzial von wasserundurchlässig befestigten Außenflächen, bei denen ein anderer Belag eingebaut werden kann, ist dagegen wesentlich relevanter. Schätzungsweise die Hälfte der zurzeit noch wasserundurchlässig befestigten Gewerbeflächen eignen sich für den Einbau einer durchlässigen Befestigung. Vielfältige Materialien, wie zum Beispiel Splittfugen- oder Porenpflaster, sind zur dauerhaften Gestaltung von befahrbaren Park- und Hofflächen geeignet.

### Rechtliche Voraussetzungen für eine Flächenentsiegelung

Versiegelte Flächen sind nach der Hessischen Bauordnung (HBO) im Grundsatz bauliche Anlagen, deren Errichtung, Änderung oder Abbruch ein baugenehmigungspflichtiges Vorhaben darstellt. Abstellplätze für Fahrräder bzw. sonstige Flächen bis 300 Quadratmeter Fläche in durch Bebauungsplan festgesetzten Gewerbe- und Industriegebieten sind jedoch von einer Baugenehmigung freigestellt.

Werden bei Entsiegelungsmaßnahmen wesentliche Teile der Grundstücksentwässerung geändert, ist dies der Kommune anzuzeigen und entsprechend kommunalem Satzungs-

recht zur Genehmigung vorzulegen. In Wasserschutzgebieten sind die relevanten Regelungen der entsprechenden Wasserschutzgebietsverordnung zu beachten. Liegt die Fläche im Bereich einer Altlast, ist die geplante Entsiegelungsmaßnahme hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Schadstoffe zu bewerten und das Vorgehen mit der zuständigen Fachbehörde abzustimmen.

### **Aufbau einer wasserdurchlässigen Befestigung**

Eine Oberflächenbefestigung besteht aus einer Tragschicht oder dem sogenannten Unterbau und dem Oberbau. Auf den vorhandenen Untergrund wird eine Tragschicht aus einem Kies-Schotter-Brechsandgemisch aufgebracht. Bei den Pflasterungen folgt nun das Pflasterbett, in das die Pflastersteine verlegt werden. Bei Einfachbauweisen, die geschützt und verdichtet werden, erfolgt der Oberbau direkt auf die Tragschicht (z.B. Schotterrasen).

### **Hoch belastbare Befestigungsarten:**

#### *Splittfugenpflaster*

Bei dieser Pflasterart erfolgt die Versickerung nur über die Fugen. Durch die Verfüllung der Zwischenräume mit Splitt ist die Belastbarkeit groß. Somit eignet sich Splittfugenpflaster für gewerbliche Nutzungen aller Art, für Zufahrten und Stellplätze ebenso wie für Gewerbe- und Speditionshöfe. Die Belange des Grundwasserschutzes sind jedoch speziell bei stark befahrenen Gewerbeflächen zu berücksichtigen. Nach längerer Zeit kann das Auffüllen von ausgekehrtem Fugenmaterial notwendig sein.



### **Belastbare Befestigungen:**

#### *Rasengittersteine*

Die Befestigung von Flächen mit Rasengittersteinen hat den Vorteil eines hohen Grünanteils. Die Befestigungsart ist für Parkflächen oder Feuerwehruzufahrten geeignet. Rasengitter gibt es aus Beton oder aus grün eingefärbtem Recycling-Kunststoff.



#### *Rasenfugenpflaster*

Rasenfugenpflaster verbindet Nutzerfreundlichkeit mit einem hohen Grünanteil. Eine Parkfläche, die auf diese Art befestigt ist, sieht optisch ansprechend aus und ist auch nach längerem Regen gut nutzbar.



### *Porenpflaster*

Die porigen Pflastersteine sind luft- und wasser-durchlässig. Die Versickerung erfolgt durch die Steine als auch durch die Fugen. Optisch ist diese Oberfläche kaum von herkömmlichen Pflasterflächen zu unterscheiden. Porenpflaster ist für alle Flächen, die keiner großen Verschmutzung ausgesetzt sind, wie z.B. Zufahrten und Gehwege, geeignet.



### **Gering belastbare Befestigungsarten**

#### *Schotterrasen*

Diese naturnahe Befestigungsart ist für gelegentlich genutzte Parkflächen, Seitenstreifen von Straßen oder Parkflächen und Feuerwehruzufahrten ohne häufigen Rangierverkehr geeignet. Die Befestigungsart ist preiswert und pflegeleicht.



#### *Kies- und Splittdecken*

Bekieste Parkflächen, für wenig frequentierte Stellflächen z.B. von Mitarbeitern, sind eine preiswerte Alternative zu Pflasterflächen. Ein weiterer Anwendungsbereich sind sporadisch genutzte Hofflächen und Fußwege.

#### *Beispiel: Wasserdurchlässige Befestigung Büroparkplatz in Künzell*

In Künzell wurden bei dem Computer- und Softwarestudio CSS 1.000 Quadratmeter Stellplatzfläche wasser-durchlässig befestigt. Als Belag wurde Splittfugenpflaster gewählt.

Eine Regenwassernutzungsanlage dient der Versorgung von elf Toiletten. Von dem Grundstück fließt somit praktisch kaum Regenwasser in die Kanalisation, der Großteil wird genutzt oder versickert.



alle Fotos Befestigungen: UBS

Foto: UBS

**Abb. 2.3.2 Wasserdurchlässige Befestigung Büroparkplatz in Künzell**



## Dachbegrünung

Die Begrünung von Dächern ist zwar nicht als Entsiegelung einzustufen, weist jedoch nahezu ähnlich positive Wirkungen auf. Das Kleinklima wird durch die erhöhte Verdunstung verbessert, der Regenwasserabfluss reduziert sich je nach Dachaufbau erheblich (s. Liesecke 1993). Tab. 2.3-1 gibt Anhaltswerte für die jährliche Wasserrückhaltung von Gründächern in Abhängigkeit von den Aufbaudicken.



Fotos: UBS

### Abb. 2.3-3: Gründächer bei Gewerbebauten

Bei den meisten Kommunen, die die Abwassergebühr getrennt berechnen, wird bei einer Dachbegrünung aus diesem Grund nur die Hälfte der Gebühr erhoben. Für die Gewerbeobjekte kommen extensive und intensive Dachbegrünungssysteme in Frage. Entscheidungen hierzu sind rechtzeitig in der Entwurfsphase der Gebäude zu fällen.

**Tab 2.3-1: Anhaltswerte für die prozentuale jährliche Wasserrückhaltung bei Dachbegrünungen in Abhängigkeit von der Aufbaudicke**

Art der Begrünung	Aufbaudicke in cm	Vegetationsform	Wasserrückhaltung im Jahresmittel in %	Jahresabflussbeiwerte $\psi_a$ / Versiegelungsfaktor
Extensivbegrünungen	2 – 4	Moos-Sedum-Begrünung	40	0,60
	> 4 – 6	Sedum-Moos-Begrünung	45	0,55
	> 6 – 10	Sedum-Moos-Kraut-Begrünung	50	0,5
	> 10 – 15	Sedum-Kraut-Gras-Begrünung	55	0,45
	> 15 – 20	Gras-Kraut-Begrünung	60	0,40
Intensivbegrünungen	15 – 25	Rasen, Stauden, Kleingehölze	60	0,40
	> 25 – 50	Rasen, Stauden, Sträucher	70	0,30
	> 50	Rasen, Stauden, Sträucher, Bäume	>90	0,10

Quelle: FLL 2008

### 2.3.3 Regenwasser versickern

Regenwasser, das von versiegelten Flächen abfließt, sollte nach Möglichkeit vor Ort versickert werden (s. Bullermann/Moche 2005, UBA 2005 Sieker et al. 2006, LfU 2009). Die gezielte Versickerung von Wasser setzt jedoch voraus, dass der Boden ausreichend wasserdurchlässig ist. Des Weiteren ist der qualitative und quantitative Boden- und Grundwasserschutz zu berücksichtigen. Diese Aspekte sind bei größeren Maßnahmen in gewerblichen oder öffentlichen Bereichen mit einem qualifizierten Versickerungsgutachten zu klären. Bei einer gezielten Versickerung von Regenwasser aus öffentlich oder gewerblich genutzten Flächen ist eine wasserrechtliche Erlaubnis gemäß § 7a WHG bei der unteren Wasserbehörde zu beantragen.

In der Regel sollte Wasser aus folgenden Bereichen versickert werden:

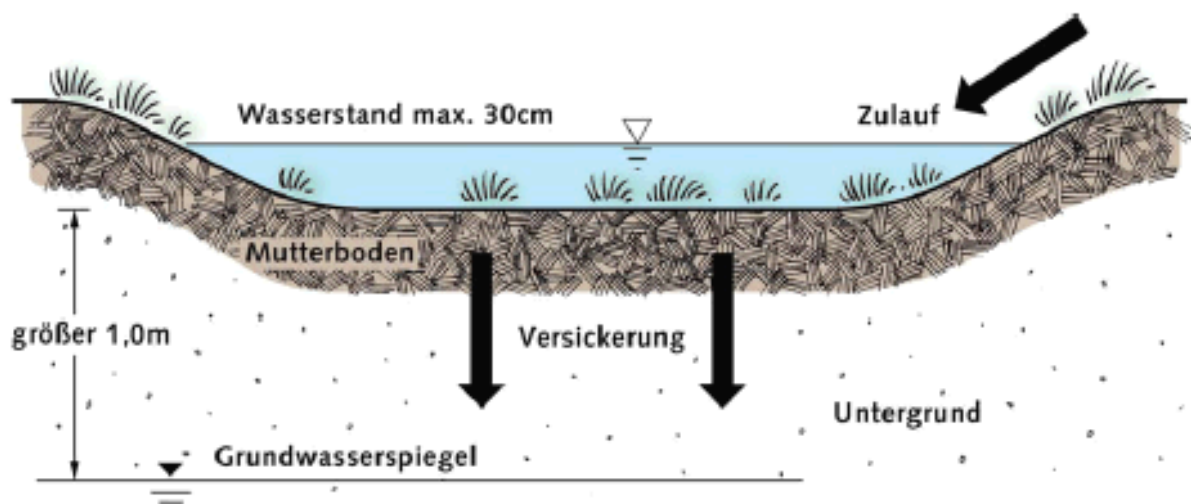
- Dachflächen
- Überläufe aus Regenwasserspeichern
- Verkehrsflächen mit geringer Verschmutzung

Falls Dachflächen aus metallischen Werkstoffen hergestellt sind, ist der Ablauf mit speziellen Filtern zu reinigen. Die Abflüsse von Verkehrsflächen sollten in der Regel nur über die belebte Bodenzone in Mulden oder spezielle Versickerungssysteme mit Reinigungsfunktion versickert werden. Dabei sind die Belange des qualitativen Grundwasserschutzes zu berücksichtigen.

Durch die zunehmende Einführung einer nach Schmutzwasser und Niederschlagswasser gesplitteten Abwassergebühr, bei der pro Quadratmeter abflusswirksamer an die Kanalisation angeschlossener Fläche zwischen 0,50 bis 1,50 € zu entrichten sind, kann bei großen Verkehrs- und Dachflächen durch die Versickerung von Regenwasser eine erhebliche Gebührentlastung erzielt werden. Für ca. 47% der Bevölkerung ist bereits die Niederschlagswassergebühr eingeführt (Stand 2007).

Der Stand der Technik zur Versickerung von Regenwasser ist in dem Arbeitsblatt A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA 2005) definiert.

Je nach verfügbarer Fläche, örtlichen Verhältnissen und Wasserdurchlässigkeit des Bodens bestehen verschiedene Möglichkeiten der Versickerung von Regenwasser in Mulden, Rigolen, Röhren bzw. in Kombinationen solcher Anlagen.



**Abb. 2.3-4: Sickermulde**

Quelle: UBS

### **Muldenversickerung**

In flachen, begrünten Bodenvertiefungen wird Wasser nur kurze Zeit zwischengespeichert, bis es versickert. Die Versickerungsmulde wird genutzt und gepflegt wie andere Grün- bzw. Rasenflächen. Die Durchwurzelung der Mulden und die biologische Aktivität des Oberbodens sorgen für eine dauerhaft gute Durchlässigkeit. Die Muldenversickerung ist eine einfache Methode zur Versickerung von Regenwasser, zudem werden durch die biologische Aktivität in der oberen Bodenzone Schmutzstoffe, die im Regenablauf enthal-

ten sind, zurückgehalten und abgebaut. Diese Art der Versickerung bietet das größte Reinigungspotenzial der beschriebenen Versickerungsmethoden und ist hinsichtlich des qualitativen Grundwasserschutzes deswegen bevorzugt in gewerblichen und öffentlichen Bereichen einzusetzen.



**Abb. 2.3-5: Messe Frankfurt am Main**

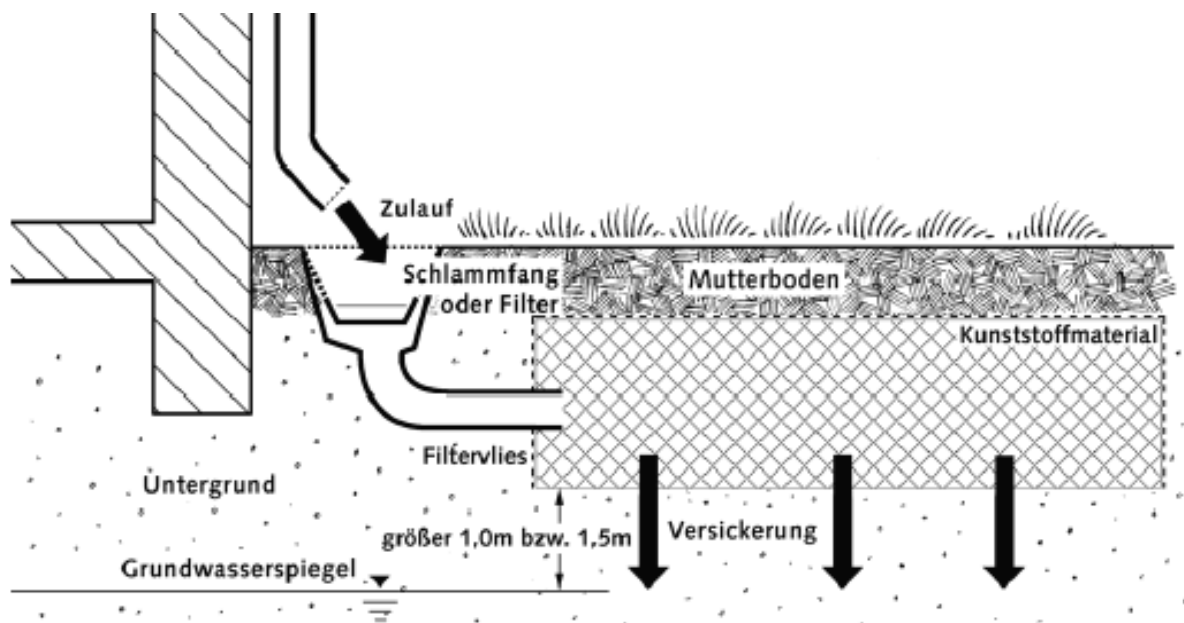


**Abb. 2.3-6: Sickermulde Trebur**

Fotos: UBS

### Rohr- und Rigolenversickerung

Eine Rigolenversickerung besteht aus speziellen Kunststoffkörpern (s. fbr Marktübersicht 2009) oder einer Kies-/Schotterpackung. Die Rigole wird an den Seiten und oben von einem Geotextilgewebe abgedeckt. Das Niederschlagswasser wird durch Rohrleitungen in die Rigole geführt und dort bis zu seiner Versickerung zwischengespeichert. Der Rigolenkörper ist, nicht sichtbar, unter der Erdoberfläche eingebaut und somit kann die Fläche z.B. als Grünfläche oder Parkplatz genutzt werden. Je nach gewähltem Rigolenmaterial kann die Rigole uneingeschränkt befahren werden. Die Belange des Grundwasserschutzes sind zu beachten. Zu versickern ist nur Dachwasser oder vorgereinigtes Wasser, wie beispielsweise der Überlauf eines Regenwasserspeichers.



**Abb. 2.3-7: Rigolenversickerung**

Quelle: UBS



Waldstadion



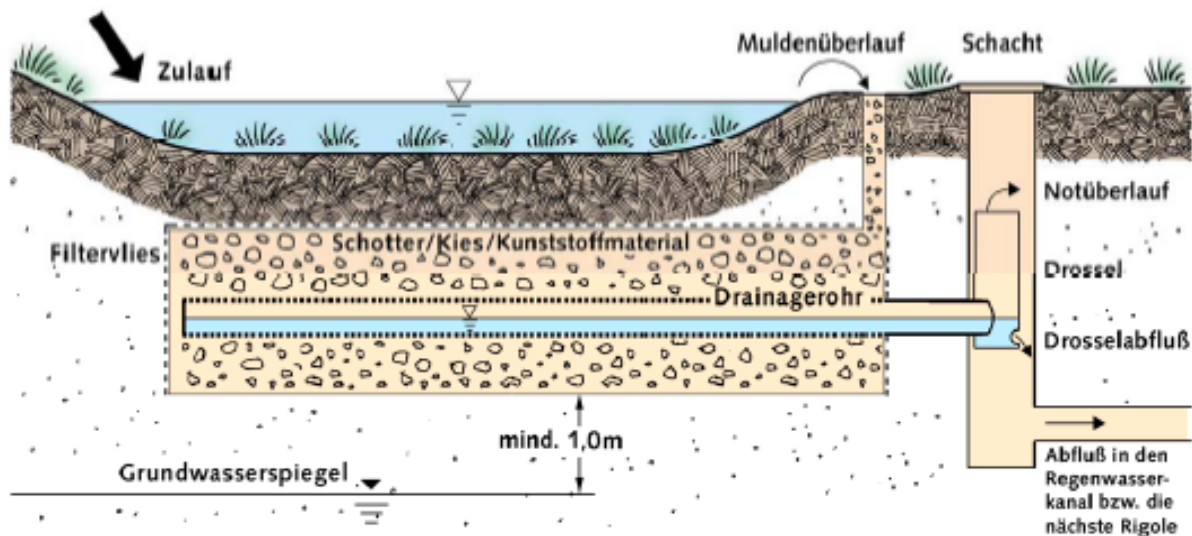
Parkhaus Rebstock

**Abb. 2.3-8: Rigolenversickerung in Frankfurt am Main**

Foto: UBS

### Mulden – Rigolenversickerung

Mulden-Rigolen-Systeme sind eine Kombination von offenen Versickerungsmulden und unterirdischen Rigolen. Sie werden häufig bei geringeren Bodendurchlässigkeiten und wenn nur wenig Flächen für Mulden zur Verfügung stehen, gewählt. Oftmals ist es günstig, sie als vernetzte Systeme parallel zu Verkehrsflächen oder Plätzen anzulegen. Sie können auch als Rückhaltesystem mit gedrosseltem Abfluss eingesetzt werden.



**Abb. 2.3-9: Mulden-Rigolenversickerung**

Quelle: UBS

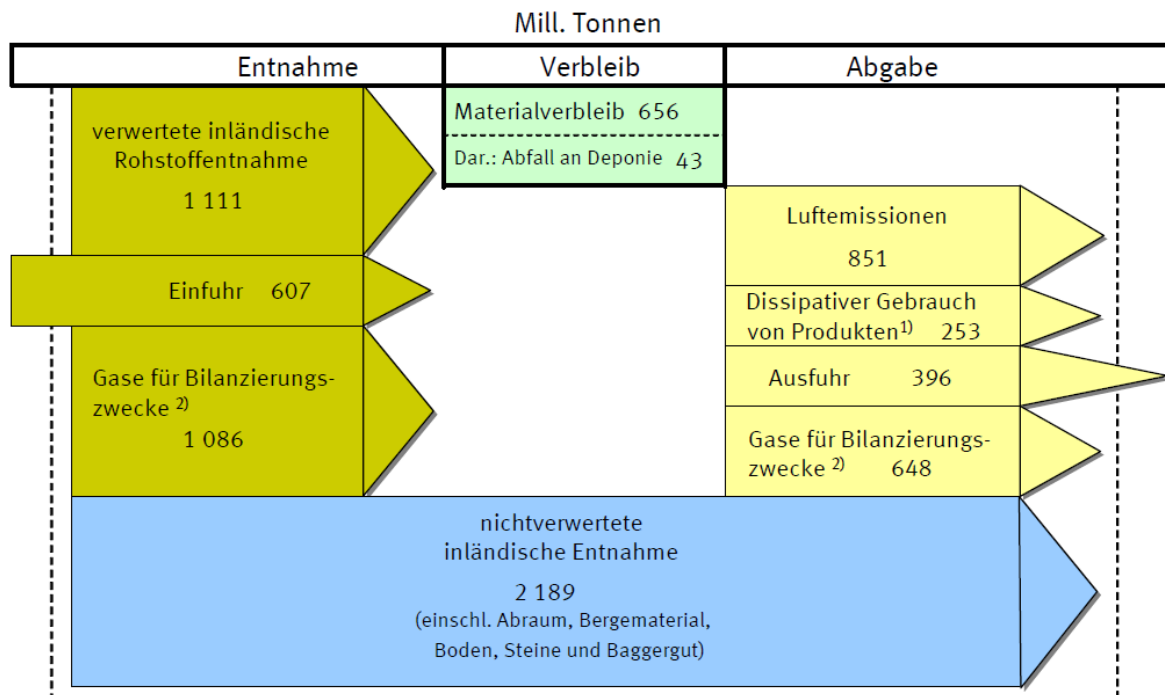
## 2.4 Einsatz von Baustoffen nach Kriterien der Nachhaltigkeit

### 2.4.1 Bedeutung für die Umwelt

#### Stoffströme im Bauwesen

Durch Errichtung, Umbau und Abbruch von Gebäuden wie auch deren Nutzung werden Ressourcen in sehr großen Mengen verbraucht und entsprechend große Stoffströme ausgelöst:

- Mineralische Rohstoffe und Holzprodukte wurden in Deutschland 2009 in einer Größenordnung von rund 190 Mio. t jährlich für die Errichtung und Erhaltung von Gebäuden eingesetzt; das ist etwa ein Drittel aller im Inland verbleibenden und genutzten Ressourcen<sup>1</sup> (statistischer „Materialverbleib“).
- Mehr als die Hälfte der jährlich zu entsorgenden Abfallmassen sind Baurestmassen nach Umbau und Abbruch<sup>2</sup> (vgl. 2.1).
- Zudem entfallen 40% des jährlichen Endenergieverbrauchs auf Heizung und Warmwasserbereitung in Gebäuden<sup>3</sup>, davon 94% aus nicht erneuerbaren Ressourcen.



- \*) Entnahmen und Abgaben von Material ohne Wasser.  
 1) Einschl. dissipativen Verlusten, ohne Emissionen im Abwasser.  
 2) Insbesondere für bzw. aus Verbrennungsprozessen (O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> bzw. H<sub>2</sub>O).

Statistisches Bundesamt  
Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2009

**Abb. 2.4-1: Materialkonto Deutschland (2007): Entnahmen und Abgaben von Material ohne Wasser**

<sup>1</sup> „Materialverbleib“ 2007 rund 613 Mio. t ohne Abfall an Deponien (Stat. Jahrb. 2009); vgl. zu den Grundlagen der Schätzung im übrigen Fn.5

<sup>2</sup> Stat. Jahrb. 2009, Abfallbilanz 2007, Tab. 12.6; Abfallaufkommen insgesamt 387 Mrd. t (100%), darunter 202 Mrd. t Bau und Abbruch (52%), darunter 113 Mrd. t Boden, Steine und Baggergut (29%)

<sup>3</sup> BMVBS 2007; 29,3 der Endenergie wird in privaten Haushalten verbraucht, davon 74% für die Raumheizung und 11% für Warmwasser; vgl. Anteil der privaten Haushalte am gesamten Endenergieverbrauch 2004: 27,3% (UBA 2006)

Einen Überblick über Stoffströme und Ressourcenverbrauch in Deutschland insgesamt (das nationale „Materialkonto“) gibt Abb. 2.4-1. Wieweit darunter der Ressourcenverbrauch in Deutschland dem Bauwesen, Hoch- und Tiefbau, und darunter dem Hochbau, bzw. Gebäuden, zuzurechnen ist, wird statistisch nicht unmittelbar erfasst, lässt sich aber in Größenordnungen abschätzen. Modellrechnungen nähern sich konkreten Mengenzuordnungen anhand von zwei unterschiedlichen Berechnungsverfahren: zum einen indem statistisch erfasste Stoffströme von Ressourcen nach Plausibilität dem Bauwesen zugeordnet werden (*Erfassung top-down*) und zum andern anhand statistischer Daten zu den errichteten Bauwerken bzw. Gebäuden (*Erfassung bottom-up*)<sup>4</sup>. Dabei werden für die in den Gebäuden verwendeten Materialien Annahmen zu deren Anteilen getroffen und zu Gesamtmengen hochgerechnet (vgl. z.B. Arendt 2000, Weber-Blaschke/Faulstich et al. 2005).

Berechnungen für das Jahr 2000 haben ergeben, dass für Neubau und Instandsetzung von Wohngebäuden mineralische Ressourcen in einem Umfang von fast 150 Mio. t verwendet wurden (80% Neubau, 20% Instandhaltung). Weiterhin wurden für Wohngebäude 4,5 Mio. t Holz bzw. 3 Mio. t Holzprodukte (Schnittholz und Holzwerkstoffzeugnisse) verwendet; hinzu kommen Metalle und weitere Materialien, z.B. Kunststoffe, Anstrichstoffe etc. (UBA 2004). Umgerechnet auf das Jahr 2009 und auf den gesamten Hochbau ergeben sich daraus rund 193 Mio. t bzw. rund ein Drittel der in Deutschland verbleibenden Rohstoffe, die der Errichtung und der Unterhaltung von Gebäuden zuzuordnen sind<sup>5</sup>. Nicht berücksichtigt sind die Stoffflüsse für den Innenausbau und für die erforderliche Infrastruktur zur Erschließung (Verkehr und Versorgung).

Statistisch wird als Verbleib der Teil der Stoffströme erfasst, der tatsächlich im Inland genutzt wird. Das waren 2007 gerade 12% des gesamten Stoffstroms von rund 5 Mrd. t. Dagegen wurde 44% der Materialien nicht verwertet, wie Abraum, Bergematerial, Boden Steine und Baggergut, die ebenfalls zu einem großen Teil durch Bautätigkeit ausgelöst werden.

### **Auswirkungen von Baustoffen auf die Umwelt**

Erzeugung, Anwendung und Beseitigung der Baumaterialien und Bauprodukte sind zwangsläufig mit Beeinträchtigungen der Umwelt verbunden. Entnahmen von Materialien aus der Umwelt greifen in den Grundwasserhaushalt ein, zerstören gewachsene Böden, hinterlassen unfruchtbaren Abraum und verändern durch Abgrabungen und Aufschüttungen die Landschaft. Nicht nur in Deutschland, sondern durch Materialimporte an Standorten weltweit.

Die großen Stoffströme im Bauwesen belasten die Umwelt beginnend an den Standorten der Entnahme der Rohstoffe, durch die Produktionsverfahren bei der Herstellung der Bauprodukte, durch die Transporte zu den Orten der Verwendung, bei der Verwendung auf der Baustelle<sup>6</sup> und bei der späteren Beseitigung, durch Energieverbrauch und durch

---

<sup>4</sup> vgl. zur Vorgehensweise Enquete-Kommission 1999

<sup>5</sup> Im Bauhauptgewerbe (ohne Ausbaugewerke), dem die Stoffflüsse mineralischer Rohstoffe und Holz im Wesentlichen zuzuordnen sind, waren im Jahr 2000 im Wohnungsbau insgesamt 34,7 Mrd. € umgesetzt worden, im Hochbau (auch Wirtschaftsbaue und öffentlicher Bau) zusammen 64,7 Mrd. € (Stat. Bundesamt 2010); 2009 beliefen sich die entsprechenden Umsätze auf 24,6 bzw. 50,7 Mrd. €. Unter der Annahme, dass auch 2009 Ressourcen in den Relationen wie 2000 für die Gebäude eingesetzt wurden, ergibt sich hochgerechnet und preisbereinigt aus dem Volumen der 2000 im Wohnungsbau eingesetzten mineralischen Rohstoffe und Holzprodukte ein Gesamtvolumen für alle Gebäude (Hochbau) von rund 193 Mio. t im Jahr 2009.

<sup>6</sup> Zur Bodenbelastung beim Bauen vgl. Greiff / Kröning 1993

die Emission von Schadstoffen in die Umweltmedien Boden, Wasser und Luft. Allein durch Energienutzung werden unvermeidlich Treibhausgase wie CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> emittiert.

Ohne jede Beeinträchtigungen der Umwelt ist die Herstellung von Bauprodukten und Gebäuden nicht möglich. Ziel ist daher, diese so weit wie technisch und wirtschaftlich möglich auf ein für die Umwelt tragbares Maß zu reduzieren, das Kriterien der Nachhaltigkeit entspricht und durch Regenerationsrate, Nutzungsrate sowie Aufnahmekapazität und Reaktionsvermögen der Umwelt begrenzt ist (s.o. 1.1; Deutscher Bundestag / Enquete-Kommission 1998, vgl. Graubner/Lützkendorf 2007)

Die Belastungen der Umwelt durch Bauprodukte sind so unterschiedlich wie deren stoffliche Zusammensetzung und Produktionsbedingungen. Ob es sich um Veränderungen der Landschaft handelt, wie bei der oberflächigen Sand – und Kiesgewinnung mit Auswirkungen auch auf den örtlichen Grundwasserhaushalt oder um einen außerordentlich hohen spezifischen Verbrauch an Primärenergie wie bei der Verhüttung von Bauxit zu Rohaluminium mit elektrischer Energie und einem entsprechend hohen Maß an CO<sub>2</sub>-Emissionen – die Folgen für die Umwelt sind sehr unterschiedlich und kaum miteinander vergleichbar.

Zu berücksichtigen ist darüber hinaus, in welchen Mengen der Baustoff im Bauwesen insgesamt eingesetzt wird, bzw. welchen Anteil er am einzelnen Gebäude hat. Von Bedeutung ist zudem, welche technischen Alternativen zu einem bestimmten Baustoff jeweils bestehen und welcher technische Nutzen mit dem Baustoff verbunden ist, bzw. welche für die Umwelt positiven Eigenschaften ggf. gegengerechnet werden können.

Ein Weg, unterschiedliche und letztlich nicht vergleichbare Eigenschaften zueinander in Bezug zu setzen, ist die Erstellung von Ökobilanzen. Bei dem durch DIN EN ISO 14040:2006-10 „Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen“ geregelten Verfahren der Ökobilanzierung werden nach ausgewählten Kriterien nachteilige Auswirkungen auf die Umwelt sowie die eingesetzten Ressourcen bilanziert (vgl. 1.1.3). Für die einzelnen Baustoffe wird ihr Potenzial an Umweltbelastung ermittelt von der Gewinnung der Rohstoffe, über die Herstellung des Produkts, den Transport zum Verbraucher, die Phase der Nutzung einschließlich Instandhaltung und Instandsetzung, bis zur Beseitigung am Ende der Nutzungsdauer. Die Beseitigung der Produkte kann wiederum je nach Beschaffenheit und Inhaltsstoffen sehr unterschiedliche Belastungen der Umwelt bewirken, je nachdem, wie weit es recycelt (Metalle) oder thermisch verwertet (Holz) werden kann bzw. deponiert werden muss (mineralische Stoffgemische).

Andere baubedingte Umweltauswirkungen lassen sich durch Ökobilanzen sehr viel schwerer erfassen, weil die Umweltwirkung nicht von den Stoffen ausgeht, sondern von der Art ihrer Gewinnung. Die Nutzung von Tropenholz oder Holz borealer Wälder aus nicht nachhaltiger Forstwirtschaft trägt zur großräumigen Waldzerstörung bei mit Auswirkungen auf Biodiversität und globales Klima (Kriteriensteckbrief BNB 1.1.7 / DGNB 08). Diese Auswirkungen lassen sich den Produkten zwar zuschreiben, sind aber zahlenmäßig wohl kaum sinnvoll zu fassen.

Auch für Umweltwirkungen von Bauprodukten, bei denen während der Verarbeitung auf der Baustelle oder - bei Bauteilen im Außenbereich - durch langfristige Bewitterung ein Risiko für Wasser, Boden und Luft gegeben ist, sind für die öko- und humantoxikologischen Wirkungskategorien der Ökobilanzierung derzeit noch keine konsensfähige Erfassungs- und Bewertungsverfahren verfügbar; umweltschädigende Wirkungen haben die betreffenden Bauprodukte in der Regel nicht global, sondern nur für ein räumlich begrenztes Umfeld (vgl. Kriteriensteckbrief BNB 1.1.6).

## Auswirkungen von Baustoffen auf die Gesundheit

Auch schon in früheren Zeiten waren bestimmte Baumaterialien bei ihrer Herstellung und Verarbeitung mit Gesundheitsgefahren verbunden. Bedeutsame kanzerogene Potenziale haben z.B. die bei der Bearbeitung entstehenden Stäube bestimmter heimischer Harthölzer<sup>7</sup> (Buche, Eiche) und Steine (Silikate<sup>8</sup>, z.B. Granit). Aber erst die neuere Anwendung gesundheitsgefährdender Stoffe in Bauprodukten in großen Mengen und vor allem die verbesserten medizinischen und naturwissenschaftlichen Nachweismethoden haben die Aufmerksamkeit auf diese Gefahrenpotenziale gelenkt. In die Diskussion geraten waren in den 80er und 90er Jahren insbesondere:

- Asbest<sup>9</sup>,
- Formaldehyd<sup>10</sup>,
- polychlorierte Biphenyle (PCB)<sup>11</sup> und Terphenyle (PCT),
- polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK);
- flüchtige organische Verbindungen (volatile organic compounds / VOC),
- die Holzschutzmittel Lindan<sup>12</sup> und
- Pentachlorphenol (PCP<sup>13</sup>).

Soweit diese Stoffe nicht mittlerweile verboten sind, wie z.B. Asbest und PCP, sind bei der Verwendung im Bauwesen durch technische Vorgaben für Herstellung und Handhabung die von ihnen ausgehenden Belastungen der Gesundheit mittlerweile stark reduziert worden.

Der Weg dahin allerdings ist wegen der vielfältigen wirtschaftlichen Interessen, die mit Produktion und Anwendung der Stoffe verbunden sind, und wegen der erforderlichen wissenschaftlich abgesicherten Nachweise des Gefährdungspotenzials äußerst langwierig. Ein

---

<sup>7</sup> Berufskrankheiten-Verordnung vom 31. Oktober 1997, zuletzt geändert 2009, Anlage 1, Zif. 4203 „Adenokarzinome der Nasenhaut- und Nasennebenhöhlen durch Stäube von Eichen- oder Buchenholz“

<sup>8</sup> Verursacht wird Silikose durch Inhalation und Ablagerung von mineralischem, insbesondere quarzhaltigem Staub in der Lunge. Silikose ist als Berufskrankheit anerkannt und ist ein Risiko bei der Steinbearbeitung wie auch z.B. beim Bimsabbau. S. BKV, Anlage 1 Zif. 4101 „Quarzstaublungenerkrankung (Silikose)“ und 4102 „Quarzstaublungenerkrankung in Verbindung mit aktiver Lungentuberkulose (Siliko-Tuberkulose)“

<sup>9</sup> Bereits 1943 war Lungenkrebs infolge von Belastungen mit Asbeststaub als Berufskrankheit anerkannt worden; 1970 wurde Asbest in Deutschland als karzinogen anerkannt; seit 1993 ist in Deutschland die Herstellung asbesthaltiger Produkte und die Verwendung von Asbest verboten, seit 2005 auch EU-weit.

<sup>10</sup> Formaldehyd kann Allergien, Haut-, Atemwegs- oder Augenreizungen verursachen. 2004 stufte die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) der Weltgesundheitsorganisation WHO die Substanz Formaldehyd als „krebserregend für den Menschen“ ein. Auch das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) stuft Formaldehyd mittlerweile auf der Grundlage neuerer Studien als „krebbsauslösend für den Menschen“ ein (Bundesinstitut für Risikobewertung / BfR Pressemitteilung 2004).

<sup>11</sup> PCB (Polychlorierte Biphenyle) sind im Bauwesen vor allem in Fugendichtungen enthalten gewesen, aus denen sie durch Ausgasung in die Umwelt gelangen. 1989 wurde durch die PCB-, PCT-, VC-Verbotsverordnung das Inverkehrbringen und Verwenden weitgehend verboten. Die Regelungen wurden 1993 in die Chemikalien-Verbotsverordnung (ChemVerbotsV) übernommen.

PCB wurden in die Liste von zunächst 12 langlebigen organischen Schadstoffen (engl. *persistent organic pollutants*, POPs) der Stockholmer Konvention (POP-Konvention) von 2001 aufgenommen, mit der die Stoffe völkerrechtlich bindenden Verboten bzw. engen Beschränkungen unterliegen. Die Konvention trat 2004 in Kraft. 2009 wurde sie um neun weitere Stoffe ergänzt, darunter Lindan ( $\gamma$ -Hexachlorcyclohexan), s.u.

<sup>12</sup> In Deutschland darf Lindan (Gamma-Hexachlorcyclohexan) seit 1980 nur isomerenrein als Fraß- und Kontaktgift eingesetzt werden. Lindan wird seit 1984 in der BRD, seit 1989 in der DDR nicht mehr hergestellt.

<sup>13</sup> Bereits 1978 waren in Deutschland Kennzeichnungspflichten für PCP-haltige Zubereitungen eingeführt worden. Im gleichen Jahr wurde für Präparate mit Prüfzeichen des damaligen Instituts für Bautechnik die Anwendung in Räumen zum dauernden Aufenthalt von Personen untersagt. 1989 wurden dann das Inverkehrbringen und die Verwendung von PCP und PCP-haltigen Produkten durch die Pentachlorphenolverbotsverordnung (PCP-V) untersagt, die Regelung wurde dann in die Chemikalien-Verbotsverordnung (ChemVerbotsV, 1994) übernommen.



Beispiel ist der Prozess der Schaffung rechtlicher Regelungen zur Verringerung der Emissionen von Formaldehyd aus Spanplatten und Sperrholz mit Aminoplasten als Bindemittel, wie Harnstoff-Formaldehyd-Harze (UF-Harze) und Melamin-Formaldehyd-Harze (MF-Harze).

- 1977 gab das Bundesgesundheitsamt die Empfehlung, eine Emission von 0,1 ppm (0,12 mg/m<sup>3</sup>) Formaldehyd als Richtwert nicht zu überschreiten;
- 1980 wurde die Emission aus unbeschichteten Spanplatten für den Baubereich durch die „ETB Richtlinie über die Verwendung von Spanplatten hinsichtlich der Vermeidung unzumutbarer Formaldehydkonzentrationen in der Raumluft“ („Spanplatten-Richtlinie“) auf 0,1 ppm begrenzt;
- 1986 wurde durch die Gefahrstoffverordnung das Inverkehrbringen von Holzwerkstoffen, die mehr als 0,1 ppm emittieren verboten;
- 1994 wurde die „Richtlinie über die Klassifizierung und Überwachung von Holzwerkstoffplatten bezüglich der Formaldehydabgabe“ (DIBt-Richtlinie 100) bauaufsichtlich eingeführt, mit der die Formaldehyd-Emission von Holzwerkstoffplatten auf 0,1 ppm begrenzt wurde;
- 2004 schließlich wurde die Formaldehydemission für die Zulassung **aller relevanten Bauprodukte** durch das Deutsche Institut für Bautechnik DIBt auf 0,1 ppm begrenzt.

Diese exemplarische Abfolge von ersten wissenschaftlichen Erkenntnissen über gesundheitsschädigende Wirkungen von Baustoffen bzw. Inhaltsstoffen von Bauprodukten, über Empfehlungen und schließlich zu verbindlichen Regelungen zur Begrenzung des Risikos parallel zur Entwicklung technischer Alternativen lässt sich auch bei den anderen genannten problematischen Baustoffen nachvollziehen.

Es liegt in der Natur der Sache, dass die Entwicklung neuer Produkte mit neuen chemischen Zubereitungen und Inhaltsstoffen und damit auch mit neuen Risiken für die Gesundheit verbunden sein kann. Eine abschließende Beurteilung des Angebots an Bauprodukten kann es daher nicht geben; weiterhin wird auf Inhaltsstoffe mit problematischen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit zu achten sein.

## 2.4.2 Strategien für nachhaltiges Bauen

### Grundsätze und Prioritäten bei der Auswahl von Bauprodukten

Die Auswahl von Baustoffen folgt herkömmlich nach den technischen, funktionalen und gestalterischen Anforderungen, die sie zu erfüllen haben, und das schon seit Vitruv (1.Jhd.v.Chr.)<sup>14</sup>, der in *firmitas*, *utilitas* und *venustas*, Festigkeit, Zweckmäßigkeit und Anmut, die wesentlichen Kriterien für den Entwurf von Gebäuden erkannte. Hinzu kam schon immer der ökonomische Aspekt, dass Baustoffe nach ihrem Preis ausgesucht werden, damit wirtschaftlich gebaut werden kann. Bauprodukte, die dem Anspruch der Nachhaltigkeit genügen sollen, müssen weiterhin über ihren gesamten Lebenszyklus für die menschliche Gesundheit unbedenklich sein und dürfen die Umwelt nicht dauerhaft und irreversibel belasten.

<sup>14</sup> Vitruv »De architectura libri decem« (Zehn Bücher über die Architektur)

Die Unterschiedlichkeit und Komplexität der konstruktiven Systeme des Hochbaus und die Vielfalt der dabei einsetzbaren Bauprodukte macht es nicht gerade leicht, in jeder Phase und jeder einzelnen Entscheidung beim Bauen, Lösungen zu finden, die alle diese Anforderungen erfüllen und im gegebenen wirtschaftlichen Rahmen dem Schutz von Umwelt und Gesundheit am besten gerecht werden.

Umwelteinwirkungen durch Bauprodukte erfolgen an vielen unterschiedlichen Stellen der Wertschöpfungskette. Maßgeblichen Einfluss haben z.B. die Aufwendungen an Rohstoffen und Energie für die Herstellung, den Transport zum Verwendungsort, die Umweltbelastung in der Nutzungsphase, die Dauerhaftigkeit, die Recyclingfähigkeit sowie die Möglichkeiten von Rückbau und Entsorgung. Entscheidungen zu Material und Konstruktion beeinflussen die Nachhaltigkeit von Gebäuden wesentlich. Positiv kann sich insbesondere der Einsatz von natürlichen Rohstoffen auswirken. Holz z.B. ist eine nachwachsende Ressource mit kurzen Transportwegen und geringem Eigengewicht. Es wird energiearm verarbeitet und kann für tragende, raumabschließende, dämmende und Feuchtigkeit regulierende Funktionen verwendet werden. Holzkonstruktionen können thermisch und auch materiell sehr gut recycelt werden (vgl. Ba-Wü 2009).

Viele weitere Aspekte sind also neben den technisch-funktionalen Anforderungen und den bauphysikalischen Eigenschaften bei der Entscheidung für einen Baustoff zu beachten. In der Praxis gehen Planer, Architekten und Ingenieure beim nachhaltigen Bauen von bestimmten Grundsätzen und Prioritäten aus, wie z.B.

- Prinzipien des ökologischen Bauens
- Auswahl gesundheitlich unbedenklicher und umweltfreundlicher Baustoffe mit Zertifikaten und Gütesiegeln
- Vorrang für nachwachsende Rohstoffe
- Verringerung der Stoffströme durch nachhaltige Nutzung der Gebäude und effiziente Nutzung der Baustoffe,
- Berücksichtigung der Umwelt-Produktdeklarationen bzw. Ökobilanzen;
- Orientierung an den Bewertungen der Kriteriensteckbriefe für Nachhaltiges Bauen von BNB bzw. DGNB
- Gebäudebezogene Orientierung an Nachhaltigkeitszielen nach den Kriteriensteckbriefen von BNB und DGNB
- u.a. wie Checklisten, Leitlinien etc. (vgl. z.B. Lützkendorf 2002).

### **Prinzipien des ökologischen Bauens**

Als Reaktion auf die sogenannte Ölkrise der 70er Jahre und auch unter dem Eindruck von Szenarien des nahenden Endes wesentlicher Rohstoffressourcen und der globalen Folgen der CO<sub>2</sub>-Emissionen, kam es Ende der 70er und in den 80er Jahren zu einer Vielzahl von ökologischen Bau- und Siedlungsprojekten. Ziel war das Bauen im Einklang mit der Natur unter Beachtung lokaler Standortgegebenheiten und Klimaverhältnisse, Nutzung nachwachsender Rohstoffe und Berücksichtigung regionaler Bautraditionen; ökologische Zusammenhänge sollten gewahrt, Stoffkreisläufe möglichst eng gefasst werden, Baustoffe aus der Region verwendet, als Ersatz für überbaute Bodenfläche Wände und Dächer begrünt, Abwasser auf dem Grundstück versickert und der Garten für Selbstversorgung genutzt werden. Diese eher auf ländliche Siedlungsgebiete zugeschnittenen Prinzipien wurden aber auch in angepasster Weise mitten im großstädtischen Umfeld umgesetzt.

In vielem bedeuteten solche Konzepte des ökologischen Bauens einen Rückgriff auf Bauweisen unter vorindustriellen und vorurbanen Verhältnissen – und auch ein bisschen Rückkehr zur guten alten Zeit. Diese war aus heutiger Sicht zwar sicher in vieler Hinsicht ökologisch ideal, für die Menschen damals und ihre Gesundheit aber sicher nicht. In früheren Zeiten war der Transport von Gütern über weite Strecken äußerst aufwendig und Bauprodukte aus fernen Gegenden teuer. Es wurden daher Bauprodukte bevorzugt, die möglichst nahe verfügbar waren, also Natursteine, Sand, Lehm, Holz, Stroh, Schilfrohr etc. Aber bereits die Römer haben auch in Germanien für Bauten von herausragender Bedeutung Steine von weit her per Schiff antransportiert. Fast jedes Dorf hatte früher seine eigene Lehmgrube bzw. einen nahegelegenen kleinen Steinbruch. Regional unterschiedliche Bautraditionen ergaben sich in Bezug auf die Baumaterialien je nach deren Verfügbarkeit. Wenn Gebäude verfielen, wurden die Steine ggf. wiederverwendet, die organischen Bestandteile kompostierten schadstofffrei zu Humus, der Rest blieb liegen.

Bemühungen um ökologisches Bauen aus den 80er Jahren knüpften an diese engen Kreisläufe der Materialverwendung früherer, vorindustrieller Zeiten an (Krusche et al. 1982). Lehm- und Holzbau erhielten als umweltfreundliche Bauweisen, die heutigen Lebensstil und die Erhaltung der natürlichen Lebensbedingungen miteinander versöhnen konnten, neuen Auftrieb. Hinzu kam die Verwendung von Bauprodukten aus natürlichen bzw. nachwachsenden Rohstoffen, von denen zu erwarten war, dass sie nicht durch die Problematik umwelt- und gesundheitsschädlicher Inhaltsstoffe belastet waren.

So hat auch die öffentliche Thematisierung der Belastungen von Umwelt und Gesundheit durch Bauprodukte nach einer Reihe von Fällen problematischer Auswirkungen von Produkten der Bauchemie das ökologische Bauen vorgebracht. Der Gefahr von aus Baustoffen emittierten „Wohngiften“ (Rose 1984) ausgesetzt zu sein, wurde vor allem das Vorsorgeprinzip entgegengesetzt, möglichst natürliche Baustoffe zu verwenden, dass heißt möglichst nachwachsende bzw. mineralische Rohstoffe und daraus hergestellte Bauprodukte, insbesondere Anstrichstoffe, in der Erwartung, so derartige Belastungen zu vermeiden (vgl. z.B. Haefele et al. 1996).

Viele Ansätze des ökologischen Bauens entwickelten sich aus Experimenten heraus (Greiff et al. 1993). Viele erwiesen sich als erfolgreich, viele scheiterten. Viele erfolgreiche Ansätze des ökologischen Bauens haben sich erhalten und wurden zur Produktreihe für industrielle Herstellung gebracht bzw. in planerisches Standardwissen eingeführt, wie z.B. Armaturen zur effizienten Trinkwassernutzung, Regenwasser- und Grauwassernutzung, Dachbegrünung, Maßnahmen zur lokalen Versickerung, Verzicht auf chemischen Holzschutz, Bauprodukte, darunter insbesondere Farben, Beschichtungen und Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, Lehmbauweisen mit standardisierten Produkten und definierten Eigenschaften etc.

Viele Prinzipien des ökologischen Bauens decken sich mit denen des nachhaltigen Bauens; in den USA (bzw. im Englischen) wird der Begriff „*sustainability*“ mehr oder weniger synonym benutzt (USGBC 1996). Auch die soziale Dimension – eine der drei Säulen des nachhaltigen Bauens – ist für das ökologische Bauen wesentlich, das die künftigen Nutzer von Anfang an in Betracht zog, gelegentlich etwas idealisierend, was das künftige Zusammenleben dabei zustandegemessener Hausgemeinschaften anlangt. Oft waren die künftigen Nutzer als Bauherren, nicht zuletzt aus Gründen der Kostenersparnis, selber beteiligt oder als Mieter in Beteiligungsverfahren einbezogen. Der wesentliche Unterschied zum nachhaltigen Bauen liegt aber wohl darin, dass bei der Auswahl von Konstruktionen und Bauprodukten die Betrachtung des wirtschaftlichen Ergebnisses nicht im

Vordergrund steht und die Auswirkungen nicht – wie z.B. bei der Ökobilanzierung – über die gesamte Lebenszeit quantifiziert werden.

### Vorrang für gesundheitlich unbedenkliche und umweltfreundliche Baustoffe mit Zertifikaten und Gütesiegeln

Belange von Umwelt und Gesundheit in Bezug auf die Errichtung und die Nutzung von Gebäuden sind in der Vergangenheit häufig anhand einzelner problematischer Baustoffe thematisiert worden. Lungengängige Fasern früherer mineralischer Dämmstoffe oder asbesthaltiger Isolierungen, Holzschutzmittel und die Emissionen von Parkettklebern und Fugendichtstoffen gerieten in die öffentliche Diskussion um gesundheitliche Folgen für Verarbeiter und Nutzer (vgl. exempl. z.B. Schawinski 1986). Auch Umweltschädigungen durch Emissionen von Lösungsmitteln, Kühlmitteln oder durch hohen Energieverbrauch bei der Herstellung fanden zunehmend öffentliche Beachtung und lenkten die Aufmerksamkeit auf Eigenschaften von Bauprodukten, die bis dahin allein nach ihren technischen Spezifikationen und unter Kostenaspekten am Bau eingesetzt wurden. Für Anwender wie Verbraucher und insbesondere für die planenden Architekten stellt sich daher die Frage, welche Bauprodukte sie verwenden können, ohne gesundheitliche Risiken einzugehen und ohne die Umwelt über Gebühr zu belasten.

**Tab. 2.4-1: Wohnbauförderungsrichtlinien Vorarlberg 2009/2010**

<b>D Materialwahl</b>			
<b>Ökologische Bewertung</b>			max. 38
1	Baustoffe, Dämmstoffe, Bauelemente HFKW- und SF6-frei	Muss	0
2	Rückbau und sachgerechte Entsorgung von HF(C)KW-hältigen Wärmedämmstoffen	Nur Altbau	6
3a	Fenster, Türen, Rollläden in den Obergeschossen PVC-frei		6
3b	Fenster, Türen, Rollläden, Lichtschächte - im Keller PVC-frei		3
4a	Elektroinstallation - PVC und halogenfrei - Teilausführung	nur ein Krit. wählbar	3
4b	Elektroinstallation - PVC und halogenfrei - optimiert		6
5	Rohre in Gebäude, Folien, Abdichtungsbahnen, Fußbodenbeläge, Tapeten - PVC-frei	Muss	M Ö1-Ö3
6	Abwasserrohre und Wanddurchführungen im Erdreich - PVC-frei		4
7	Polyurethanfreie Wärmedämmplatten		2
8	Wärmedämmung der Anschlussfugen mit Stopfmateriale, Dichtungsbändern		3
9	Baustoffe ökologisch optimiert		2
10	Verputz mit maximal 6% Kunststoffanteil, Kleber zementgebunden		2
11	Fassadenanstrich lösemittel- und biozidfrei		2
12	Bitumentoranstriche, -anstriche und -klebstoffe lösemittelfrei		3
13	Holz aus der Region		5
14	Holz aus Primärwald nicht zulässig (Tropen, Nord- u. Südamerika, Asien, Afrika)	Muss	Muss

Quelle: Vorarlberg, Landesregierung 2009

Zwar können bei der Auswahl einzelner Produkte Zusammenstellungen ausgewählter Baustoffinformationen, Vorranglisten und insbesondere Gütesiegel mit definierten Qualitätsstandards (Ewen 2009) eine Entscheidungshilfe bieten, bei professionellen Planungen können sie aber letztlich eine Auseinandersetzung mit der Komplexität der Baustoffeigenschaften nicht ersetzen<sup>15</sup>. Für eine Bewertung der Nachhaltigkeit eines Baustoffs ist immer auch die Betrachtung der Gesamtkonstruktion und deren Rahmenbedingungen er-

<sup>15</sup> Ökologisch orientierte Fachinformationen zur Baustoffkunde für Architekten mit Angaben zu Umwelt und Gesundheitsaspekten bieten z.B. z.B. Zwiener (1994 und 2006), Zellweger et al. (1995), Schulze-Darup (1996) und Schwarz (1998); in der neueren Literatur werden auch Ökobilanzen berücksichtigt Hegger et al. (2005)

forderlich. Betrachtungen, z.B. einzelner Lebensphasen (z.B. Nutzung oder Entsorgung) oder einzelner Teilaspekte (z.B. Energieaufwand bei der Herstellung), reichen bei der Komplexität der Bewertungskriterien in der Regel nicht aus.

#### *Positiv- / Negativlisten, Baustoffinformationen*

Als Entscheidungshilfe für Architekten, Planer und Bauherren wurden verschiedene wertende Auswahllisten von Stoffen zusammengestellt, die als gesundheitsgefährdend oder umweltschädigend hinreichend im Verdacht standen (z.B. Rose 1993) bzw. von Baustoffen, die als in dieser Hinsicht unbedenklich vorzugsweise eingesetzt werden sollten (z.B. Adriaans et al. 1998, Heidelberg 1998, Spritzendorfer 2007). Auch die Wohnungsbauförderung mit öffentlichen Mitteln kann mit Kriterien der Baustoffwahl verbunden werden, für die dann entsprechende Listen vorgegeben werden (vgl. z.B. Nordhorn 2006, Land Vorarlberg 2010; s. Tab. 2.4-1). Der offensichtliche Vorzug solcher Auswahllisten liegt darin, die Aufmerksamkeit auf bekanntermaßen problematische Baustoffe zu lenken und die Verwendung alternativer Bauprodukte zu fördern.

Auch Testergebnisse unabhängiger Institute, z.B. Öko-Test oder Stiftung Warentest, zu bestimmten Gruppen von Bauprodukten bieten Informationen zu deren Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit, die bei Entscheidungen berücksichtigt werden können.

#### *Der „Blaue Engel“*

Um Verbrauchern die Auswahl unbedenklicher Bauprodukte nach einheitlichen, objektiven und transparenten Kriterien zu erleichtern, war 1978 das Umweltzeichen „Der Blaue Engel“ mit Hinweisen wie: „Umweltfreundlich, weil chromatenarm“, „Umweltfreundlich, weil Lösungsmittelarm“ etc. geschaffen worden. Für bestimmte Produktgruppen mit unerwünschten Umweltwirkungen wird mit dem Umweltzeichen der relativ beste Standard definiert, bei dem die erforderliche technische Qualität mit möglichst wenig schädlichen Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit verbunden ist. Für die Prüfung müssen sämtliche Inhaltsstoffe der Zubereitungen offengelegt (allerdings nicht veröffentlicht)

werden. Auch wenn sich die Vergabe des Gütesiegels auf bestimmte umweltrelevante Eigenschaften bezieht, werden daneben immer auch die technisch-funktionalen und weitere für den Nutzer relevante Eigenschaften mitgeprüft. Das Umweltzeichen wird auf Antrag vergeben; eine Übersicht über die gesamte Produktgruppe ist damit nicht gegeben.

Mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel“ war die Absicht verbunden worden, den die Umwelt relativ am wenigsten belastenden Produkten einen Marktvorteil zu verschaffen und die anderen Hersteller zu bewegen, bei der Umweltqualität ihrer Produkte entsprechend nachzuziehen. Ggf. kann auch der Standard der Anforderungen für ein bestimmtes Umweltzeichen angehoben und an neuere technische Entwicklungen von Zubereitungen mit geringeren Belastungspotenzialen angepasst werden. Als Instrument zur relativen Marktbeeinflussung wird das Umweltzeichen dementsprechend für per se unproblematische Bauprodukte nicht vergeben: also nicht für Kalkkaseinfarben, wohl aber für lösungsmittelarme Dispersionsfarben.

Wasserbasierte Acryllacke z.B. erhalten den „Blauen Engel“ der Jury Umweltzeichen, weil ihr Anteil an organischen Lösemitteln zehn Prozent nicht übersteigen darf. Die „klassi-



**Abb. 2.4-2: Der Blaue Engel**

schen“ Bautenlacke (Kunstharzlacke auf Alkydharzbasis) kommen dagegen auf vier- bis fünfmal höhere Lösemittelmengen. Der zulässige Anteil organischer Lösemittel der Blauer-Engel-Lacke wurde in den 20 Jahren mehrfach deutlich gesenkt. Das Umweltzeichen für schadstoffarme Lacke hat sich damit in seiner langen Laufzeit als Instrument zur Markt- und Produktsteuerung bewährt. Als Folge der ständig verbesserten technischen Qualitätsanforderungen haben sich die ausgezeichneten Produkte zunehmend am Markt durchgesetzt. Die Produktion wasserverdünnbarer Dispersionslacke, von denen die meisten den Blauen Engel tragen, stieg in Deutschland von 13.000 t im Jahre 1985 auf ca. 92.000 t im Jahre 2006. Die wasserverdünnbaren Bautenlacke haben sich vor allem bei Heimwerkern durchgesetzt, deren Anteil am Verbrauch bei 70% liegt. Erwartet wird, dass sie zunehmend auch von professionellen Verarbeitern verwendet werden (UBA 2010).

### Gütesiegel „Natureplus“

Seit 2002 wird zudem das Zeichen „Natureplus“ vergeben. Die Initiative dazu ging von einigen Unternehmen des deutschen Baustoff-Fachhandels<sup>16</sup> aus, die unter Federführung des Bundesverbands Deutscher Baustoff-Fachhandel e.V. (BDB) zu einer Zusammenarbeit mit Prüfinstituten führte, die sich mit der Vergabe von Öko-Labeln im Bauwesen beschäftigt hatten<sup>17</sup>. Nach fünf Jahren waren Qualitätsanforderungen



#### Kriterien:

Verwendung von mineralischen Rohstoffen mit einem Anteil von mindestens 85%;  
Gesundheitsverträglichkeit (Verbot von umwelt- und gesundheitsbelastenden Einsatzstoffen);  
umweltgerechte Produktion (Geringer Energieverbrauch, geringe Emissionen und Schonung endlicher Ressourcen)

Abb. 2.4-3: Natureplus Gütesiegel für Tonziegel

(Vergaberichtlinien) für rund 30 Produktarten entwickelt und etwa 150 Produkte von einer bedeutenden Zahl von Herstellern danach zertifiziert. Die Entwicklung der „natureplus“-Zertifizierung zu Bauprodukten aus nachwachsenden Rohstoffen wurde durch das BMELV über dessen Projektträger FNR gefördert. Die Zertifizierung erfolgt auf Antrag gegen Gebühr.

Mit dem natureplus-Qualitätszeichen werden nur nachhaltige Produkte zertifiziert, die zu mindestens 85% aus nachwachsenden oder nahezu unbegrenzt verfügbaren mineralischen Rohstoffen bestehen. Gleichzeitig sind die synthetischen Anteile auf das technisch mögliche Minimum reglementiert. So können einerseits schädliche Emissionen vermieden und zugleich der Verbrauch fossiler Energieträger und endlicher Ressourcen minimiert werden. Die Herkunft der Rohstoffe wird kontrolliert und es werden Lebenszyklusanalysen durchgeführt. Durch Werksbegehungen wird zudem die umweltverträgliche Herstellung in die Prüfung mit einbezogen. Grenzwerte für Schadstoffe weit über gesetzliche Anforderungen werden durch ausgewählte Laboratorien überprüft. Voraussetzung für die Vergabe des Gütesiegels sind zudem die Gebrauchstauglichkeit und Langlebigkeit der Produkte.

<sup>16</sup> hagebau Baustoffhandelskooperation, Soltau; i&m Interpares-Mobau Baustoffhandelskooperation, Karlsruhe; Bau-Medien-Zentrum (früher mobau Dörr Baustoff-Fachhandel), Düren; Raab Karcher Baustoffhandelskonzern, Frankfurt; Hornung Naturbaustoff-Fachhandel, Stutensee; Baustoff-Fachhandel Rehbock, Neustadt a. Rbge. ([www.natureplus.org/natureplus/geschichte](http://www.natureplus.org/natureplus/geschichte))

<sup>17</sup> eco-Umweltinstitut, Köln; IBO Österreichisches Institut für Baubiologie und Ökologie, Wien; Institut für Umwelt und Gesundheit (IUG), Fulda; Bremer Umweltinstitut, Bremen; TÜV Süddeutschland (Industrie Service), München; ([www.natureplus.org/natureplus/geschichte](http://www.natureplus.org/natureplus/geschichte))

*Gütesiegel „Kontrolliert deklarierte Rohstoffe“*

Die Arbeitsgemeinschaft kontrolliert deklarierte Rohstoffe<sup>18</sup> (ARGE kdR e.V.) begann 2006 im Auftrag der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) eine im Internet öffentlich zugängliche Datenbank für Bauprodukte mit geregelter Volldeklaration aufzubauen. Zu den dokumentierten Bauprodukten werden alle eingesetzten Substanzen erfasst und nach internationalen Standards bezeichnet. Sie enthält auch Hinweise zum Einsatz und Umgang mit Gefahrstoffen, zur Information der Verbraucher und Anwender bei sensiblen und sensibilisierenden Anwendungen. Als Nebeneffekt sollen Hersteller zur Substitution von Gefahrstoffen und besonders gefährlichen Substanzen angeregt werden. Folgende Substanzen werden besonders herausgehoben und gekennzeichnet:

- Allergisierende Stoffanteile im Produkt
- Gefahrstoffanteile im Produkt
- CMR - Stoffanteile ( CMR = Carzinogen, Mutagen, Reproduktionstoxische Stoffe)

Eine Besonderheit der Datenbank der ARGE kdR ist das R-Zeichen, mit dem auf einen Blick erkennbar wird, welche Ressourcenanteile in einem Produkt verwendet wurden; eine Kennziffer verweist auf die Informationsdatenbank (s. Abb. 2.4.4). Die Verwendung des R-Symbols auf den Produkten und Werbemitteln bedarf einer Nutzungslizenz, die nur das deklarierte Produkt umfasst.



grün = nachwachsenden Anteile  
gelb = mineralische/metallische Anteile  
rot = fossile Anteile

**Abb. 2.4-4: R-Zeichen**

Neben der geregelten Volldeklaration werden weitere produktspezifische Daten und Informationen zum Produkt und zur Verarbeitung veröffentlicht. Auch Sicherheitsdatenblätter, Zulassungsbescheide und Anwendungshinweise können in die Datenbank eingestellt werden. Aktuell (2010) haben knapp 20 Hersteller rund 40 Bauprodukte in die Datenbank eingestellt ([www.positivlisten.info](http://www.positivlisten.info)). Eine Übersicht über die Rohstoffquellen von Dämmstoffen gibt Tab. 2.4-2.

*Baustoffdatenbanken und Informationssysteme*

Informationen zu problematischen Stoffen bzw. Gefahrstoffen, deren Einsatz nach Möglichkeit vermieden oder zumindest reduziert werden sollte, lassen sich aus produktbezogenen Informationssystemen entnehmen (vgl. BNB 1.1.6), wie z.B.

<sup>18</sup> In der ARGE kdR e.V. hatten sich 2002 u.a. Institutionen wie das KATALYSE Institut, Köln, das Institut für Baubiologie Neubeuern, die ÖkoPlus AG, Fachhandelsverbund für ökologisches Bauen und Wohnen, Frankfurt, der Arbeitskreis Ökologischer Holzbau (AKÖH), Herford, und der Verein Technologie für Generationen e.V. (TfG, Verbund von Solar- und Pelletbetrieben), Bietigheim-Bissingen, zusammengeschlossen

- GISBAU, WINGIS, GISCODE<sup>19</sup>
- EU-Richtlinie 67/548/EWG, Anhang 1<sup>20</sup>
- Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS<sup>21</sup>
- Unabhängig verifizierte Umwelt-Produktdeklarationen / EPD (s. 1.1.3)
- Stoffdatenbank GESTIS (BGIA)<sup>22</sup>
- branchenbezogene Regelwerke (RAL, VdL-Richtlinie)
- brancheneigene Zertifizierungen (z.B. EMICODE<sup>23</sup>)

Der Hintergrund des Zustandekommens dieser Datenbanken ist unterschiedlich, für den Gebrauch bei alltäglichen Planungsentscheidungen zur Auswahl umweltfreundlicher und gesundheitlich unbedenklicher Bauprodukte jedenfalls waren sie nicht konzipiert worden. Teils steht bei gefährlichen Baustoffen (nur) die Sicherheit der Hersteller und Anwender (und nicht der Nutzer der Produkte) auf der Baustelle im Vordergrund, teils werden lediglich die (chemischen) Inhaltsstoffe dokumentiert (und nicht die verwendeten Bauprodukte) und schließlich macht die Vielzahl der speziellen Informationen den Informationszugang recht umständlich.

---

<sup>19</sup> GISBAU ist das Gefahrstoff-Informationssystem der Bauberufsgenossenschaft (BG BAU). Es bietet Informationen über Gefahrstoffe beim Bauen, Renovieren und Reinigen. GISCODEs / Produkt-Codes fassen Produkte mit vergleichbarer Gesundheitsgefährdung und demzufolge identischen Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln zu Gruppen zusammen. Dadurch wird die Vielzahl chemischer Produkte auf wenige Produktgruppen reduziert. Die Codierungen selbst, die auf den Herstellerinformationen (Sicherheitsdatenblätter, Technische Merkblätter) und auf den Gebindeetiketten aufgebracht sind, ordnen das eingesetzte Produkt eindeutig einer Produktgruppe zu. GISCODEs stehen über WINGIS als CD-Version und online zur Verfügung. (<http://www.gisbau.de/giscodes/Liste/index.htm>)

<sup>20</sup> Die Richtlinie des Rates 67/548/EWG zur Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe wurde seit der Annahme der ersten Richtlinie im Jahr 1967, durch die Gesetzgebung der Gemeinschaft fortwährend an den technischen und wissenschaftlichen Fortschritt angepasst. Bis heute wurde die Richtlinie 67/548/EWG neunmal geändert (Änderung 9 Richtlinie 1999/33/EG) und 28-mal an den technischen Fortschritt angepasst (Anpassung 28 der Richtlinie 2001/59/EG). Weil die förmliche Kodifizierung der Richtlinie noch aussteht, wurde zur Information eine auf den neuesten Stand gebrachte, aber informelle Fassung der Richtlinie 67/548/EWG (basierend auf der Richtlinie 92/32/EWG) und ihrer Anhänge II bis IX erarbeitet. In Anhang I sind ungefähr fünftausend gefährliche Stoffe mit ihrer Einstufung und Kennzeichnung aufgelistet. [http://ec.europa.eu/environment/chemicals/dansub/main67\\_548/index\\_de.htm](http://ec.europa.eu/environment/chemicals/dansub/main67_548/index_de.htm)

<sup>21</sup> Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene sowie sonstige gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, einschließlich deren Einstufung und Kennzeichnung, wieder. Sie werden vom Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) aufgestellt und von ihm der Entwicklung entsprechend angepasst. Die TRGS werden vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) im Bundesarbeitsblatt bekannt gegeben. [www.baua.de/cae/servlet/contentblob/666172/publicationFile/47849/TRGS-001.pdf](http://www.baua.de/cae/servlet/contentblob/666172/publicationFile/47849/TRGS-001.pdf)

<sup>22</sup> Das Gefahrstoffinformationssystem GESTIS ist ein Gemeinschaftsprojekt der gewerblichen Berufsgenossenschaften und der Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand zur Information über Gefahrstoffe am Arbeitsplatz. Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz. GESTIS besteht derzeit aus acht zentralen Datenbanken, die bei der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) angesiedelt sind, darunter die GESTIS-Stoffdatenbank. (Die Forschungsinstitute der DGUV waren zum 1. 1. 2010 umbenannt worden; das bisherige BGIA in Sankt Augustin wurde umbenannt in "Institut für Arbeitsschutz der DGUV", kurz: "IFA"). Die GESTIS-Stoffdatenbank enthält Informationen für den sicheren Umgang mit chemischen Stoffen am Arbeitsplatz, wie z.B. die Wirkungen der Stoffe auf den Menschen, die erforderlichen Schutzmaßnahmen und die Maßnahmen im Gefahrenfall einschließlich Informationen für Erste Hilfe. [www.dguv.de/ifa/de/gestis/index.jsp](http://www.dguv.de/ifa/de/gestis/index.jsp)

<sup>23</sup> EMICODE dient der Recherche nach sehr emissionsarmen Produkten für die Ausstattung von Innenräumen. EMICODE war vom Umweltbundesamt im Rahmen des Umweltforschungsplans gefördert worden. WEMICODE wird von der Gemeinschaft Emissionskontrollierte Verlegewerkstoffe, Klebstoffe und Bauprodukte (GEV) betrieben, einem Zusammenschluss von Unternehmen der deutschen Klebstoffindustrie, um Planern, Verbrauchern und Fachhandwerkern firmenübergreifend und wettbewerbsneutral eine Orientierungshilfe bei der Beurteilung und Auswahl von Verlegewerkstoffen unter den Gesichtspunkten des Verbraucher- und Umweltschutzes zu geben ([www.emicode-produkte.de/page/start.php](http://www.emicode-produkte.de/page/start.php)). Produkte, die mit dem GEV-Zeichen EMICODE EC1 als "sehr emissionsarm" gekennzeichnet sind, bieten größtmögliche Sicherheit vor Raumluftbelastungen. Dem System EMICODE liegen eine exakt definierte Prüfkammeruntersuchung und strenge Einstufungskriterien zugrunde. ([www.emicode.com](http://www.emicode.com)).



**Tab. 2.4-2: Umweltbelastungen durch Wärmedämmstoffe nach Rohstoffquellen**

		Rohstoffquelle			fossil	mineralisch	nachwachsend
Grundstoff	^^ ^^	Wärme - dämmwert W/mk	Primärenergie- aufwand PE in MJ/qm Herstellung	Treibhauspotential GWP kg CO2 -Eq/qm Herstellung	Dicke für U-Wert 0,2 W/m²K	Materialpreis für Dicke in EURO	
Polystyrol EPS		0,040	247	6,125	0,24	11,50	
Poylstyrol XPS		0,035	516	14,867	0,22	30,25	
Polyurethan PUR		0,028	445	14,030	0,135	42,50	
Steinwolle		0,035	400	27,979	0,22	7,50	
Glaswolle		0,035	102	5,335	0,22	13,50	
Mineralschaum		0,045	108	10,313	0,245	51,50	
Schaumglas		0,040	467	16,873	0,24	65,00	
Zelluloseflocken	R	0,040	38	- 4,570	0,24	6,90	
Zelluloseplatten	R	0,040	142	7,390	0,24	27,00	
Holzfasern	R	0,040	447	- 9,110	0,24	27,00	
Hanffasern	R	0,040	53	1,405	0,24	27,50	
Korkplatten	R	0,040	230	- 23,744	0,24	69,50	

Quelle: Bauzentrum München 2008, ÖKO-TEST 2009 H.10, S. 140-148, ARGE kdR 091221,  
<http://www.positivlist.com/download/Polystyrolverbot.pdf>

### Internetbasierte ökologische Baustoffinformationssysteme

Das Interesse insbesondere der Architekten an praxisrelevanten Informationen zu den Wirkungen von Baustoffen auf Umwelt und Gesundheit, wie sie ihren Arbeitsbedingungen entspricht, hat schließlich zu spezifischen internetbasierten Datensammlungen zu Bauprodukten bzw. Produktgruppen geführt. Im Jahr 2000 war auf der Grundlage eines vom BMVBS geförderten Forschungsprojekt der Bayerischen Architektenkammer ein ökologisches Baustoffinformationssystem ECOBIS mit herstellernerneutralen Informationen zu Gesundheits- und Umweltaspekten eingerichtet worden (Starzner/Wurmer-Weiß 2000). Mittlerweile ist daraus durch weitere Forschungsarbeiten im Rahmen der Forschungsinitiative „Zukunft Bau“ das webbasierte Fachinformationssystem WECOBIS entstanden, das seit 2009 im Internet verfügbar ist ([www.wecobis.de](http://www.wecobis.de) bzw. [wecobis.iai.fzk.de](http://wecobis.iai.fzk.de)). Informationen zu den Bauproduktgruppen werden fortlaufend aktualisiert, Änderungen der gesetzlichen Vorschriften eingearbeitet. WECOBIS ist eingebunden in ein Gesamtsystem von Planungs- und Bewertungswerkzeugen (z.B. LEGEP und Bauloop, s. 1.1.3), die für die Gebäudezertifizierung genutzt werden können.

WECOBIS ist zudem mit WINGIS, dem Gefahrstoffinformationssystem der Bauberufsgenossenschaft verknüpft, wie auch Basisdaten aus Umweltproduktinformationen in das System integriert werden. WECOBIS beschränkt sich allerdings auf Daten zu Produktgruppen, die aktuell in Deutschland mit einem gewissen Marktanteil verfügbar sind, und enthält keine Daten zu spezifischen Produkten einzelner Hersteller. Auch nicht mehr zugelassene Produktgruppen, wie z.B. Asbestzementprodukte, sind nicht enthalten. WECOBIS beruht auf der Auswertung der Fachliteratur sowie Angaben von Herstellerverbänden, Herstellern, wissenschaftlichen Institute und Behörden. WECOBIS ist in das Internetportal „Nachhaltiges Bauen“ des BMVBS eingestellt.

Eine knappe ökologisch orientierte Baustoffdatenbank<sup>24</sup>, die den Vergleich von Baustoffen nach Nachhaltigkeitskriterien ermöglicht, bietet die TU Darmstadt, Fachbereich Architekt-

<sup>24</sup> Informationsaufbau: Charakteristik (Gewinnung, Stofflicher Aufbau, Struktureller Aufbau), Baustoffzyklus, Allgemeine Kennwerte (Rohdichte, E-Modul, Wärmeleitfähigkeit, Spez. Wärmekapazität, Wärmespeicher-

tur, Fachgebiet Entwerfen u. Energieeffizientes Bauen, mit „buildingmaterials.db“ (<http://www4.architektur.tu-darmstadt.de/buildingmaterials>).

Weitere Datenbanken mit Informationen zu Bauprodukten stehen im Zusammenhang mit dem öffentlichen Beschaffungswesen (s.u. 2.4.5).

### **2.4.3 Nachhaltige Nutzung von Baustoffen**

#### **Verringerung der Belastungen: Effizientere Rohstoffnutzung**

Die Belastungen der Umwelt durch Rohstoffgewinnung und Verarbeitung der Bauprodukte (s.o. 2.4.1) können wesentlich reduziert werden, wenn weniger Rohstoffe verbraucht werden. Die Verringerung des Ressourcenverbrauchs war aber – außer bezogen auf Energie - in der Vergangenheit kein besonderes umweltpolitisches Ziel. Rohstoffe – bzw. Baumaterialien und Bauprodukte - sind im Bauprozess ökonomisch betrachtet lediglich Kostenfaktoren, die gegen die Kostenfaktoren Arbeit und Transport abzuwägen sind. Der Einsparung von Ressourcen wurde daher beim Bauen allenfalls unter dem Aspekt der Kostensenkung Beachtung geschenkt.

Aber auch nach Maßgabe der Wirtschaftlichkeit gibt es erhebliche Potenziale zur Verringerung des Ressourcenverbrauchs. Bereits bei der Entwicklung von Bauprodukten werden Festlegungen getroffen, die den Verbrauch von Ressourcen bestimmen, z.B. wie energieaufwendig die Herstellung ist, ob Bauteile demontiert und wiederverwertet werden können, ob spätere Restmassen thermisch verwertet werden können oder als Sondermüll entsorgt werden müssen etc. Produktgestaltung, Bauverfahren, Prozesssteuerung, Substitution umweltbelastender Produkte, Recycling, Kaskadennutzung (z.B. Bauholz zu Brennholz), Koppelnutzung (z.B. Sägmehl zu Pellets), effiziente Produktnutzung und auch die optimale Form der Verfügung (gemeinsame Nutzung, Leasing statt Kauf) können als generell praktikable Ansätze zur Verringerung des Ressourcenverbrauchs gelten (vgl. Ploetz et al. 2009).

Auf die Verhältnisse beim Bauen bezogen können entsprechende Strategien verfolgt werden:

- Geringerer Materialbedarf durch bessere Planung,
- Wahl dauerhafter alterungsbeständiger Materialien mit geringem Reinigungs- und Instandhaltungsaufwand,
- Wiederverwendung und Wiederverwertung von Baustoffen und Bauteilen,
- Nutzung nachwachsender Rohstoffe,
- Vermeidung von schwer trennbaren Verbundbaustoffen und -teilen.

#### **Geringerer Materialbedarf durch sorgfältige Planung und Optimierung des Bauablaufs**

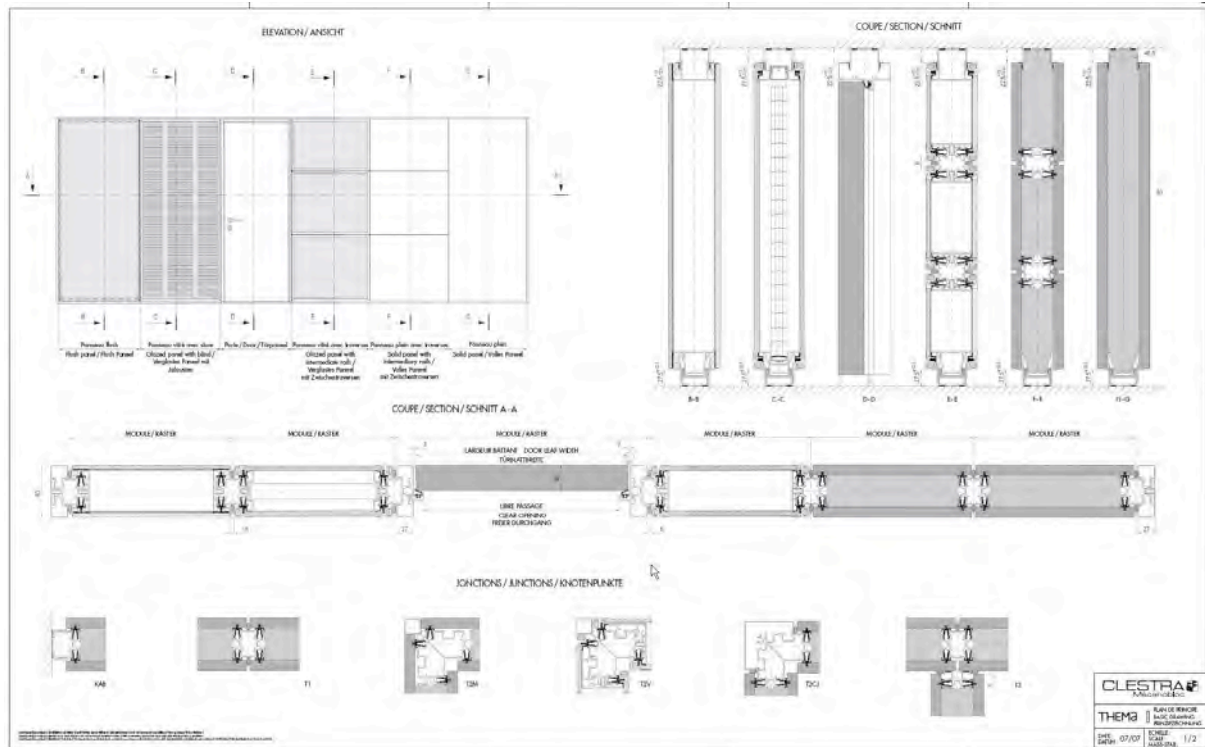
Bereits bei der Planung eines Bauvorhabens und bei der Organisation der Baustellenlogistik lassen sich Materialverluste vermeiden, z.B. durch den Einsatz flexibel nutzbarer Bauteile, Werkstattfertigung, Vermeidung von Verschnitt und Just-in-time Anlieferung.

---

zahl, Lineare Wärmeausdehnung, Dampfdiffusionswiderstandszahl, Brennbarkeitsklasse ) Ökologische Kennwerte (PEI Gewicht (nicht erneuerbar), PEI Volumen (nicht erneuerbar), Treibhauseffekt, Versäuerung, Verfügbarkeit, Recycling)

*Flexibel nutzbare Bauteile*

Gebäude sind als Immobilien zwar ortsfest, das muss aber nicht für alle Teile des Gebäudes gelten. Insbesondere für die Innenraumaufteilung von Verwaltungsgebäuden, bei denen durch Änderungen der Organisationsstrukturen häufiger andere Raumkonstellationen erforderlich werden, können flexible Trennwandsysteme eingesetzt werden. Mehrkosten stehen optimierte Raumzuordnungen und kurze Umbauzeiten gegenüber. Mittlerweile sind auch Trennwandsysteme mit Ökobilanzierung am Markt.



Quelle: CLESTRA Hauserman

**Abb. 2.4-5: Trennwand CLESTRA, Typ Mecnobloc. Prinzipzeichnung**

Beispiel: Trennwandsystem

Der Hersteller Clestra Hauserman stellt ein Trennwandsystem her, das auf einer patentierten Erfindung aus dem Jahr 1913 beruht und dessen industrielle Produktion in den USA in die 20er Jahre zurückreicht (exempl. s. Abb. 2.4-5). Clestra Hausermann, in Europa seit 1961 mit eigener Fabrikation in Straßburg vertreten, dokumentiert die Umweltrelevanz seiner Produkte durch *Product Environmental Profiles* in Bezug zur Zertifizierung nach LEED (LEED® NC & CI 2009). Danach trägt das Trennwandsystem bei der Zertifizierung insbesondere durch die Bewertungen unter der Rubrik Materialien und Ressourcen (MR) sowie Innovative Konzeption (ID) zur positiven Bewertung bei:

- MR 1.2 Wiedernutzung des Gebäudes 1 möglicher Punkt
- MR 2 Management der Bauabfälle 2 mögliche Punkte
- MR 4 Recycelte Inhaltsstoffe 2 mögliche Punkte
- MR 5 Materialien regionaler Herkunft 2 mögliche Punkte
- ID 1.1 Innovative Konzeption: Mehr als 30 % recycelter Inhalt 1 möglicher Punkt,

bei insgesamt 110 möglichen Punkten einschließlich 10 Bonuspunkte; die Möglichkeit der Wiedernutzung (Einbauen, Nutzen, Ausbauen, Lagern, Einbauen, Wiedernutzen usw.) als Basis der Flexibilität schlägt dabei allerdings nur mit einem Punkt zu Buche. ([www.clestra.com/de/leed.html](http://www.clestra.com/de/leed.html), retr. 102010).

Zum Funktionieren der Flexibilität gehört neben der Lagerfähigkeit von Elementen auch die Möglichkeit, Elemente über längere Zeiträume nachkaufen zu können. Im neu bezogenen Gebäude der technischen Ämter der Stadt Frankfurt, 1990 für die Stadtwerke Frankfurt geplant (Architekt: Ernst Gisel), eröffnete das Trennwandsystem die Möglichkeit, die Zimmerzuschnitte flexibel dem Raumbedarf für die neue Nutzung anzupassen.

#### *Vermeidung von Verschnitt*

Durch sorgfältige Planung lassen sich Arbeitsaufwand und Verschnitt reduzieren, wenn Gebäudemaße auf die Formate von Plattenware abgestimmt werden und Zuschnitt vermieden werden kann.

#### *Werkstattfertigung*

Kleinere Bauteile lassen sich maßgenauer und in besserer Qualität auf dem Bauhof herstellen als auf der Baustelle.

#### *Just-in-time-Anlieferung*

Baustellen und Logistik können ressourcenschonend organisiert werden, indem witterungsempfindliche Materialien geschützt gelagert werden, ausreichend Flächen für die Zwischenlagerung vorgehalten werden bzw. die Anlieferung *just-in-time* erfolgt.

### **Wiederverwendung und Verwertung von Baustoffen und Bauteilen**

Wenn Gebäude für ihren bisherigen Zweck nicht mehr gebraucht werden, sollte nach anderen Nutzungsmöglichkeiten gesucht werden. Gegenüber Abriss und Neubau schonen Anpassung und Umbau die Umwelt. Ist ein Rückbau dennoch notwendig und sinnvoll, muss er detailliert geplant werden. Die einzelnen Bauteile und Materialien, aus denen sich ein Gebäude zusammensetzt, sollten möglichst sortenrein getrennt werden, um alle Möglichkeiten der Wiederverwendung oder Verwertung nutzen zu können (vgl. Abschnitt 2.1.5).

### **Rückbaubarkeit / Recyclingfreundlichkeit**

Bereits bei der Planung sollte an spätere Anpassungs- und Abbrucharbeiten gedacht werden. Lösbare Verbindungen der Materialien durch Klammern oder Verschrauben sind eine wesentliche Voraussetzung für eine sortenreine Trennung von Materialien.

Soweit Baustoffe unlösbar verbunden sind, wie z.B. Mauerwerk und Putz, sollte darauf geachtet werden, dass die Verwertungsmöglichkeiten des gesamten Bauteils nicht durch einzelne der eingebauten Materialien verhindert werden. Dabei kommt es weniger auf das Material als auf die Art des Einbaus bzw. der Verwendung an. Der Baustoff Gips z.B., der als Material für Innenputz weit verbreitet ist, kann als Maschinenputz aufgetragen werden, es können aber auch Gipsplatten verwendet werden, die sich mechanisch wieder vollständig lösen und separat entsorgen lassen (vgl. Abschnitt 2.1.3).

### **Nachhaltige Nutzung der Gebäude**

Bei der Auswahl der Baustoffe ist auch die längerfristige Nutzung der Gebäude zu beachten. Unterschiedliche Baustoffe haben unterschiedliche Lebensdauern. Eine Übersicht gibt das Internetportal „Nachhaltiges Bauen“, in dem Nutzungsdauern von Baustoffen angegeben sind, die auf empirischen Durchschnittswerten beruhen.

Damit die für die Herstellung der Gebäude eingesetzten Baustoffe möglichst lange ihre Funktion erfüllen können – und nicht durch neue Baustoffe mit neuen Umweltbelastungen

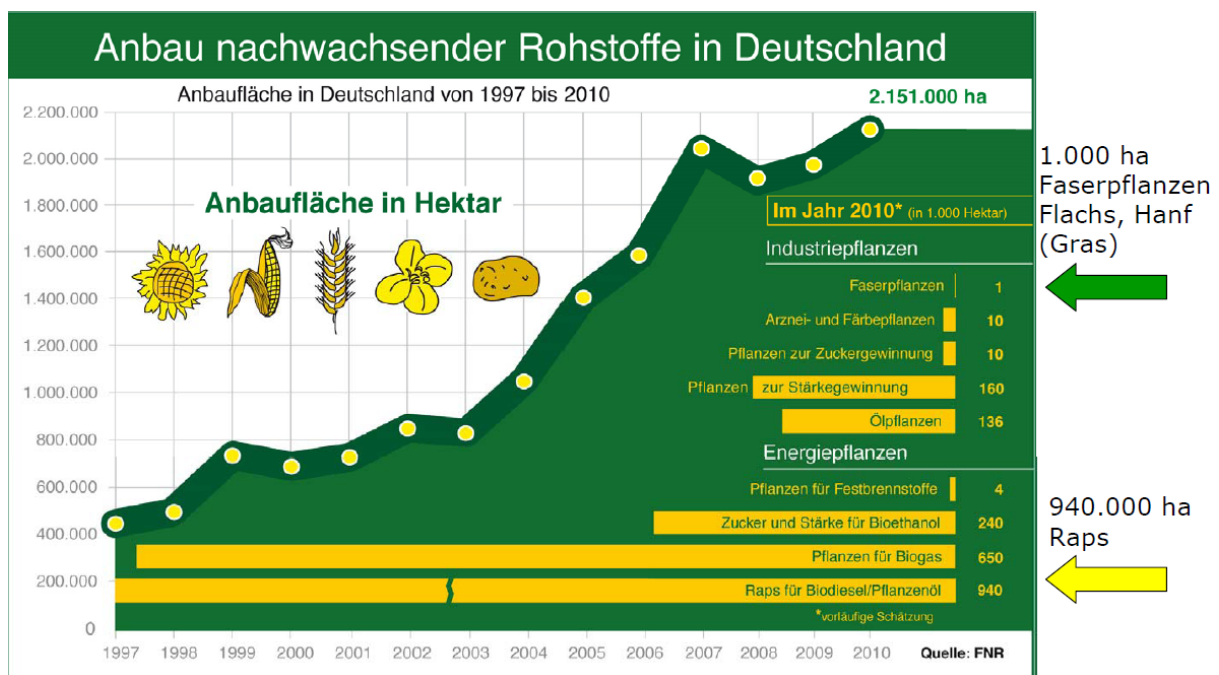
ersetzt werden müssen –, muss die vorhandene Bausubstanz im Rahmen des Facility Managements planmäßig gewartet und instand gehalten werden.

## 2.4.4 Einsatz nachhaltiger Bauprodukte

### Vorrang für nachwachsende Rohstoffe

Eine ganze Reihe von Bauprodukten besteht aus Rohstoffen, die in Deutschland land- und forstwirtschaftlich erzeugt werden (s. Tab. 2.4-3). Der bedeutendste nachwachsende Rohstoff ist Holz. Bauen mit Holz hat im Bauwesen und insbesondere in Deutschland eine lange Tradition. Mittlerweile ist auch die Problematik des chemischen Holzschutzes weitgehend überwunden, und die Möglichkeiten des konstruktiven Holzschutzes werden genutzt. Für die Verwendung von Holz spricht im wald- und holzreichen Deutschland die sehr gute Verfügbarkeit im Inland.

Auch für die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen auf den Ackerflächen besteht weiteres Potenzial; Konkurrenz liegt hier vor allem in der Nutzung der Flächen für den Anbau von Pflanzen für die Energieproduktion. Diesen gegenüber haben Pflanzen für die stoffliche Nutzung, zur Herstellung von Bauprodukten, im Wesentlichen Faserpflanzen, nur eine um den Faktor 1.000 geringere Bedeutung.



Quelle: fnr

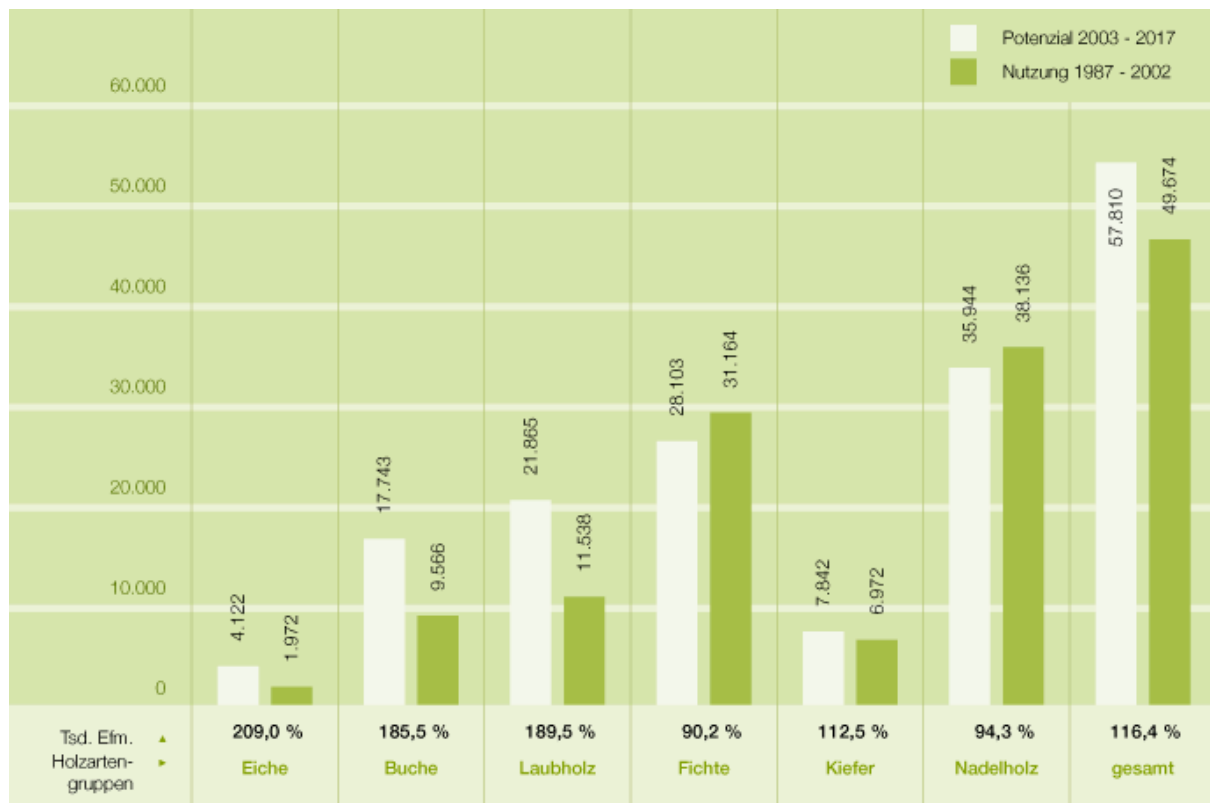
**Abb. 2.4-6: Landwirtschaftlicher Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland**

Für die Nachhaltigkeit von Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen gibt es gute Argumente:

- Beim Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen in größerem Umfang stellen sie eine mengenmäßig bedeutende CO<sub>2</sub>-Senke dar.
- Viele Hersteller erfüllen die von Verbrauchern geforderte Volldeklaration aller Inhaltsstoffe.
- Natürliche organische Dämmstoffe heimischer Produktion sind von der Mineralölverfügbarkeit unabhängig.
- Auch nach ihrem Gebrauch schonen nachwachsende Rohstoffe die Umwelt, da sie recyclebar und biologisch abbaubar sind.

*Forstwirtschaftliche Erzeugung*

Fast alle Pflanzen, die Rohstoffe für Bauprodukte liefern können, sind in Deutschland heimisch und werden hier seit langem angebaut und verarbeitet. An erster Stelle steht dabei Holz als Rohstoff, der in Deutschland in ausreichenden Mengen nachwächst, um den absehbaren Bedarf zu decken. Die auf rund 11 Mio. ha Wald, einem Drittel der Fläche Deutschlands, nachwachsenden Ressourcen sind keineswegs entsprechend ihrer langfristigen Verfügbarkeit ausgeschöpft. Vom potenziell möglichen Rohholzaufkommen der Jahre 2003 – 2007 wurden lediglich zwei Drittel genutzt, überwiegend stofflich, im Jahr 2008 zu 57% (Mantau 2008 und 2009). Bei der 2. Bundeswaldinventur wurde ein Vorrat von 3,5 Mrd. m<sup>3</sup> ermittelt. Das entspricht einem Durchschnittswert von 320 m<sup>3</sup> pro Hektar<sup>25</sup>. Damit hat Deutschland, verglichen mit allen europäischen Ländern, die höchsten Holzvorräte und mit Österreich die höchsten pro Hektar. Das potenzielle Rohholzaufkommen liegt nach einer Prognose der 2. Bundeswaldinventur bis 2017 um 16,4% über der durchschnittlichen jährlichen Nutzung der Jahre 1987 – 2002.



Quelle: bundeswaldinventur2

**Abb. 2.4-7: Durchschnittliches jährliches potenzielles Rohholzaufkommen 2003 - 2017 und durchschnittliche jährliche Nutzung 1987 - 2002 in den westlichen Bundesländern nach Eigentumsarten [1.000 m<sup>3</sup>]**

Das Verhältnis von Potenzial zu Nutzung fällt allerdings nach Holzarten unterschiedlich aus; bei Nadelhölzern insgesamt würde die frühere Nutzungsrate das Aufkommen um 5,7% übersteigen (s. Abb. 2.4-7).

Die Internationalisierung der Märkte hat das Angebot durch Importe noch erweitert. Holz wird in einer großen Vielfalt an Bauprodukten beim Bau eingesetzt. In seiner natürlichen Beschaffenheit wird es verwendet als Konstruktionsholz für Dächer, Decken und Wände,

<sup>25</sup> Bundeswaldinventur: Ergebnisse der zweiten Erhebungen von 2001 bis 2002 (BWI<sup>2</sup>) [www.bundeswaldinventur.de](http://www.bundeswaldinventur.de)

für Bauteile wie Treppen, Türen, Tore, Fenster Bodenbeläge, Decken- und Wandbekleidungen. Zerkleinert zu Spänen, Holzfasern und Zellulosefasern werden daraus Bauplatten und Dämmstoffe.

#### Landwirtschaftliche Erzeugung

Seit Jahren steigt die landwirtschaftliche Produktion nachwachsender Rohstoffe in Deutschland wie in der EU kontinuierlich an. Der Löwenanteil entfällt allerdings auf die Energiepflanzen (s. Abb. 2.4-6). 2010 waren rund 1.834.000 ha mit Energiepflanzen bebaut, im wesentlichen Raps für Biodiesel und Pflanzenöl.

**Tab. 2.4-3: Wertschöpfungsketten Bauprodukte**

Pflanzen	Rohstoffe	Bauprodukte und Bauhilfsstoffe
<b>Holz</b>		
Tanne, Fichte, Kiefer, Buche etc.	Schnittholz	Bauholz, Bauteile, Möbel
	Späne, Fasern	Bauplatten, Dämmstoffe, Schüttgut
	Cellulosefasern	Dämmstoffe, Papier, Pappe, Zellstoff
<b>Faserpflanzen</b>		
Flachs (Faserlein)	Fasern	Dämmstoffe, Textilien, Papier,
Hanf	Fasern	Dämmstoffe, Papier, Textilien, Zellstoff
Miscanthus	Fasern	Dämmstoffe, Bauplatten
Gras, Seegras	Fasern	Dämmstoffe
Schilf	Rohr	Dachdeckung
<b>Getreide</b>		
Roggen, Weizen	Stroh, Spelzen, Granulat	Dämmstoffe
<b>Wolle</b>		
Schafwolle	Wolle	Dämmplatten, Teppiche
Ziegenwolle	Wolle	Dämmplatten, Teppiche
<b>Stärke liefernde Pflanzen</b>		
Mais, Weizen, Markerbsen	Stärke	Papier, Pappe, Verpackungen, Textilien
Kartoffeln	Stärke	Folien
Zuckerrübe, Topinambur, Zichorie, Zuckerhirse	Stärke	Folien, Papier, Pappe
<b>Öle und Fette liefernde Pflanzen</b>		
Flachs (Öllein)	Leinöl	Farben, Lacke, Lasuren, Linoleum
Crambe, Leindotter, Raps, Rübsen, Senf, Sonnenblume, Wolfsmilch	Pflanzenöl	Schmierstoffe, Hydrauliköle, Schalöle, Motoröle, Getriebeöle, Sägekettenöle, Lösungsmittel
<b>Färberpflanzen</b>		
Waid, Saflor, Krapp, Wau	Pigmente	Farben, Lacke

Quellen: www.carmen-ev.de 2005, www.fnr.de 2006

Die Ackerfläche für den Anbau von Pflanzen für die stoffliche Nutzung war mit 317.000 ha deutlich kleiner, wobei wiederum lediglich auf 1.000 ha die Faserpflanzen wie Hanf und Flachs angebaut wurden, die (neben anderen Nutzungen) als Rohstoffe für die Erzeugung von Dämmmaterialien im Bauwesen genutzt werden. Pflanzen, wie Färberpflanzen, Stärke und Öle, werden für ein breites Spektrum stofflicher Nutzungen angebaut, für Bauprodukte werden sie u.a. zur Herstellung von Farben und Beschichtungen genutzt.

Viele marktgängige Produkte, aus nachwachsenden Rohstoffen sind seit langem am Markt. Sie stehen im Wettbewerb mit Produkten aus anderen Rohstoffen wie Ziegel, Beton, Stahl und Kunststoffen, den sie nach Preis und Qualität, aber auch nach Zeitgeschmack und individuellen Präferenzen bestehen müssen.

### *Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen*

Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen werden zunehmend nachgefragt, haben gegenüber den konventionellen Dämmstoffen jedoch nach wie vor nur einen marginalen Marktanteil. Der Marktanteil von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen lag 2005 bei 5% (Carus 2008). Den größten Anteil an den Dämmmaterialien aus nachwachsenden Rohstoffen hat Holz, bzw. die aus Holz oder Altpapier als Sekundärrohstoff gewonnene Zellulose. Während Holzweichfaserplatten ohne zugesetzte Brandschutzmittel wie Vollholz als normal entflammbar gelten, müssen andere Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen je nach Rohstoff mit Brandschutzmitteln ausgerüstet werden (Hanf mit Soda, Zelluloseflocken mit Borsalzen), um als normal entflammbar eingestuft zu werden<sup>26</sup>.

### *Nachwachsende Rohstoffe in innovativen Anwendungen*

In manchem sind nachwachsende Rohstoffe traditionell und innovativ zugleich, z.B. bei der Herstellung von Lacken und Farben, für die Öle, Harze, Lösungsmittel und diverse pflanzliche Farbstoffe herkömmlich als Ausgangsstoffe genutzt wurden. Die heutigen Naturfarben haben gegenüber früheren Farben und Lacken weiterentwickelte innovative Rezepturen, um über ihre ökologischen Vorteile hinaus auch in ihren technischen Eigenschaften und bei der Verarbeitung gegenüber der Konkurrenz bestehen zu können. Auch Schilfrohr, z.B., ist ein traditioneller Baustoff zur Dachdeckung und als Putzträger, der aber auch innovativ z.B. für ein Wärmedämmverbundsystem, genutzt werden kann.

Nachwachsende Rohstoffe können zum Bauen aber auch ganz unmittelbar genutzt werden, so wie sie vom Feld kommen; Strohballen lassen sich z.B. zu Wänden aufbauen, so wie sie vom Landwirt auf dem Acker produziert werden. Auch gibt es innovative Entwicklungen, um den reichlich vorhandenen Rohstoff Stroh für bauliche Zwecke zu nutzen (vgl. [www.fasba.de](http://www.fasba.de); [www.baubiologie.at/asbn/](http://www.baubiologie.at/asbn/)).

Neben fertigen Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen wurden auch Bauweisen entwickelt, bei denen an der Baustelle Wände mit einer Mischung aus Holzschnitzeln und mineralischen Bindemitteln wie beim Betonbau um eine tragende Holzstruktur herum gegossen werden. Aus diesem Material lassen sich auch Platten und Fertigteile und mit diesen ganze Fertighäuser herstellen. Bei der Kombination von nachwachsenden Rohstoffen - Holzschnitzel oder Fasern – und mineralischen Bindemitteln sowie den erforderlichen Haftvermittlern wird weiter experimentiert. Bei den Zuschlägen an nachwachsenden Rohstoffen ist u.a. Miscanthus, ein aus Asien stammendes Gras, wegen seines auch unter deutschen Klimabedingungen starken Wachstums und der besonderen Eigenschaften der Fasern von Interesse.

In ähnlicher Weise allerdings nicht mit einem mineralischen Bindemittel, sondern mit einem Kunststoffanteil werden auch die sogenannten „wood plastic composites“ / WPC eingesetzt. Das sind hybride Materialien, die aus unterschiedlichen Anteilen von klein gemahlenem Holz, Zellulose- oder anderen Pflanzenfasern sowie Kunststoffen und Additiven hergestellt werden. Sie sind thermoplastisch mit Verfahren der Kunststofftechnik wie Extrusion, Spritzgießen, Rotationsguss oder mittels Presstechniken, aber auch im Thermoformverfahren verarbeitbar. Der Anteil der nachwachsenden Rohstoffe liegt etwa zwischen 50 und 90%. An Kunststoffen sind überwiegend Polypropylen (PP), weniger häufig Polyethylen (PE) beteiligt, beide physiologisch unbedenklich, sowie neuerdings auch das problematischere PVC. WPC verbinden für spezifische Zwecke die Vorzüge von Holz

---

<sup>26</sup> zur Übersicht von Dämmstoffen nach technischen Erfordernissen und Umweltkriterien vgl. Schulze-Darup 1996, Reyer 2002, MUNL-Sh-H 2003, Kurz 2004, Hegger et al. 2005, Danner 2008



(druckbelastbar, höhere Steifigkeit, geringerer thermischer Ausdehnungskoeffizient und nicht zuletzt preiswert) und Kunststoffen (dreidimensional formbar, wetterfest). Am Bau sind sie seit Langem für Formteile wie Fensterbänke und Balkonverkleidungen eingeführt. Damit ist ihr Potenzial aber bei Weitem nicht ausgeschöpft, das vor allem in der freien Formgebung liegt (vgl. z.B. Hegger et al. 2005).

**Bewertung bei der Zertifizierung „Nachhaltiges Bauen“**

Bauprodukte aus nachwachsenden Rohstoffen können bei der Zertifizierung nach den Kriterien der Gütesiegel von DGNB bzw. BNB zwar keinen besonderen Bonus verbuchen, ihre potenziellen Vorteile - geringerer Energieaufwand in der Herstellung, geringerer Anteil am Treibhauseffekt, Vorteile bei Rückbau und Entsorgung etc. – gehen jedoch bei der Ökobilanz entsprechend ihrem Anteil an der Gesamtmasse des Gebäudes in die Bewertung ein. Da bei der Zertifizierung die Umweltauswirkungen über die Lebensdauer in einem Bezugszeitraum von 50 Jahren betrachtet werden, wird auch der spezifische Aufwand für die Bauunterhaltung berücksichtigt. Dabei kommen auch die Annahmen zur spezifischen Nutzungsdauer ins Spiel, die sich rechnerisch zu Ungunsten nachwachsender Rohstoffe auswirken können (vgl. Tab. 2.4-4).

Je nach Einbaubedingungen kann bei Bauprodukten aus nachwachsenden Rohstoffen der Einsatz von Chemikalien für Schutzmaßnahmen erforderlich werden, z.B. chemische Holzschutzmittel für konstruktive Hölzer oder bei Dämmmaterialien Zusatzmittel z.B. zur Verringerung der Brandlast, des Schädlingsbefalls oder gegen Verrottung (vgl. BT-Drs. 17/2697).

**Tab. 2.4-4: Nutzungsdauern von Bauteilen in Jahren (Auszug)**

ID	Ebene I Hauptgruppe	Ebene II Untergruppe	Ebene III Bereich	Ebene IV Objekt- / Material	min	max	mittel
215	Rohbau	Innenwände, Tragschicht in	Massivbauweise	Hochlochziegel	100	150	120
216				Leichtbeton	80	120	100
217				Kalksandstein	100	150	120
218				Klinker	100	150	120
219				Beton	100	150	120
225			Leichte Bauweise	Stahl	80	100	90
226				Weichholz	50	80	70
227				Hartholz	80	150	100
505		Fenster	Rahmen	Hartholz behandelt	30	60	40
506				Aluminium	40	60	50
507				Weichholz behandelt	20	50	40
508				Stahl verzinkt und beschichtet	30	50	40
509				Kunststoff	30	50	40
512			Flügel	Hartholz behandelt	30	60	50
513				Aluminium	40	60	50
514				Weichholz behandelt	20	50	40
515				Stahl verzinkt und beschichtet	ka	ka	ka
516				Kunststoff	30	50	40

Quelle: BMVBS / www.nachhaltigesbauen.de

Dass eine Betrachtung des Baumaterials ohne Berücksichtigung der Verwendung und der Einbaubedingungen bei einem konkreten Gebäude kaum sinnvoll ist, lässt sich am Bei-

spiel von Holz leicht nachvollziehen. Im Außenbereich sind unbehandelte Bauteile aus Holz allenfalls Verschleißteile, die zyklisch ausgewechselt werden müssen. Auch Anstriche bzw. Beschichtungen müssen in Abständen über die Nutzungsdauer regelmäßig erneuert werden. Im Gebäudeinneren dagegen, auch als Tragwerk, ist Holz in Punkto Nutzungsdauer massiven Bauteilen faktisch gleichwertig, wenn es so eingebaut ist, dass es von Fäulnis und Tierfraß verschont bleibt – aber auch Mauerwerk muss normgerecht ausgeführt und z.B. vor Feuchtigkeit geschützt werden, wenn es keinen Schaden nehmen soll. So können bei Innenwänden in leichter Bauweise rechnerisch für die Nutzungsdauer von Stützen aus Hartholz immerhin 100 Jahre angesetzt werden, bei Stützen aus Weichholz allerdings „nur“ 90 Jahre; demgegenüber bietet Stahl mit im Mittel 90 Jahren keinen wesentlichen Vorteil. Bezogen auf den Betrachtungszeitraum bei der Zertifizierung nach den Kriterien der Gütesiegel von 50 Jahren sind diese Differenzen ohnehin ohne Belang.

Anders bei Fenstern: Hier hält der Rahmen aus behandeltem Hartholz nur 40 Jahre gegenüber Fensterrahmen aus Aluminium mit 50 Jahren (jeweils im Mittel). Da Flügel und Rahmen eines Fensters normalerweise eine Einheit bilden, hilft es dem Rahmen auch nicht weiter, dass die Hartholzflügel im Mittel 50 Jahre halten sollen. Das bedeutet, dass die Umweltbelastungen aus der Wirkbilanz der Holzfenster rechnerisch zweimal, die der Aluminiumfenster aber nur einmal anfallen. Das gleiche wiederholt sich dann auch bei den Lebenszykluskosten, wo auch die Kosten zweimal anfallen.

Bei der Zertifizierung werden zu Holzprodukten FSC- und PEFC-Zertifikate abgefragt, um sicherzustellen, dass nur Holz aus nachhaltiger Erzeugung eingebaut wurde.

## **2.4.5 Ausschreibung und Vergabe nach Kriterien der Nachhaltigkeit**

### **Relevanz**

Neben der rein mengenmäßigen Bedeutung der durch die Bautätigkeit erzeugten Stoffströme ist auch deren spezifische Relevanz für Umwelt und Gesundheit zu bedenken. Während die Problematik der in großen Mengen eingesetzten Rohstoffe wie Kies und Sand im Wesentlichen in den Eingriffen in die Landschaft und in Störungen der örtlichen ökologischen Verhältnisse zu sehen ist, können viele Bauprodukte und Bauhilfsstoffe, auch wenn sie nur in vergleichsweise kleinen Mengen verarbeitet werden, erheblich problematischere Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit haben (s.o. 1.4.1). Die Verwendung solcher Bauprodukte sollte nach Möglichkeit ausgeschlossen werden; stattdessen sollten jeweils die für Umwelt und Gesundheit verträglichsten Bauprodukte zum Einsatz kommen.

Eine wesentliche Handhabe, um die Qualität der zu verwendenden Bauprodukte in Bezug auf Umweltbelastung und gesundheitliche Risiken unmittelbar zu beeinflussen, ist bei der Ausschreibung und der Vergabe von Bauleistungen gegeben. Hier können neben den technisch funktionalen Anforderungen auch Anforderungen an Umweltqualität und gesundheitliche Unbedenklichkeit von Bauprodukten vorgegeben und problematische Baustoffe ausgeschlossen werden<sup>27</sup>.

Bei der Zertifizierung Nachhaltiger Gebäude durch DGNB und BMVBS (BNB) wird die umweltfreundliche Ausschreibung und Vergabe von Leistungen nach einem eigenen Steckbrief bewertet (gleichlautend BNB 5.1.4 und DGNB NBV09-46 „Nachweis der Nachhaltig-

<sup>27</sup> Zu den Gesichtspunkten für solche Vorgaben vgl. die Abschnitte 2.4.2 und 2.4.4; Beispiele für Kriterien, die hier zugrundezulegen sind, bieten die Kriteriensteckbriefe BNB 1.1.6 und 1.1.7 (s.o.)

keitsaspekte in Ausschreibung und Vergabe“; vgl. 1.3.5). Bewertet werden die Ausschreibungs- bzw. Vergabeunterlagen danach, ob entsprechende Anforderungen an Unternehmen, Leistungen und zu verwendende Bauprodukte gestellt wurden.

### **Grundsätze für Ausschreibung und Vergabe von Bauleistungen**

Bauleistungen zur Errichtung von Gebäuden werden bei Bauvorhaben öffentlicher Bauherren oberhalb einer bestimmten Bausumme grundsätzlich ausgeschrieben, um unter mehreren Unternehmen und Angeboten das nach Preis und Leistungsfähigkeit für die Ausführung am besten geeignete zu ermitteln.

Während private Bauherren bei der Auswahl der ausführenden Firmen und der vertraglichen Regelungen an keine besonderen rechtlichen Vorgaben gebunden sind, ist der öffentliche Hochbau den Regelungen der „Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen“ / VOB unterworfen. Dieses Regelwerk<sup>28</sup> besteht aus drei Teilen:

- VOB/Teil A: Vergabe von Bauleistungen
- VOB/Teil B: Ausführung von Bauleistungen
- VOB/Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV)

Teil A enthält Regelungen sowohl für das Verfahren bis zum Abschluss des Bauvertrages, Teil B für die allgemeine Vertragsgestaltung, Teil C für die technischen Besonderheiten der Bauleistungen unterschiedlicher Gewerke. Teil A der VOB ist durch die Einbettung in die Haushaltsordnungen von Bund, Ländern und Gemeinden für öffentlich-rechtliche Bauherren (und bei Finanzierung mit öffentlichen Geldern) bindend.

VOB Teil B ist Vertragsrecht und muss im Bauvertrag zwischen Bauherrn und Unternehmer als Vertragsgrundlage ausdrücklich vereinbart werden, damit ihre Regelungen für die Vertragsparteien Rechtskraft erlangen. In der Baupraxis ist VOB Teil B für Auftraggeber wie Auftragnehmer ein grundlegendes Regelungsinstrument; auch private Bauherren nutzen die Regelungen üblicherweise als Vertragsvorlage und passen sie den jeweiligen Erfordernissen an.

VOB Teil C enthält die allgemeinen technischen Vertragsbestimmungen für Bauleistungen (ATV) der einzelnen Gewerke als DIN-Normen. Mit der Ausschreibung auf der Grundlage von VOB Teil C ist damit ein Standard für die Ausführung nach anerkannten Regeln der Technik festgelegt. Auf dieser Grundlage werden die Einzelheiten der Ausführung von Bauleistungen abschließend festgelegt.

Für die einzelnen Gewerke gibt es für die Ausschreibungstexte standardisierte Vorlagen, die in Standardleistungsbüchern<sup>29</sup> (StLB) zusammengestellt sind. Sie enthalten eine umfassende Auswahl von Formulierungen für norm- und regelgerechte Ausführungen von Bauleistungen, die mit der VOB Teil C abgestimmt sind.

<sup>28</sup> Aktuelle Fassung von 2009; s. [www.bmvbs.de/Anlage/original\\_1144115/VOB-Teil-A-und-B-Ausgabe-2009-mit-Berichtigung-vom-19.-Februar-2010.pdf](http://www.bmvbs.de/Anlage/original_1144115/VOB-Teil-A-und-B-Ausgabe-2009-mit-Berichtigung-vom-19.-Februar-2010.pdf)  
Erarbeitung und Fortschreibung der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) liegt in den Händen des Deutschen Vergabe- und Vertragsausschusses für Bauleistungen (DVA), ein von Vertretern der öffentlichen Auftraggeber und der privaten Auftragnehmer paritätisch besetztes Gremium.  
[www.bmvbs.de/Bauwesen/Bauauftragsvergabe-,1536/Vergabe-und-Vertragsordnung-fu.htm](http://www.bmvbs.de/Bauwesen/Bauauftragsvergabe-,1536/Vergabe-und-Vertragsordnung-fu.htm)

<sup>29</sup> Standardleistungsbücher enthalten gewerkeweise Leistungsbeschreibungen im Bauwesen. Zuständig für die Erarbeitung der StLB ist der Hauptausschuss GAEB (Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen) des DVA. Die Inhalte werden von Experten aus Wirtschaft und Verwaltung in den Facharbeitskreisen des GAEB erarbeitet und vom Deutschen Institut für Normung mit der aktuellen nationalen und europäischen Normung abgeglichen. Die Geschäftsstelle des GAEB ist dem Geschäftsbereich des BMVBS beim BBR zugeordnet. (<http://www.gaeb.de/home2.php>).

Ein Beispiel: In der VOB Teil C (DIN 18459) „Abbruch- und Rückbauarbeiten“ finden sich anerkannte Regeln der Technik sowie für Auftraggeber und Auftragnehmer akzeptable „Regelausführungen“; Ausschreibungstexte für Bauleistungen des StLB dazu sind: LB 084 „Abbruch und Schadstoffe“ und LB 087 „Transport und Entsorgung“.

Bei der Ausschreibung von Bauleistungen werden mit den technischen Vertragsbestimmungen die Qualitätskriterien und die Eigenschaften vorgegeben, die das zu errichtende Gebäude nach Fertigstellung erfüllen bzw. aufweisen muss<sup>30</sup>. Um die wirtschaftlichen Möglichkeiten des Markts zu nutzen und andererseits bestimmte Unternehmen oder Produkte nicht zu begünstigen oder auszuschließen, dürfen nach §7 (4) und (8) VOB A in der Ausschreibung keine bestimmten Produkte vorgegeben werden; vielmehr sind die spezifischen Eigenschaften zu beschreiben, die Bauteile bzw. Bauprodukte erfüllen müssen. Bestimmte Produkte dürfen nur ausnahmsweise und nur mit dem Zusatz „oder gleichwertig“ in der Ausschreibung genannt werden.

Umwelteigenschaften dürfen dabei nach VOB §7 (7) ausdrücklich vorgeschrieben werden. Sie können in Form von Leistungs- oder Funktionsanforderungen vorgeschrieben werden. Dazu können Spezifikationen verwendet werden, die in einem europäischen, multinationalen oder anderen Umweltzeichen definiert sind. Diese muss allerdings bestimmte Anforderungen erfüllen, z.B. auf wissenschaftlich abgesicherten Informationen beruhen und in einem transparenten Verfahren mit der Beteiligung interessierter Kreise zustande gekommen sein, wie z.B. die Umweltkennzeichen „Blauer Engel“ und „natureplus“ (Umweltkennzeichnung Typ I nach ISO 21930; s.1.1.3). Bei der Ausschreibung kann z.B. verlangt werden „nur Produkte mit dem Blauen Engel“ einzusetzen. Da damit nur bestimmte Eigenschaften definiert werden sollen, kann der Auftragnehmer ggf. auch ein gleichwertiges Produkt ohne das verlangte Umweltzeichen verwenden, wenn er dessen Gleichwertigkeit nachweisen kann.

Das Vergaberecht bietet öffentlichen Auftraggebern auf diese Weise eine ausreichende Handhabe, um umweltfreundliche Produkte für das nachhaltige Bauen zu beschaffen. Auftraggeber können zum Beispiel in der Leistungsbeschreibung auch ein umweltfreundliches Produktionsverfahren vorschreiben, sofern dadurch nicht bestimmte Unternehmen ausgeschlossen werden und die Anforderung an ein bestimmtes Produktionsverfahren nicht diskriminierend ist; auf diese Weise können grüner Strom, Tropenholz aus nachhaltiger Forstwirtschaft oder organisch gewachsene Nahrungsmittel beschafft werden (vgl. [www.bmwi.de](http://www.bmwi.de); vgl. auch BMLFUW 2001 „Check it!“, Kap. 2: Rechtsgutachten).

Bei nach Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit ausgewählten Produkten bzw. Leistungen können Mehrkosten bei der Anschaffung zudem durchaus gerechtfertigt sein, wenn den höheren Kosten wichtige gesamtwirtschaftliche und ökologische Effekte gegenüberstehen<sup>31</sup>. Im Übrigen können alle Spezifikationen angewendet werden, die den in Abschnitt

---

<sup>30</sup> Vorausgesetzt wird bei Ausschreibungen, dass die Leistungen nach dem Stand der Technik erbracht werden, wie er im Wesentlichen durch technische Normen und fachliche Richtlinien allgemein kodifiziert ist. Abweichungen davon müssen ausdrücklich vereinbart werden, um den Auftragnehmer vor Regressforderungen im Schadensfall zu bewahren. Ebenso sind, ohne dass dies eigens vereinbart werden muss, vom Auftragnehmer in eigener Verantwortung alle geltenden gesetzlichen Vorschriften einzuhalten. Wie die Arbeiten zur Erbringung der ausgeschriebenen Bauleistungen durchgeführt werden, ist in der Regel dem beauftragten Unternehmer nach Maßgabe seiner Erfahrung sowie der technischen Ausstattung und des verfügbaren Personals seines Betriebes überlassen.

<sup>31</sup> Zu dieser Auffassung gelangt der Österreichische Rechnungshof bei der Bewertung der 1998 in Österreich als Bestandteil der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie beschlossenen "Leitlinien für eine Ökologisierung der Bundesverwaltung, insbesondere des öffentlichen Beschaffungswesens"; Reihe Bund 2006/9\_1 (Nachhaltigkeitsstrategie des Bundes), TZ. 20.1f, S. 19f.; <http://www.rechnungshof.gv.at>; erwartet wird gleichwohl,

2.4.2 und 2.4.4 genannten Grundsätzen und Prioritäten bei der Auswahl von Bauprodukten entsprechen oder daraus abgeleitet sind.

### **Ausschreibung, Vergabe und Beschaffung als Instrument der Umweltpolitik**

Die Bedeutung der öffentlichen Bauherren – Bund, Länder und Gemeinden – für das Nachhaltige Bauen besteht nicht zuletzt darin, dass sie in der Regel über ein kompetentes Baumanagement verfügen und kontinuierlich ein großes Volumen an Bauleistungen beauftragen. Weiterhin sind sowohl beim Neubau wie bei der Erneuerung und Bewirtschaftung des Bestandes Güter zur Einrichtung, Ausstattung und Pflege in erheblichem Umfang zu beschaffen. Die öffentliche Verwaltung als wichtiger Akteur bei der Umsetzung der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie kann sich zudem zur Selbstbindung eindeutige Richtlinien für umweltentlastendes Handeln geben (vgl. z.B. Stadt Frankfurt 2010).

International ist das Thema einer umweltfreundlichen Beschaffung als Ergebnis der Konferenz für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen (UNCED) in Rio de Janeiro im Juni 1992 bereits in der Agenda 21 verankert. Darin verpflichteten sich die Unterzeichnerstaaten zu einer Vorreiterrolle beim öffentlichen Beschaffungswesen: „Die Regierungen sind ebenfalls als Faktor des allgemeinen Konsumverhaltens zu betrachten, insbesondere in Ländern, in denen die öffentliche Hand eine wichtige Rolle innerhalb der Wirtschaft spielt und erheblichen Einfluss auf unternehmerische Entscheidungen und die Vorstellungen der Allgemeinheit hat. Daher sollen sie das Beschaffungswesen untergeordneter Behörden und Ministerien prüfen, um - soweit dies möglich ist - eine verstärkte Umweltbezogenheit des öffentlichen Beschaffungswesens herbeizuführen, ohne dabei mit handelspolitischen Grundsätzen in Konflikt zu geraten.“ (BMUNR 1993, Abschnitt 4.23)

Mit Bezug auf die Agenda 21 hat auch die OECD 2002 ihren Mitgliedsstaaten die Empfehlung gegeben, bei der öffentlichen Beschaffung von Gütern und Dienstleistungen, darunter auch Infrastrukturanlagen und Gebäude, Umweltaspekte verstärkt zu berücksichtigen, ebenfalls mit dem Hinweis, dass Regierungen bzw. staatliche Behörden hierbei eine Vorbildrolle einnehmen können<sup>32</sup>.

Auch in der Europäischen Union wird das öffentliche Beschaffungswesen mit einem Anteil von 17 % am Bruttoinlandsprodukt (BIP) der EU als ein gewichtiger Faktor angesehen, um Markt und Trends zu beeinflussen. Die EU hat sich mit der Frage der Verknüpfung der Beschaffung in einer interpretierenden Mitteilung<sup>33</sup> von 2001 ausführlich beschäftigt. Darin wird eine Vielzahl von Möglichkeiten benannt, Umweltaspekte zu berücksichtigen, allein mit der Einschränkung, dass sie den Marktzugang nicht beschränken dürfen. Solche Möglichkeiten bestehen u.a. bei der Vergabe von Bauleistungen bei

- der Definition des Auftragsgegenstandes (z.B. Gebäude mit Sonnenkollektoren, Elektrobusse),
- der Festlegung der technischen Spezifikationen, etwa durch Vorgabe von Grundstoffen oder Ausgangsmaterialien (z.B. Fensterrahmen aus Holz) oder von Produk-

---

dass durch die Beschaffung von umweltgerechten Leistungen größtenteils nicht mit wesentlichen Mehrkosten zu rechnen ist und langfristig betriebswirtschaftliche und volkswirtschaftliche Einsparungen zu erzielen sind

<sup>32</sup> Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung; Empfehlung des Rates zur Verbesserung der Umweltleistung im öffentlichen Beschaffungswesen vom 23. Januar 2002, Dokument C(2002)3. vgl. [www.oecd.org/dataoecd/21/4/33643784.pdf](http://www.oecd.org/dataoecd/21/4/33643784.pdf)

<sup>33</sup> Interpretierende Mitteilung der Kommission über das auf das Öffentliche Auftragswesen anwendbare Gemeinschaftsrecht und die Möglichkeiten zur Berücksichtigung von Umweltbelangen bei der Vergabe öffentlicher Aufträge vom 4. Juli 2001 ([www.bmwi.de](http://www.bmwi.de))

- tionsverfahren, um die (un-)sichtbaren Anforderungen an das Produkt oder die Leistung zu spezifizieren (z.B. Bio-Nahrungsmittel, grüner Strom),
- der Bezugnahme auf Umweltzeichen in der technischen Spezifikation, sofern die Beweiskraft nicht auf Umweltzeichen allein beschränkt wird,
  - der Zulassung von Varianten mit höherer Umweltverträglichkeit,
  - der Auswahl der Bieter (z.B. Unzuverlässigkeit bei Nichtbeachtung der Umweltgesetze, Anforderungen an technische Leistungsfähigkeit, sofern die Ausführung des Auftrages dadurch beeinflusst wird),
  - der Zuschlagserteilung durch Benennung produktbezogener Kriterien, die unmittelbar oder mittelbar einen wirtschaftlichen Nutzen für den Auftraggeber haben (z.B. Energieverbrauch, Abgaswerte) oder durch die Berücksichtigung aller Kosten, die während des Lebenszyklus eines Produktes anfallen,
  - der Aufnahme zusätzlicher Kriterien (als Nebenbedingung oder bei gleichwertigen Angeboten) und
  - der Vertragsausführung, sofern dies für die Leistung oder Ausführung des Auftrages von Belang ist (z.B. größere Verpackungen, recycelbares Verpackungsmaterial, Rücknahme von Abfall).

Diese Ausrichtung des Vergabewesens auf die Einbeziehung gesamtgesellschaftlicher Ziele hat die EU mit ihrem Grünbuch zur Modernisierung des Vergaberechts in der EU vom 27. Januar 2011 bekräftigt:

„Die Behörden können einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der strategischen Ziele von Europa 2020 leisten, indem sie ihre Kaufkraft zur Beschaffung von Gütern und Dienstleistungen mit höherem „gesellschaftlichem Wert“ einsetzen. Dieser kann sich äußern in Innovationsförderung, Umweltfreundlichkeit und Bekämpfung des Klimawandels, Verringerung des Energieverbrauchs, Verbesserung der Beschäftigungslage, des Gesundheitswesens und der sozialen Bedingungen sowie der Förderung benachteiligter Gruppen. Eine starke Nachfrage der Behörden nach „grüneren“, CO<sub>2</sub>-armen, innovativeren und sozial verantwortlichen Gütern und Dienstleistungen kann auch Produktions- und Konsumtrends der nächsten Jahre mitbestimmen“ (EU 2011)<sup>34</sup>.

Seit Oktober 2008 gibt es im Ständigen Forstausschuss der Europäischen Kommission eine Arbeitsgruppe zur öffentlichen Beschaffung von Holz, die auf Legalität und Nachhaltigkeit bei der öffentlichen Holzbeschaffung achtet. Ferner sollen die Möglichkeiten einer europäischen Harmonisierung sowie die Entwicklung gemeinsamer Richtlinien für die öffentliche Beschaffung und Verwendung von Holzprodukten geprüft werden.

Dass Bauvorhaben der öffentlichen Hand durch die Bevorzugung umweltfreundlicher und gesundheitlich unbedenklicher Baustoffe bei Ausschreibung und Vergabe eine Vorreiter- und Vorbildfunktion für das nachhaltige Bauen haben können, ist auch die Auffassung der Bundesregierung. „Mit einer konsequenten Verfolgung dieser Strategie kann sowohl das entsprechende Marktsegment umweltfreundlicher Produkte gestärkt werden; gleichzeitig werden aber auch die Strukturen der Anwendung durch praktische Erfahrungen des Handwerks bei der Verwendung der Produkte gefördert“ (Deutscher Bundestag 2010).

In einem zunächst auf vier Jahre befristeten Gemeinsamen Erlass vom 17.01.2007 haben die Bundesministerien für Wirtschaft, Landwirtschaft, Umwelt und Bauwesen geregelt,

---

<sup>34</sup> Die Berücksichtigung gesellschaftlicher Belange steht allerdings unter dem Vorbehalt, dass sie nicht zu Lasten der Effizienz der öffentlichen Beschaffung gehen und den öffentlichen Auftraggebern damit kein unverhältnismäßiger zusätzlicher Verwaltungsaufwand entstehen dürfe oder dass der Wettbewerb dadurch verzerrt würde (ebenda).

dass für Holzprodukte, die durch die Bundesverwaltung beschafft werden, der Nachweis erbracht werden muss, dass sie aus legaler und nachhaltiger Waldbewirtschaftung stammen. Eine Reihe von Ländern beabsichtigt auf der Grundlage dieses Erlasses eigene Beschaffungsregelungen zur Beschaffung von Holzprodukten zu treffen. Darüber hinaus haben zahlreiche Gebietskörperschaften, die Deutsche Bahn AG und das Technische Hilfswerk diese Regelung ebenfalls übernommen.

Damit Umweltbelange bei Beschaffungen der einzelnen Ministerien und Ressorts auf Bundesebene, aber auch anderer öffentlicher Verwaltungen hinreichend Beachtung finden, hat das BMU auf Empfehlung einer durch das Beratungsunternehmen McKinsey Ende 2008 erarbeiteten Studie die Entwicklung einer sogenannten „Allianz für eine nachhaltige Beschaffung“ unter Einbeziehung von Bund, Ländern und Kommunen initiiert. Im Rahmen dieser Allianz wird auch die konsequente Anwendung der Beschaffungsregelung für Holzprodukte weiter verfolgt.

Bereits 1987 hatte das Umweltbundesamt ein Handbuch zur umweltfreundlichen Beschaffung mit Empfehlungen zur Berücksichtigung des Umweltschutzes in der öffentlichen Verwaltung und im Einkauf veröffentlicht (4. und letzte Fassung von 1999). Mittlerweile wurde dazu auf der Internetseite des UBA ein „Informationsdienst für umweltfreundliche Beschaffung“ eingerichtet, in dem alle Informationen des UBA zur umweltfreundlichen Beschaffung zusammengestellt sind. Hinweise zum Bauen und zu Bauprodukten nehmen dabei einen breiten Raum ein<sup>35</sup>.

In Österreich war 2008 mit der vom Energieinstitut Vorarlberg betriebenen baubook-Plattform<sup>36</sup> ein weiteres deutschsprachiges Internetportal als Service für die öffentliche Beschaffung entstanden (<http://www.baubook.at/vlbg/>). Baubook unterstützt als Werkzeug zur nachhaltigen Gestaltung von Ausschreibungen und zur Qualitätssicherung am Bau die Auswahl von Baustoffen und Bauchemikalien, um die Belastungen für Umwelt und Gesundheit auf ein Minimum zu reduzieren.

### **EU-Leitmarktinitiative**

Einen zusätzlichen Schub hat die Beschaffung nachhaltiger Produkte und Leistungen durch die 2007 von der EU ausgerufene „Leitmarktinitiative für Europa“ (*Lead Market Initiative for Europe / LMI*) erhalten<sup>37</sup>. Mit dieser Initiative sollen bestimmte Märkte mit hohem Potenzial für Innovationen zu sogenannten „Leitmärkten“ entwickelt werden. Als Leitmarkt ist ein räumlich begrenzter Markt für ein bestimmtes Erzeugnis oder eine Dienstleistung zu verstehen, wo international erfolgreiche technische oder auch nicht-technische Innovationen entstehen, sich etablieren und ausbreiten können, weil dafür

<sup>35</sup> s. [www.umweltbundesamt.de/produkte/beschaffung/index.php](http://www.umweltbundesamt.de/produkte/beschaffung/index.php). Informationen zu Bauprodukten: Gesundheitliche Bewertung der Emissionen von VOC und SVOC aus Bauprodukten, Blauer Engel für Bauprodukte und Einrichtungsgegenstände, EG-Bauprodukten-Richtlinie, Lösemittelarme Lacke für Maler und Lackierer, Schadstoffe und Gerüche, Umweltdeklaration von Bauprodukten, Von der Bauproduktenrichtlinie zur Bauproduktenverordnung. Weitere baubezogene Informationen betreffen Flammschutzmittel, Fluorierte Treibhausgase, Ökodesign, Umwelt- und Gesundheitsanforderungen in Normen sowie Umweltfreundliche Beschaffung, z.B. zu Produkten für die Gebäudeinnenausstattung

<sup>36</sup> Baubook ([www.baubook.info](http://www.baubook.info)) ist eine Online-Datenbank für Bauprodukte. Betreiber ist die Baubook GmbH, an der zu gleichen Anteilen das Energieinstitut Vorarlberg und die Österreichische Institut für Baubiologie beteiligt sind. Die Datenbank soll ökologisches Bauen und Sanieren mittels gezielter Produktinformation unterstützen.

Vorläufer war der „Ökoleitfaden Bau“, mit dem die Ökologisierung der öffentlichen Beschaffung vor allem der Kommunen vorangebracht werden sollte. Der Ökoleitfaden Bau bietet Informationen zur nachhaltigen, produktneutralen und vergaberechtskonformen Ausschreibung und Beschaffung von Bauprodukten ([www.ibo.at/documents/TB09\\_lenz.pdf](http://www.ibo.at/documents/TB09_lenz.pdf))

<sup>37</sup> s. <http://ec.europa.eu/enterprise/policies/innovation/policy/lead-market-initiative/> retr. 10/2010

besonders günstige Rahmenbedingungen bestehen, z.B. weil vielfältige für die Innovation erforderliche Dienstleistungen verfügbar sind. „Leitmärkte“ in diesem Sinne lassen sich zwar nicht administrativ erzeugen, sie können aber als Vorbild dienen, um nach diesem Modell analog für bestimmte Teilmärkte Voraussetzungen und Rahmenbedingungen zu schaffen, damit neue Ideen leichter in innovative Produkte, Technologien und Dienstleistungen umgesetzt werden können.

**Tab. 2.4-5: EU Leitmarktinitiative, politische Steuerungsmöglichkeiten**

Policy Tools					
		Standardisation Labelling Certification	Legislation	Public Procurement	Complementary Actions
Lead Market Area	<b>eHealth</b>	EU Recommendation for interoperability	Exchange of best practices	Call for network of procurers	EU Patient Smart Open Services pilot founded
	<b>Sustainable construction</b>	2nd generation Eurocodes	Screening of national building regulations	Network Contracting Authorities	Upgrading of skills of construction workers
	<b>Protective textiles</b>	SME involvement in standardisation	Technical Harmonisation	Network Contracting Authorities	7 research projects selected for funding
	<b>Bio-based products</b>	Product performance standards	Inventory of legislation affecting the sector	Encourage Green Public Procurement	Advisory Group for Bio-based Products
	<b>Recycling</b>	CEN Packaging Standards	Waste Framework directive	Encourage Green Public Procurement	Eco-innovation observatory
	<b>Renewable energies</b>	Minimum energy performance standards	Mandatory national targets for 2020	Improve knowledge on demand barriers	Overview of all programmes and funds

Quelle: EU, <http://ec.europa.eu/enterprise/policies/innovation/policy/lead-market-initiative/>

Das Konzept der Leitmärkte war 2006 im sogenannten „Aho-Bericht“ vorgestellt worden, in dem als wesentliches Hemmnis für einen innovationsfreundlichen Markt in Europa die mangelnde Nachfrage nach Innovationen genannt wird sowie die fehlende Bereitschaft, für hochentwickelte innovative Dienstleistungen auch angemessene Preise zu bezahlen (EC 2006). Ergänzend zu den bisherigen angebotsorientierten wirtschaftspolitischen Strategien der EU zur Förderung von Innovationen u.a. durch Forschung und Entwicklung soll daher auch die Nachfrageseite durch entsprechende politische Maßnahmen in Bezug auf die öffentliche Beschaffung sowie Gesetzgebung und Standardisierung gestärkt werden. Ausdrücklich soll die öffentliche Beschaffung dazu instrumentalisiert werden, die Verbreitung innovativer Produkte und Dienstleistungen voranzubringen.

Auf der Grundlage der Vorschläge des Aho-Berichts wurden nach ausführlichen Beratungen mit Vertretern unterschiedlicher Belange sechs Leitmärkte<sup>38</sup> für die Initiative ausgewählt, darunter die Leitmärkte „Recycling“, „Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen“, „Erneuerbare Energien“ und insbesondere der Leitmarkt „Nachhaltiges Bauen“. Kriterien für die Auswahl waren insbesondere,

<sup>38</sup> Elektronische Gesundheitsdienste (eHealth), Schuttextilien (protective textiles), Nachhaltiges Bauen (sustainable construction), Recycling (recycling), Biobasierte Produkte (bio-based products), Erneuerbare Energien (renewable energies) (s. <http://www.nachhaltigesbauen.de/eu-leitmarktinitiative.html>, retr. 2010)



- dass diese Märkte außerordentlich innovativ sind,
- dass sie Lösungen für weiterreichende strategische Herausforderungen für Gesellschaft, Umwelt und Wirtschaft bieten können,
- dass sie in Europa eine solide technologische und industrielle Basis haben, und
- dass sie mehr als andere Märkte auf die Schaffung günstiger Rahmenbedingungen durch politische Maßnahmen und Vorgaben angewiesen sind.

Auch wenn die Leitmarktinitiative im Zusammenhang mit der Strategie von Lissabon für Wachstum und Beschäftigung von 2005 sowie der danach folgenden breit angelegten Innovationsstrategie von 2006 steht<sup>39</sup> und somit ein starker Akzent auf Wirtschaftswachstum gelegt wird, sind von den von der EU benannten sechs ersten Leitmärkten wesentliche Impulse für das Nachhaltige Bauen zu erwarten. Auch beim Recycling und bei Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen (biobasierte Produkte) wird eine wesentliche Rolle bei der Förderung der Nachfrage und damit der weiteren Marktfestigung und Produktentwicklung dem öffentlichen Beschaffungswesen zugeschrieben (s. Tab. 2.4-5).

Zur Stärkung des Leitmarktes „Nachhaltiges Bauen“ soll das öffentliche Beschaffungswesen beitragen durch geänderte Verwaltungsabläufe bei der Auswahl des günstigsten Angebots insbesondere durch die Berücksichtigung von Lebenszykluskosten für Bauprodukte (Umweltproduktdeklarationen) und Bauwerke (Norm in Bearbeitung) sowie durch Netzwerkbildung zwischen öffentlichem Auftragswesen und Praxis und weiterhin durch geeignete Hilfestellungen (z.B. Leitfäden) und die Initiierung von Pilotprojekten<sup>40</sup>.

Im Rahmen der mit dem Aho-Bericht anvisierten „breit angelegten Strategie für ein innovatives Europa“ veröffentlichte die EU-Kommission 2007 auf der Basis konkreter Praxisbeispiele einen Leitfaden für innovative Lösungen bei der öffentlichen Beschaffung (EC 2007). Von den zehn Elementen guter Praxis von Interesse für Vergabe nach Nachhaltigkeitskriterien ist insbesondere das Prinzip, die Vergabe nicht allein nach dem niedrigsten Preis zu entscheiden, sondern mit dem Angebot einen möglichst hohen Gegenwert zu erhalten (*Seek value for money, not just the lowest price*).

Bei dieser Empfehlung, über die Erfüllung der von der Leistung geforderten Funktionen und Eigenschaften hinaus weitere Qualitätsaspekte zu berücksichtigen, wird auf Auswahlkriterien zur Vergabe öffentlicher Leistungen in EU-Richtlinien<sup>41</sup> von 2004 verwiesen, bei denen neben dem Angebot mit dem niedrigsten Preis auch das sogenannte „wirtschaftlich vorteilhafteste Angebot“ (*„the most economically advantageous tender (MEAT)“*) zum Zug

<sup>39</sup> In der Mitteilung „Wissen in Praxis umsetzen: Eine breit angelegte Innovationsstrategie für die EU“ / *„Putting knowledge into practice: A broad-based innovation strategy for the EU“* vom September 2006 legt die Kommission ihre Strategie für die kommenden Jahre dar. Vgl: auch „Eine breit angelegte Innovationsstrategie für die EU“, [http://europa.eu/legislation\\_summaries/employment\\_and\\_social\\_policy/growth\\_and\\_jobs/i23035\\_de.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/employment_and_social_policy/growth_and_jobs/i23035_de.htm)

<sup>40</sup> s. Aktionsplan Nachhaltiges Bauen im Rahmen der Europäischen LMI (Action Plan for Sustainable Construction); [www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/Leitmarktinitiative/pdf/aktionsplan.pdf](http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/Leitmarktinitiative/pdf/aktionsplan.pdf):

<sup>41</sup> Article 55, Contract award criteria:

“(…) criteria on which the contracting entities shall base the award of contracts shall:

(a) where the contract is awarded on the basis of the **most economically advantageous tender** from the point of view of the contracting entity, be various criteria linked to the subject matter of the contract in question, such as delivery or completion date, running costs, cost effectiveness, quality, aesthetic and functional characteristics, environmental characteristics, technical merit, after sales service and technical assistance, commitments with regard to parts, security of supply, and price or otherwise  
(b) the lowest price only.”

Richtlinie 2004/17/EC des Europäischen Parlaments und des Rates vom 31 März 2004; entsprechend auch Artikel 53 der Richtlinie 2004/18/EC, beide Richtlinien betreffend die Vergabe von Leistungen bei öffentlichen Aufträgen.

kommen kann. Bei einem MEAT-Angebot können außer dem Angebotspreis Lebenszykluskosten, Umweltaspekte und eine Reihe weiterer Qualitätskriterien berücksichtigt werden. Das bedeutet, dass Kriterien des nachhaltigen Bauens und Bewirtschaftens bei der Ausschreibung ausdrücklich berücksichtigt werden können.

Mit der weiteren Umsetzung der EU-Leitmarktinitiative ist zu erwarten, dass sich die Tür zur Berücksichtigung von Kriterien des nachhaltigen Bauens bei Ausschreibung und Vergabe durch die öffentliche Hand weiter öffnen wird. Wieweit dies auch genutzt werden wird, wird von den finanziellen Möglichkeiten der öffentlichen Auftraggeber und nicht zuletzt auch von den Überzeugungen der verantwortlichen Entscheidungsträger abhängen.

## Teil 3 Nachhaltiges Bauen in der Praxis

### 3.1 Zertifizierung der Nachhaltigkeit von Gebäuden - Erfahrungen

#### 3.1.1 Die Referenzgebäude

##### Erste Bewertungsverfahren

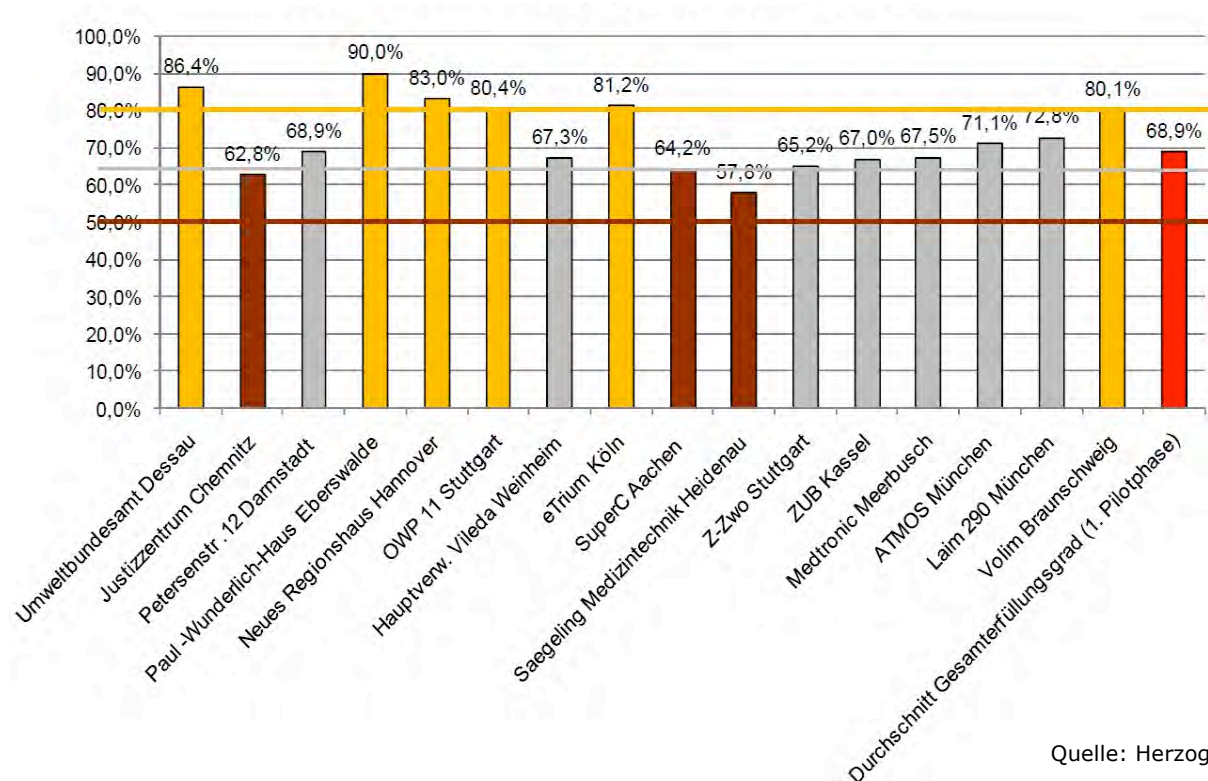
Die ersten Gütesiegel für Büro- und Verwaltungsimmobilien nach den Kriterien des Zertifizierungssystems von DGNB und BMVBS wurden im Januar 2009 vergeben. Die erste Zertifizierungsrunde diente als Pilotphase auch dazu, die Tauglichkeit des Systems unter Praxisbedingungen prüfen zu können. Waren die Kriterien richtig gewichtet? Waren die Kriterien genau genug und unmissverständlich beschrieben? Waren die vorgesehenen Berechnungsverfahren praktisch gut handhabbar? Stimmen die Bewertungen der Auditoren, die die Datengrundlagen der Gebäude zusammenstellen und die Berechnungen für die Zertifizierung durchführen, mit denen der Prüfer der DGNB, die die Konformität der Zertifizierung mit den Bestimmungen der DGNB überwachen, überein? Eine wissenschaftliche Auswertung sollte darüber letztlich Klarheit schaffen<sup>1</sup> und zugleich Hinweise geben auf Verbesserungsmöglichkeiten für die künftige Anwendung des Zertifizierungssystems.

In die Gesamtbewertung des DGNB-Systems der Version von 2009 gehen die ökologische, die ökonomische, die funktionale und soziale sowie die technische Qualität mit je 22,5% zu gleichen Teilen ein, mit 10% etwas geringer ist die Prozessqualität gewichtet. Die Zahl der Kriterien und ihre Gewichtung sind jeweils unterschiedlich: Die Wirtschaftlichkeit wird nach zwei, die funktionale und soziale Qualität nach 15 Kriterien bewertet. Entsprechend bedeutsam ist die Erfüllung der beiden Kriterien „Lebenszykluskosten“ (13,5%) und „Wertstabilität“ (9%). Dem stehen 12 Kriterien gegenüber, die die Umweltauswirkungen bewerten. Die Sachbilanz der Umweltauswirkungen in Bezug auf ihren potenziellen Beitrag zu Erderwärmung (GWP), Ozonschichtzerstörung (ODP), Ozonbildung (POCP), Versauerung (AP) und Überdüngung (EP) wirken sich dabei mit 6,5%, der Verbrauch an Energie mit 5,8% (erneuerbar 2,3%, nicht erneuerbar 3,5%) auf die Gesamtbilanz des Gebäudes aus. Dabei gibt es durchaus Bewertungen, die auf dem gleichen Sachverhalt beruhen, in die gleiche Richtung gehen, aber andere Effekte bewerten. Ein hoher Verbrauch an Primärenergie während der Nutzungsphase erhöht gleichzeitig die CO<sub>2</sub>-Emissionen und damit das Treibhauspotenzial und schmälert zudem die Wirtschaftlichkeit des Gebäudes durch hohe Betriebskosten.

Unter den zertifizierten Gebäuden waren auch zwei der nachfolgend vorgestellten Gebäude. Die Gebäude der TU Darmstadt (Petersenstraße 12) und des Zentrums für Umweltbewusstes Bauen (ZUB), Kassel, liegen mit 68,9 und 67,0 im mittleren Feld des Gütesiegels in Silber (s. Abb. 3.1-1); das entspricht ziemlich genau dem Gesamterfüllungsgrad von 68,9% der zertifizierten Gebäude der Pilotphase.

Zertifiziert wurden bereits fertiggestellte Gebäude, so dass bei der Planung nicht berücksichtigt werden konnte, wie sich einzelne Planungsentscheidungen und die Praxis des Planungs- und Ausführungsprozesses auf die Ergebnisse auswirken konnten. Entsprechend schneiden die zertifizierten Gebäude bei der Prozessqualität relativ am schlechte-

<sup>1</sup> Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen – Evaluierung und Fortschreibung des Systems. Hrsg. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR); Forschungsarbeit im Auftrag des BMVBS. Bearbeitung Dr. Kati Herzog und Alice Omet, Bilfinger Berger Hochbau GmbH, Frankfurt am Main; als online-Publikation des BBSR vorgesehen 2010



**Abb. 3.1-1: Die Gebäude der ersten Zertifizierungsrunde: Prozentanteile, zu denen die Anforderungen erfüllt wurden (Gesamterfüllungsgrad)**

sten ab. Gerade dies soll sich künftig ändern, indem der Planungs- und Bauprozess durch einen sachkundigen Auditor, der dann auch die Zertifizierung vornimmt, beratend begleitet wird. Dabei führt er Buch über den Punktstand der Bewertung. Insbesondere wenn die Bewertung knapp unter einer Bewertungsstufe liegt, kann er Vorschläge machen, wie und mit welchem (finanziellen) Aufwand der höhere Wert erreicht werden kann. Dieser erwünschte Effekt einer internen Projektsteuerung in Richtung Nachhaltigkeit ist so auch Bestandteil des Verfahrens nach dem amerikanischen LEED-System (vgl. 3.4).

Die international bestehenden Bewertungssysteme und ebenso in Deutschland das der DGNB bzw. des BNB sind trotz der bereits erreichten Aufmerksamkeit und Bedeutung für bestimmte Segmente der Immobilienmärkte keineswegs auf Dauer konsolidierte Größen. Vieles ist im Fluss, die Zertifizierung weiterer Gebäudetypen sowie der Erneuerung vorhandener Gebäude wird erwogen, z.B. in Deutschland wie bereits bei BREAM die Nachhaltigkeitszertifizierung von Wohnquartieren und auch die Breite und Tiefe der Zertifizierungssysteme sind keine abschließenden Größen. Auch die internationale Spezifizierung zur weiteren Anwendung der Systeme im Ausland, z.B. die Anpassung von LEED für die Anwendung in Deutschland, entwickelt sich weiter.

### Zertifizierung der Referenzgebäude, Anlässe und Interessen

Die Gebäude für Bauingenieurwesen und Geodäsie der TU Darmstadt und des Zentrums für Umweltbewusstes Bauen (ZUB) in Kassel haben einen quasi institutionalisierten Bezug zum nachhaltigen Bauen über ihre jeweiligen organisatorischen Verknüpfungen mit den beiden Hochschulen. Am Lehrstuhl für Massivbau an der TU Darmstadt wird das Thema Stoffströme, Ökobilanzen und Nachhaltigkeit im Bauwesen bereits seit vielen Jahren wissenschaftlich bearbeitet, eine ganze Reihe von wissenschaftlichen Arbeiten hat dazu beigetragen, Methode und Wissensstand voranzubringen (Kloft 1998, Reiche 2001,

Graubner et al. 2003, Riegel 2004, Herzog 2005, Renner 2007). Der Lehrstuhlinhaber Prof. Alexander Graubner war zudem am Aufbau des Zertifizierungssystems von BMVBS und DGNB mit wissenschaftlicher Grundlagenarbeit beteiligt. Die Kompetenz der Nachhaltigkeitszertifizierung wurde einer Ausgründung des Lehrstuhls übertragen, der Life Cycle Engineering Experts GmbH / LCEE, Darmstadt.

Ähnlich in Kassel, wo das Gebäude mit dem Zentrum für Umweltbewusstes Bauen selbst eine Einrichtung beherbergt, die der Nachhaltigkeit beim Bauen institutionell verpflichtet ist. Beteiligt sind die betreffenden Lehrstühle der Universität Kassel, die sich seit vielen Jahren mit Energieeinsparung und Ressourcenschonung wissenschaftlich befassen. Insbesondere das Konzept zur Optimierung der Energieeffizienz des ZUB-Gebäudes war zugleich Gegenstand eines Forschungsvorhabens verbunden mit einem umfänglichen Mess- und Auswertungsprogramm unter Leitung von Prof. Gerd Hauser, seinerzeit Inhaber des Lehrstuhls für Bauphysik an der Uni Kassel (Hauser et al. 2002 und 2004). An den Beratungen des Gebäudekonzepts war zudem Prof. Gernot Minke beteiligt, der 1975 am Fachbereich Architektur der Universität Kassel das Forschungslabor für Experimentelles Bauen (FEB) gegründet hatte. Auf ihn geht der Vorschlag einer Lehmwand zum Feuchtigkeits- und Temperatenausgleich im Innern des Gebäudes zurück.

Anders die Situation der Deutschen Bank in Frankfurt. Hier standen immobilienwirtschaftliche Überlegungen im Vordergrund. Mit der Erfordernis konfrontiert, das zentrale Verwaltungsgebäude der Deutschen Bank in Frankfurt durchgreifend erneuern zu müssen, wurden grundlegende Überlegungen angestellt, wie die Betriebskosten nachhaltig gesenkt und wie eine möglichst hohe Werthaltigkeit der Investition erreicht werden konnten. Für den Bauherrn, mit institutioneller Kompetenz in internationaler Finanz- und Immobilienwirtschaft lag eine Orientierung an einem anerkannt hohen internationalen Bewertungsmaßstab für die Qualität von Immobilien nahe. Damit kam bei der Sanierung des Gebäudes des Frankfurter Firmensitzes das seinerzeit bereits bestehende Zertifizierungssystem LEED ins Spiel. Angestrebt wird die höchste Stufe der Bewertung, Platin. Die Deutsche Bank ist aber auch Gründungsmitglied der DGNB. So wird das Gebäude auch nach den Kriterien der DGNB zertifiziert, ein Vorzertifikat in Gold hat es 2009 bereits erhalten. Auch für einen Bauherrn mit hoher wirtschaftlicher Kompetenz wie die Deutsche Bank ist offensichtlich die Verknüpfung von Umweltschutzziele und sozialen Vorgaben mit dem Nachweis von Wirtschaftlichkeit und Funktionalität eines Bauvorhabens sehr gut mit der Unternehmensstrategie zu vereinbaren; der Ausrichtung auf Nachhaltigkeit und dem Sanierungskonzept der „greentowers“, wird im Internet eine eigene Homepage gewidmet ([www.banking-on-green.com](http://www.banking-on-green.com), bzw. [www.greentowers.de](http://www.greentowers.de)).

Beispielhaft werden die Ergebnisse der Ökobilanzierung der Referenzgebäude anhand ausgewählter charakteristischer Bauteile vorgestellt. Den beim Gebäude ausgeführten Bauteilen werden jeweils Alternativen mit anderem Aufbau der Bauteilschichten gegenübergestellt (s. Tab. 3.1-2).

### **Voraussetzungen bei der Bewertung**

Von den Referenzgebäuden waren die beiden Neubauten konzipiert worden, ohne dass an eine Zertifizierung der Nachhaltigkeit zu denken war; die Zertifizierung erfolgte erst im Nachhinein. So waren beide Neubauten mehr oder weniger unter den üblichen Bedingungen von Planungs- und Bauprozessen öffentlicher Hochbauten geplant und realisiert worden. Mit der Zertifizierung wird jedoch ein höherer Standard als üblich abgefragt, der sich zu großen Teilen ohne größeren Aufwand erreichen lässt, aber keineswegs allgemein

gängige Praxis ist. Dies betrifft z.B. auch die Dokumentation von Bauablauf und Ausführung als Teil der abgefragten Prozessqualität. Für das Darmstädter TU-Gebäude wirkte sich bei der Bewertung der Prozessqualität insbesondere nachteilig aus, dass der Generalunternehmer in die Insolvenz geraten war und damit für die Zertifizierung erforderliche Bauunterlagen nicht mehr zugänglich waren. Insbesondere bei der zu 10,5 % in die Gesamtbewertung eingehende Prozessqualität waren daher Abstriche zu machen.

Grundsätzlich ist bei der Einordnung der Ergebnisse zu bedenken, dass bei der Zertifizierung nicht ökologisches Bauen, sondern Nachhaltigkeit bewertet wird. Bei dem Gebäude des ZUB z.B. war ein hoher Standard an Energieeffizienz geplant und realisiert worden. Dies hätte zu der Erwartung führen können, dass es bei der Bewertung auch besonders gut abschneidet. Nach diesem Kriterium natürlich wohl – aber bei der Vielfalt der Kriterien, die bei der Zertifizierung angelegt werden, hat die (Gesamt-) Energieeffizienz über die Nutzungsdauer aber lediglich einen Anteil von 3,5% an der Gesamtbewertung.

Ganz anders sind die Voraussetzungen bei der Zertifizierung der Sanierung des Verwaltungsgebäudes der Deutschen Bank. Hier wird der Bauprozess durch die Auditoren begleitet – der Idealfall der Qualitäts- und Nachhaltigkeitszertifizierung. Mit Blick auf das Gesamtergebnis der Bewertung kann im gegebenen Kostenrahmen jeweils das optimal Erreichbare im Sinne des nachhaltigen Bauens realisiert werden. Letztlich ist aber nicht das Bewertungsergebnis das Entscheidende, sondern die möglichst weitgehende Umsetzung der Nachhaltigkeitsziele, was auf diese Weise zum integralen Teil des Entscheidungsprozesses wird; jede Entscheidung im Planungs- und Bauablauf ist dabei auch nach Kriterien der Nachhaltigkeit zu prüfen, die Messlatte ist angelegt.

### 3.1.2 Ökobilanzen

So plakativ die Bewertungen nach den Kategorien des Gütesiegels von DGNB und BMVBS, Bronze, Silber und Gold, sein mögen, so wenig vermittelt sich die über die Ökobilanzen ermittelte ökologische Qualität der Gebäude. Dies liegt nicht zuletzt an der hochgradigen Komplexität der Bewertung. Die Beispiele der Referenzgebäude zeigen, dass bei Bauteilen mit einem Aufbau von fünf und mehr Schichten, jeweils sehr unterschiedliche Vorzüge oder Nachteile der einzelnen gewählten Komponenten zum Tragen kommen können (s. z.B. 3.3.4; Vergleich Ökobilanzen zweier Außenwandalternativen des ZUB). Erst wenn man die Komplexität auf einen unmittelbaren Vergleich reduziert und die Betrachtung auf zwei unterschiedliche Schichten begrenzt, werden besondere Eigenschaften der Baumaterialien erfassbar (s. z.B. 3.2.4; Vergleich Außenwandverkleidung des TUD Gebäudes).

**Tab. 3.1-1: Werte der Ökobilanzen nichttragender Innenwände des Gebäudes der TUD für Bauingenieurwesen und Geodäsie**

		Glaswand	Holzwerkstoff	Glaswand	Holzwerkstoff
kg CO <sub>2</sub> Äqu/(m <sup>2</sup> a)	GWP	0,989	0,2	989 g	200 g
kg R11Äqu/(m <sup>2</sup> a)	ODP	0,000.000.044.5	0,000.000.009.92	44,5 µg	9,92 µg
kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Äqu/(m <sup>2</sup> a)	POCP	0,000.376	0,000.156	376 mg	156 mg
kg SO <sub>2</sub> Äqu/(m <sup>2</sup> a)	AP	0,005.79	0,001.86	5,79 g	1,86 g
kg PO <sub>4</sub> Äqu/(m <sup>2</sup> a)	EP	0,000.94	0,000.364	0,94 g	0,364 g
MJ/(m <sup>2</sup> a)	Eges	16,6	15,4		
MJ/(m <sup>2</sup> a)	Ee	0,221	2,12		
MJ/(m <sup>2</sup> a)	Ene	16,3	13,3		

Anmerkung: Vgl. zu den Konstruktionen Tab. 3.1-2 sowie zu den Ergebnissen Tab. 3.2-10 und Abb. 3.2-4

**Tab. 3.1-2:Ausführungsvarianten der Referenzgebäude**

Gebäude Bauteil	vorhanden Material Stärke in cm	alternativ Material Stärke in cm
<b>Darmstadt TU Bauingenieurwesen</b>		
Außenwand  U-Wert = 0,29 W/(mK)	1 Dispersion (0,02 cm) 2 Stahlbetonwand (25 cm) 3 Dämmung Polystyrol WLG035 (10 cm) 4 Luftschicht (3 cm) 5 Aluminiumunterkonstruktion 6 Aluminiumblech, eloxiert (0,1 cm; Stärke als gemittelter Wert der gestanzten Bleche)	1 Dispersion (0,02 cm) 2 Stahlbetonwand (25 cm) 3 Dämmung Holzweichfaser WLG 040 (12 cm) 4 Luftschicht (3 cm) 5 Aluminiumunterkonstruktion 6 Faserzementplatte (0,8 cm)
Innenwand nichttragend	1 Glas (0,6 cm) 2 Metallständer (10 cm) 3 Glas (0,6 cm)	1 Holzwerkstoffplatte (2,5 cm) 2 Dämmung mineralisch (4,5 cm) 3 Metallständer (5 cm) 4 Holzwerkstoffplatte (2,5 cm)
Decke	1. Epoxidharz (0,02 cm) 2. Zementestrich (4 cm) 3. Trittschalldämmung (4 cm) 4. Stahlbeton (22 cm) 5. Dispersion (0,02 cm)	1 Teppichboden verklebt (0,8 cm) 2 Zementestrich (4 cm) 3 Trittschalldämmung (4 cm) 4 Stahlbeton (22 cm) 5 Dispersion (0,02 cm)
<b>Kassel ZUB Uni Kassel</b>		
Dach  U-Wert = 0,11 W/(mK)	1 extensive Begrünung 2 Mineralstoffgemisch Lavabims (10 cm) 3 Schutz-Drainagevlies 4 Glasvliesbitumen 5 EPS Gefälledämmung (im Mittel 24 cm) 6 Dampfspererschicht 7 Voranstrich Bitumen 8 Stahlbetondecke (Sichtbeton) (25 cm)	1 Kiesschicht (5 cm) 2 Polymerbitumenschweißbahn (0,04) 3 Spezialbitumen (0.4 cm) 4 Schaumglas (24 cm) 5 Bitumenschweißbahn GV3 (0,4 cm) 6 Bitumenvoranstrich (0,2 cm) 7 Stahlbetondecke (25 cm)
Decke	1 geschliffener Magnesitestrich (2 cm) 2 Zementestrich (6 cm) 3 Folie 4 Trittschalldämmung EPS (2 cm) 5 Folie 6 Voranstrich 7 Stahlbeton (25 cm)	1 Linoleum (0,2 cm) 2 Holzspanplatten 2,5 cm 3 Holzweichfaserplatten 4 Stahlbeton 25 cm
Außenwand  U-Wert = 0,16 W/mK	1 Stahlbeton (20 cm) 2 WDVS EPS WLG 035 (30 cm) 3 farbiger Kalkzementputz (2 cm) 4 Mineralfarbe	1 Mineralfarbe 2 Kalkgipsputz (2 cm) 3 Vollziegel (24 cm) 4 Holzweichfaserdämmung (32 cm) 5 dazu Holzunterkonstruktion / OSB 6 Kalkzementputz (2 cm) 7 Mineralfarbe
<b>Frankfurt Deutsche Bank</b>		
Decke	1 Teppichboden (3,2 mm) 2 Doppelboden (insgesamt 14,3 cm): Kalziumsilikatplatten auf Stahl-Unterkonstruktion mit Luftraum 3 Stahlbetondecke (20 cm) 4 Gipskartondecke, abgehängt auf Stahl-Unterkonstruktion 5 Spachtelung und Anstrich	1 Synthetikgummielastbelag (2,7 mm) 2 Doppelboden (gesamt 14,3 cm): Kalziumsilikatplatten auf Stahl-Unterkonstruktion mit Luftraum 3 Staubbindender Anstrich 4 Stahlbetondecke 5 Gipskartondecke, abgehängt auf Stahl-Unterkonstruktion 6 Spachtelung und Anstrich
Innenwand	1 Beplankung je Seite	3 Ständerwerk
LBW06	2x15 mm Gipskarton	Metall: CW100 Achsraster 62,5 cm
LBW06	2x12,5 mm Zementpl.	Holz: 60x60mm Achsraster 62,5 cm
IW1	1x12,5 mm Gipskarton	Metall: CW75 Achsraster 62,5cm
IW2	1x15,0 mm Gipskarton	Metall: CW50 Achsraster 62,5cm
IW3	1x12,5 mm Gips-Faser	Metall: CW75 Achsraster 62,5cm
IW4	1x12,5mm Zementpl.	Holz: 60x60mm Achsraster 62,5cm

Im Idealfall eines Zertifizierungsprozesses ist der Auditor projektbegleitender Fachingenieur für nachhaltiges Bauen. Dies war bei der Sanierung des Hauptverwaltungsgebäudes der Deutschen Bank in Frankfurt am Main der Fall. Das mit dem Projektmanagement und als Auditor der Zertifizierung beauftragte Ingenieurbüro achtete darauf, dass Prozess und Baustoffwahl die Qualitätskriterien der DGNB erfüllten. Mit dem Baufortschritt wurden aktuell die Auswirkungen auf die Zertifizierung protokolliert, um Probleme zu erkennen und zu vermeiden, dass durch die Entscheidung für einen ungeeigneten Baustoff das angestrebte hohe Bewertungsziel in Gefahr geriet (vgl. Abs. 3.4.3).

Ungeachtet der z.T. anspruchsvollen Zielsetzungen zur Umweltentlastung und insbesondere zum energetischen Konzept, wie z.B. bei dem Gebäude des ZUB in Kassel (s. Abschnitt 3.4) war dieser durchgängige Blick auf die Belange des nachhaltigen Bauens über den gesamten Bau- und Planungsprozess bei Bauprojekten der ersten Pilotphase, die im Nachhinein zertifiziert worden waren, nicht gegeben. Einzig bei Bau und Planung des Gebäudes des Umweltbundesamtes in Dessau war durch eine prozessbegleitende Expertengruppe konsequent darauf geachtet worden, dass gesundheits- und umweltverträgliche Bauprodukte eingesetzt wurden, um im Hinblick auf Material- und Energieverbrauch ressourcenschonend zu bauen und einen hohen Standard der Innenraumluftqualität zu erreichen:

„So hat das UBA z.B. mit ökobilanziellen Betrachtungen unter Heranziehung durchschnittlicher Ökoinventare bei der Auswahl der Materialien der für Fensterbleche und Attikaeindeckungen ermittelt, dass Titanzinkbleche bei den globalen Umweltentlastungen am besten abschneiden, gefolgt von verzinnem Kupfer. Bei den lokalen Umweltentlastungen stehen demgegenüber Edelstahl- und Aluminiumbleche an erster Stelle. Da auch hier verzinnem Kupferblech auf den zweiten Platz folgt, wurde diesem in einer Gesamtschau der Vorzug gegeben. Bei dieser Entscheidung spielten Ökobilanzergebnisse eine herausragende Rolle.

Auch die Auswahl der Fußbodenbeläge kann als lehrreiches Beispiel zur Verdeutlichung der Rolle von Umweltinformationen herangezogen werden. Hier war die Entscheidung früh zugunsten von Kautschukbelägen gefallen. Schwieriger war die konkrete Produktwahl. Obwohl wir als Nutzer des Gebäudes von vornherein das Vorliegen von Emissionsmessungen und den Einsatz emissionsarmer Kautschukbeläge gefordert hatten, wurden von den Planungsverantwortlichen Beläge ausgewählt, die diesen Anforderungen nicht entsprachen. Im Gegensatz zu unserer Forderung waren die Emissionen von gesundheitskritischen Verbindungen aus diesem Belag so hoch, dass ein Verlegestopp erteilt wurde. Dies und die Auswahl eines emissionsgeprüften, gesundheitsverträglichen Belags eines anderen Herstellers führte zu einer Bauzeitverlängerung von mehreren Wochen. Dies hätte bei einer Information zur richtigen Zeit vermieden werden können.“ (Penning<sup>2</sup> 2006)

Für Laien der Ökobilanzierung, also auch für Bauherren, Planer und Fachingenieure, vermittelt sich die Wertigkeit der erfassten Daten nur schwer. Die Dimensionen, in denen die Potenziale beziffert werden, lassen keine Vorstellung der realen Auswirkungen aufkommen. Die gebräuchliche naturwissenschaftliche Angabe der Zahlen vorwiegend im einstelligen Bereich mit Zehnerpotenzen egalisiert die Werte weiter (s. Tab. 3.1-1.). Wie soll man 0,0000445 g des Fluorkohlenwasserstoffs R11 (Trichlorfluormethan) in seiner Wir-

---

<sup>2</sup> Frau Dipl.-Ing. Jutta Penning war Leiterin des Fachbereichs III „Umweltverträgliche Technik – Verfahren und Produkte“ im Umweltbundesamt bei der Bewertung der Bauprodukte beteiligt.



kung auf den Ozonschichtabbau ins Verhältnis setzen zu 989 g Kohlendioxid in seiner Wirkung auf die Erderwärmung? Was wiegt – für die Umwelt - schwerer?

Dabei darf auch nicht vergessen werden, dass die den Ökobilanzen zugrunde gelegten Daten keineswegs den Charakter unveränderlicher physikalischer Größen haben, sondern die aktuelle Situation zur Zeit ihrer Erhebung wiedergeben. Ein großer Teil der verwendeten Daten wurde z.B. um das Jahr 2000 erhoben. Veränderte Rezepturen oder Produktionsbedingungen, z.B. neue energieeffizientere Anlagen, können hier zu erheblichen Veränderungen führen. Eine regelmäßige Revision sollte die Aktualität der Daten sicherstellen. So gibt es entsprechende Varianzen zwischen den Versionen der Ökobaudat z.B. von 2007 und 2009, mit entsprechenden Auswirkungen auf das Ergebnis. Auch die Zulässigkeit unterschiedlicher Rechenwerkzeuge zur Datenverarbeitung bringt weitere Varianzen in das Rechenergebnis (vgl. Abschnitt 1.1.3, Ökobilanzierung, Datengrundlage).

Damit die Vergleichbarkeit der Berechnungen über die Lebensdauer der Gebäude gegeben ist, müssen nicht nur die Daten zu den Baustoffen, sondern auch die Annahmen zu ihrer Lebensdauer vergleichbar, d.h. vereinheitlicht sein, so dass alle Berechnungen auf der gleichen Datengrundlage beruhen. Zur Lebensdauer von Bauteilen und Bauprodukten sind auf dem Nachhaltigkeitsportal des BMVBS Daten eingestellt, die durch Forschungsarbeiten gewonnen wurden. Zu bedenken ist aber, dass diese in erster Linie Rechenwerte sind und unter realen Bedingungen die Lebensdauer von Bauteilen und Gebäuden von sehr vielen unterschiedlichen Faktoren abhängt, wie Standort, Witterungs- und Klimaerwirkungen, Form der Gebäudehülle, Nutzungsintensität, Wartungsintensität etc. Für einzelne Gebäude und noch mehr für die einzelnen Bauteile kann die Abweichung vom Standardwert relativ groß sein. Wie sehr die angenommene Lebensdauer die Bilanz eines einzelnen Bauteils beeinflusst, macht der Vergleich der Umweltwirkungen einer Verkleidung mit Aluminiumblech mit einer Lebensdauer von 50 Jahren und Faserzementplatten mit einer Lebensdauer von 40 Jahren deutlich (Tab. 3.2-4); dadurch dass im Betrachtungszeitraum von 50 Jahren die Faserzementplatten einmal ausgewechselt werden müssen, erhöhen sich die Werte der Umweltbelastung gleich um 100%.

Ein ganz anderes Problem der Ökobilanzierung liegt in der fehlenden Transparenz eines Teils der den Berechnungen zugrunde liegenden Daten. Nur die Daten der Ökobaudat auf der Nachhaltigkeits-Plattform des BMVBS oder anderer offener Quellen sind frei verfügbar. Die Ökobaudat des BMVBS enthält aber nur etwa 20% der Daten, die auf der (gleichnamigen) Ökobaudat der DGNB gespeichert sind. Ein Großteil der Daten wird als Eigentum der Institution gehandelt, die sie ermittelt hat, und steht nur den Erwerbern zur Verfügung, Dritten dürfen sie nicht zugänglich gemacht werden. Die Berechnungen der Ökobilanzen werden zwar von der DGNB überprüft, sind aber zur Wahrung der Vertraulichkeit der Daten Dritten nicht unmittelbar zugänglich, sondern nur dann, wenn die Benutzungsrechte erworben worden waren. Auch wenn man bereit ist, darauf zu vertrauen, dass die DGNB die Berechnungen korrekt kontrolliert und dabei alles mit rechten Dingen zugeht, wäre hier die vollständige Transparenz des Verfahrens geboten. Es ist daher zu hoffen, dass die Bereitstellung von Daten in der Ökobaudat des BMVBS sukzessive weiter ergänzt, bzw. die privat gehandelten Daten öffentlich zugänglich gemacht werden.

### **3.1.3 Verringerung des Trinkwasserverbrauchs**

Von den Referenzprojekten bieten die beiden Neubauten in Darmstadt und Kassel keine besonderen, eigenständigen Ansätze zu einem sparsameren Gebrauch von Trinkwasser. Die Ansätze zur Berechnung des Verbrauchs beruhen daher in beiden Fällen auf Standardwerten. Auch bei dem TU-Gebäude in Darmstadt – das keineswegs nach Prinzipien des Nachhaltigen Bauens geplant worden war – ist die Nutzung von Brauchwasser letztlich darauf zurückzuführen, dass auf dem Uni-Campus auf der „Lichtwiese“ in Darmstadt ein zweites Versorgungsnetz bereits vorhanden und seine Nutzung vorgegeben war.

Eine Besonderheit ist das Gründach des ZUB in Kassel, das als Teil eines Forschungsprojektes in situ realisiert worden war. Da durch das Gründach ein wesentlicher Teil des Niederschlagswassers gebunden wird, dort z.T. verdunstet bzw. nur mit Verzögerung an das Abwassernetz abgegeben wird, reduziert sich das Abwasseraufkommen aus Niederschlägen erfahrungsgemäß auf etwa die Hälfte.

Sehr anspruchsvoll und ganzheitlich ist dagegen das Konzept der Trinkwassersubstitution bei der WC-Spülung und der Gartenbewässerung sowie zur Reduzierung des Abwasseraufkommens bei der Sanierung des Verwaltungsgebäudes der Deutschen Bank in Frankfurt am Main durch Grauwasser- und Regenwassernutzung. Bemerkenswert ist dies vor allem vor dem Hintergrund der Nutzung des Gebäudes für die Konzernzentrale, für die ein einwandfreies Funktionieren der technischen Systeme bei der alltäglichen Benutzung eine zwingende Voraussetzung ist. Anders als vielleicht bei den beiden anderen Gebäuden mit Bezug zur technischen Forschung wäre bei der Deutschen Bank ein Ausfall der Systeme nicht akzeptabel und könnte nicht als forschungsbedingt bzw. mit wissenschaftlichen Interessen begründet hingenommen werden. Das Beispiel der Deutschen Bank macht insofern umso mehr deutlich, in welchem Umfang nach heutigem Standard ohne Komfortverlust der örtliche Wasserhaushalt entlastet werden kann.

### **3.1.4 Abfallbeseitigung und Recycling**

Abfallbeseitigung beim Bauen ist bei Neubaumaßnahmen zunehmend Routine der ausführenden Firmen. Da sie in der Regel vertraglich verpflichtet sind, die bei ihren Leistungen anfallenden Restmassen (leere Gebinde, Verpackungsmaterial, Bruch, Verschnitt) zu entsorgen, sind sie zumeist bei ihren betrieblichen auf Abfalltrennung eingestellt. Letztlich ist der hausmüllartige unsortierte Abfall die teuerste Variante der Entsorgung.

Während bei den Neubauten in Darmstadt und Kassel Abfallbeseitigung und Recycling mangels anfallender Baurestmassen aus Abbruch bei der Planung keine Rolle spielten, lässt sich am Beispiel der Sanierung der Deutschen Bank nachvollziehen, wie durch moderne Abfallplanung bzw. „*waste management*“ beim Bauen das Verwertungsgebot des Abfallwirtschafts- und Kreislaufgesetzes auch bei einer hochkomplexen Baustelle mit äußerst beschränkten Raumverhältnissen erfüllt werden kann. Dabei geht es nicht nur darum, eingespielte Entsorgungswege auszuschöpfen, sondern auch jeweils maßgeschneiderte sinnvolle Nachnutzungen für die unterschiedlichen gebrauchten Materialien zu finden, die bei der Beseitigung von Bauteilen, Einbauten und Ausstattung anfallen.

Ein Schlüssel für die Verwertbarkeit von Restmassen ist die sortenreine Trennung bereits an der Stelle, wo sie anfallen bzw. ausgebaut werden. Da es sich hier zumeist um wenig qualifizierte Arbeiten handelt, ist vor allem die Bauleitung gefragt, die Verwertungsziele an die ausführenden Firmen und ihre Mitarbeiter zu vermitteln – und durchzusetzen.

### 3.2 Neubau des Fachbereichs Bauingenieurwesen und Geodäsie, L506, Technische Universität Darmstadt

#### 3.2.1 Das Gebäude



Ansicht von Nordosten



Ansicht von Osten



Treppenhaus



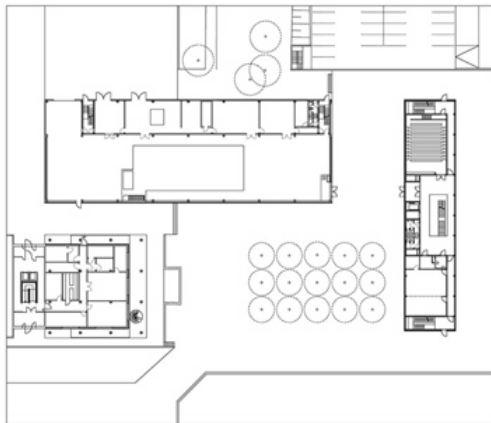
Flur mit transparenter Innenwand

Fotos und Zeichnungen: Knoche Architekten

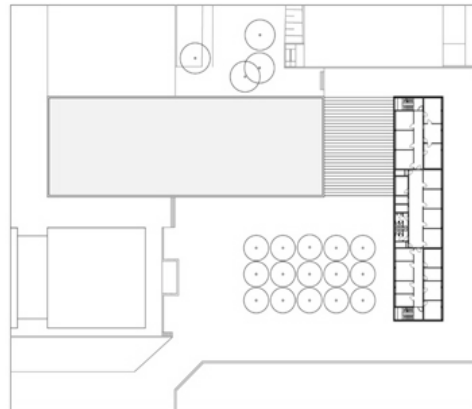
<b>Kurzportät</b>	<b>Gebäude des Fachbereichs Bauingenieurwesen und Geodäsie, L506, Technische Universität Darmstadt</b>		
Baumaßnahme	Neubau		
Nutzung	Institutsgebäude mit Hörsaal, FB Bauingenieurwesen und Geodäsie		
Bauherr	Land Hessen, vertreten durch das Hessische Baumanagement, Regionalniederlassung Süd, Darmstadt		
Bauzeit	2002 - 2004		
Architekten	Knoche Architekten BDA, Leipzig (zur Bauzeit Stuttgart)		
Tragwerksplanung	CSZ, Darmstadt		
Gütesiegel	DGNB Silber, Version Neubau Büro- u. Verwaltungsgebäude 2008		
Zertifizierung	Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner		
Zertifizierungs-Werkzeuge	LCA-Werkzeug / Datenbank bauloop / GaBi LCC-Werkzeug / Datenbank bauocc / Bund		
Standort	Petersenstraße 12, 64287 Darmstadt		
Lage	Campus Lichtwiese der Technischen Universität Darmstadt		
Bauwerk	Frei stehender Baukörper als Teil eines Gebäudeensembles		
Höhe	24,75 m (ü. OKG)		
Geschosse OG / UG	7 OG / 1UG		
Geschossfläche	4.784 m <sup>2</sup> (BGF) / 4.087 m <sup>2</sup> (NGF) / 3.153 m <sup>2</sup> (NF)		
Bruttorauminhalt	ca. 17.050 m <sup>3</sup>		
A/V-Verhältnis	0,27		

<b>Kosten</b>	KG 300 DIN 276	TA KG 400 DIN 276	KG 300 + 400
m <sup>3</sup> BRI DIN 277	252,00 €	94,00 €	346,00 €
m <sup>2</sup> NGF DIN 277	915,00 €	340,00 €	1.255,00 €

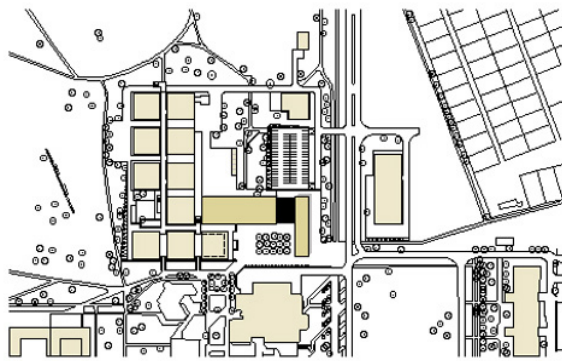
<b>Bauausführung</b>	
Baukonzept	Stahlbetonskelett mit Vorhangfassade
Tragwerk	Stahlbetonskelett
Außenwände	Vorhangfassade mit Streckmetall
Innenwände	Betoninnenwand (tragend), Systeminnenwand mit Glasfüllung, Gipskartontrennwände
Fußböden	Epoxidharzbeschichtung auf Estrich
Decken	Stahlbeton
Dach	Flachdach mit Kiesschüttung
Wärmeschutz	Standardwerte nach EnEV
Schallschutz	Standardwerte nach DIN 4109
Brandschutz	Standardwerte nach HBO
Trinkwassereinsparung	Anschluss an das Brauchwassernetz der TU Darmstadt
Regenwasserableitung	Versickerung in Mulde Campusgelände



EG Institutsgebäude und Versuchshallen



OG Institutsgebäude, Grundrisse o.M.



Lageplan o.M.



Modell (weiß: bestehende Gebäude)



Lageplan Campus TU Darmstadt



Stadtkarte mit Campus TUD

Karten: © Stadt Darmstadt

### 3.2.2 Das Bauprojekt

Das Vorhaben eines Neubaus für den Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie der TU Darmstadt stand im Zusammenhang mit der Planung eines Wissenschafts- und Kongresszentrums in der Innenstadt Darmstadts am bisherigen Standort von Instituten des Fachbereichs auf dem Gelände der TUD in der Stadtmitte. Für die betreffenden Institute wurde ein Neubau erforderlich, der moderne Lehr- und Forschungsbedingungen für die Bauingenieure an einem gemeinsamen Standort bieten sollte.

Aus einem Architektenwettbewerb im Jahr 2001 ging der Entwurf von Knoche Architekten aus Stuttgart als Sieger hervor. Die mit 13 Mio. € veranschlagten Gesamtkosten für Bürogebäude und Versuchshallen wurden entsprechend dem Hochschulbauförderungsgesetz (HBFG) je zur Hälfte von Land und Bund getragen.

Im Juli 2003 wurde der Grundstein gelegt und 2004 war das Gebäude fertiggestellt und konnte bezogen werden.

Die Projektleitung für den Neubau oblag noch dem Hessischen Staatsbauamt (heute: Hessisches Immobilienmanagement), das das fertiggestellte Gebäude in die Obhut der TU Darmstadt, Dezernat V Bau und Immobilien, übergab. Heute ist die TU Darmstadt durch vom Land Hessen gewährte Autonomie in ihren Entscheidungen auch bei Neubauvorhaben autonom. Aufgrund der Insolvenz des beauftragten Generalunternehmers und der sich daran anschließenden Verfahren sind derzeit Pläne und Ausführungsunterlagen nicht verfügbar. Insbesondere sind die spezifischen Kosten nicht dokumentiert.

Zur Bauzeit war an eine Zertifizierung der Nachhaltigkeit des Gebäudes noch nicht zu denken. Die Planung orientierte sich in herkömmlicher Weise ausschließlich an funktionalen, gestalterischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Hierin unterscheidet sich die Planung des Institutsgebäudes für Bauingenieurwesen und Geodäsie kaum von anderen staatlichen Hochbauvorhaben der Zeit. Die Umstände des Insolvenzverfahrens führten jedoch darüber hinaus dazu, dass Nachweise und Dokumentationen als Beleg der Prozessqualität nicht vorgelegt werden konnten.

### 3.2.3 Zertifizierung

Das Institutsgebäude des Fachbereichs Bauingenieurwesen und Geodäsie der TU Darmstadt wurde mit dem Zertifikat der DGNB, Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude, Version 2008, zertifiziert und erhielt das DGNB-Gütesiegel in Silber. Auditor war Carl-Alexander Graubner, TU Darmstadt. Im Folgenden werden Ergebnisse für einzelne Bauteile referiert und jeweils alternativen Lösungen für die Ausführung der Bauteile gegenübergestellt.

#### Erfahrungsbericht zum Zertifizierungsverfahren

Das Institutsgebäude des Fachbereichs Bauingenieurwesen und Geodäsie der Technischen Universität Darmstadt wurde im Rahmen der Pilotzertifizierung des Deutschen Gütesiegel Nachhaltiges Bauen (DGNB) mit der Note 1,9 bewertet. Dies entspricht der Zertifikatsstufe DGNB-SILBER. Der Standort erhielt eine sehr gute Bewertung mit der Note 1,3 (vgl. [www.dgnb.de/de/zertifizierung/objekte/detail.php?we\\_objectID=1396](http://www.dgnb.de/de/zertifizierung/objekte/detail.php?we_objectID=1396))

Eine detaillierte Darstellung der Bewertung ist in Abb. 3.2-1 zu sehen. Zusammengefasst wurden folgende Ergebnisse in den Hauptkriteriengruppen des Deutschen Gütesiegels Nachhaltiges Bauen erreicht:

**Tabelle 3.2-1: Bewertung der Hauptkriteriengruppen**

Kriteriengruppen	Note
Objektbewertung:	1,87
Ökologische Qualität:	1,58
Ökonomische Qualität:	1,42
Soziokulturelle Funktionale Qualität:	2,27
Technische Qualität:	1,90
Prozessqualität:	3,75
<i>Standortbewertung:</i>	<i>1,34</i>

Eine nähere Betrachtung der Bewertungsergebnisse der einzelnen Kriterien zeigt, dass das Gebäude Petersenstraße 12 in den ökologischen Kriterien sehr gut bewertet wurde. Insbesondere die Ergebnisse der Ökobilanz haben zu einem positiven Ergebnis beigetragen.

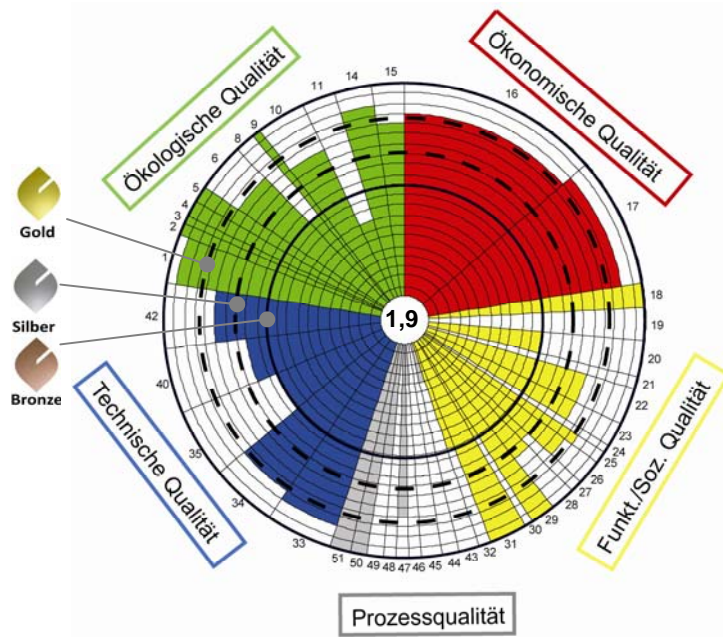
Sehr gut wurde das Kriterium 14 „Frischwasserverbrauch während der Nutzungsphase“ bewertet. Hier wirkt sich die Investition in die Brauchwasseranlage senkend auf den Wasserverbrauch aus (s.u. 3.2.5).

Eine unterdurchschnittliche Bewertung wurde für die Kriterien 8 „Sonstige Wirkung auf die globale Umwelt“ und 11 „Primärenergiebedarf erneuerbar“ vergeben. Dies ist zum einen dem Umstand geschuldet, dass das Gebäude nach Fertigstellung zertifiziert wurde und daher die Nachweise bezüglich FSC-zertifizierter Hölzer zur Erfüllung des Kriteriums 8 nicht mehr erbracht werden konnten. Für das Kriterium 11 konnten nur wenige Punkte erzielt werden, da im Gebäude überwiegend mineralische Baustoffe oder Kunststoffe mit einem nur geringen Anteil erneuerbarer Primärenergie verbaut wurden.

Die ökonomische Qualität des Gebäudes wurde sehr positiv bewertet. Die Lebenszykluskosten (Kriterium 16) liegen sehr niedrig, da sowohl bei der Erstellung auf aufwendige und teure Ausstattungsdetails verzichtet wurde und im Betrieb nur geringe Unterhaltskosten entstehen. Hier wirkt sich der Verzicht auf eine Klimatisierung der Büroräume kostensenkend aus.

In der soziokulturellen Qualität wurde ein sehr uneinheitliches Ergebnis erzielt. Positiv wurde z.B. das Kriterium 25 „Sicherheits- und Störfallrisiko“ bewertet, aber auch die „Öffentliche Zugänglichkeit“ (Kriterium 29) und der Architektenwettbewerb während der Planungsphase (Kriterium 31 „Sicherung der Gestaltqualität“) wurden mit hohen Bepunktungen versehen. Negativ wurde z.B. der „thermische Komfort im Sommer“ (Kriterium 19) bewertet. Dies ist dem Verzicht sowohl auf einen außen liegenden Sonnenschutz als auch dem Verzicht auf eine Klimatisierung des Gebäudes geschuldet. Damit ist es nicht möglich, die klimatischen Zielvorgaben für einen Büroarbeitsplatz zu erfüllen. Ebenfalls mit 0 Punkten wurde der „akustische Komfort“ (Kriterium 21) bewertet. Aufgrund der schallharten Oberflächen im Gebäude konnten die nach dem DGNB-Zertifizierungssystem geforderten Nachhallzeiten nicht erfüllt werden.

In der technischen Qualität konnte für das Gebäude eine durchschnittliche Bewertung vergeben werden. Der hohe Reinigungskomfort der verbauten Materialien und Oberflächen hat zu dieser Bewertung beigetragen.



1	Treibhauspotenzial (GWP)	3,5%
2	Ozonschichtzerstörungspotenzial (ODP)	0,6%
3	Ozonbildungspotenzial (POCP)	0,6%
4	Versauerungspotenzial (AP)	1,2%
5	Überdüngungspotenzial (EP)	1,2%
6	Risiken für die lokale Umwelt	3,5%
8	Sonstige Wirkungen auf die globale Umwelt	1,2%
9	Mikroklima	0,6%
10	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PE <sub>niE</sub> )	3,5%
11	Primärenergiebedarf erneuerbar (PE <sub>E</sub> )	2,3%
14	Frischwasserverbrauch Nutzungsphase	2,3%
15	Flächeninanspruchnahme	2,3%
16	Lebenszykluskosten	13,5%
17	Wertstabilität	9,0%
18	Thermischer Komfort im Winter	1,6%
19	Thermischer Komfort im Sommer	2,4%
20	Innenraumluftqualität	2,4%
21	Akustischer Komfort	0,8%
22	Visueller Komfort	2,4%
23	Einflussnahme des Nutzers	1,6%
24	Gebäudebezogene Außenraumqualität	0,8%
25	Sicherheit und Störfallrisiken	0,8%
26	Barrierefreiheit	1,6%
27	Flächeneffizienz	0,8%
28	Umnutzungsfähigkeit	1,6%
29	Öffentliche Zugänglichkeit	1,6%
30	Fahrradkomfort	0,8%
31	Sicherung der gestalterischen Qualität	2,4%
32	Kunst am Bau	0,8%
33	Brandschutz	4,5%
34	Schallschutz	4,5%
35	Qualität der Gebäudehülle	4,5%
40	Reinigungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit	4,5%
42	Rückbaubarkeit, Recyclingfreundlichkeit	4,5%
43	Qualität der Projektvorbereitung	1,3%
44	Integrale Planung	1,3%
45	Nachweis der Optimierung und Komplexität der	1,3%
46	Nachhaltigkeitsaspekte bei Ausschreibung und	0,9%
47	Voraussetzungen für eine optimale Nutzung	0,9%
48	Baustelle /Bauprozess	0,9%
49	Qualität der ausführenden Firmen /	0,9%
50	Qualitätssicherung der Bauausführung	1,3%
51	geordnete Inbetriebnahme	1,3%

Quelle: Prof. Graubner, Institut für Massivbau, TUD

**Abb. 3.2-1: Ergebnis der DGNB Zertifizierung Institutsgebäude für Bauingenieurwesen und Geodäsie TU Darmstadt**

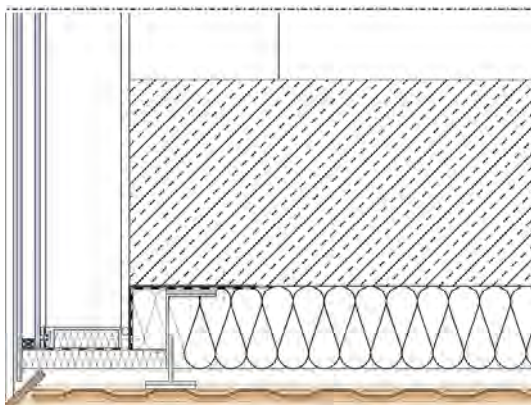
In der Prozessqualität konnte nur eine unterdurchschnittliche Bewertung erzielt werden. Hauptgrund hierfür war, dass die Dokumentation für die Planungs- und Bauphase nicht vorlag. Diese rückwirkend zu erstellen ist nur in Teilbereichen gelungen, woraus sich die negative Bewertung ergibt.

### 3.2.4 Ökobilanzen Bauteile

Für eine nähere Betrachtung der Nachhaltigkeit der Bauteile des Institutsgebäudes L506 der TU Darmstadt bzw. der verwendeten Bauprodukte wurden drei Bauteile ausgewählt, zu den jeweils relevante Alternativen untersucht wurden. Ausgewählt wurden ein Außenwandbauteil (AW1), die Geschossdecke (DE1) und eine nicht tragende Innenwand (IW1). Ihnen wurden jeweils Alternativen mit alternativen Materialien gegenübergestellt.

#### Außenwand

##### A: Die ausgeführte Außenwand



(Horizontalschnitt Fassadenecke)

**Tab. 3.2-2: Außenwand des Gebäudes mit Aluminiumblechverkleidung, Aufbau und Eigenschaften**

Material	Schicht- dicke (m)	Rohdichte (kg/m <sup>3</sup> )	Stoff- masse (kg/m <sup>2</sup> )	Lebens- dauer (a)	Austausch im Lebenszyklus
Aluminiumblech eloxiert	0,001	2.800	2,80	50	0
Alu Unterkonstruktion	0,03	2.800	84,00	50	0
Dämmung PT WLG 035	0,10	30	3,00	40	1
Beton C20 / 25	0,25	2.300	575,00	50	0
Stahl	0	7.800	11,70	50	0
Dispersion innen	0,0002	1.300	0,26	20	2
<b>zusammen</b>	<b>0,381</b>		<b>676,76</b>		

Betrachtungszeitraum 50 Jahre Wert der Unterkonstruktion auf Fläche umgerechnet;; Gesamfläche 891 m<sup>2</sup>;  
U-Wert: 0,290 W/(mK)

Die Außenwand wurde als massive Stahlbetonwand mit Vorhangfassade ausgeführt. Die Vorhangfassade besteht aus bronzefarben eloxierten Aluminiumstreckmetallplatten über einer Aluminium-Unterkonstruktion. Die Dämmung der Fassade mit Polystyrol-Hartschaumplatten WLG 035 liegt bei einer Plattendicke von 10 cm im konventionellen Bereich.

***B: Alternative Ausführung der Außenwand mit mineralischen Platten und nachwachsenden Rohstoffen***

**Tab. 3.2-3: Außenwand des Gebäudes, alternative Ausführung mit Faserzementplatten, Aufbau und Eigenschaften**

Material	Schicht- dicke (m)	Roh- dichte (kg/m <sup>3</sup> )	Stoff- masse (kg/m <sup>2</sup> )	Lebensdauer (a)	Austausch im Lebenszyklus
Faserzementplatte	0,008	1.725	13,80	40	1
Aluminium-Unterkonstruktion	(0,03)	2.800	84,00	50	0
Holzweichfaserplatte WLG 040	0,12	240	28,80	40	1
Beton C20 / 25	0,25	2.300	575,00	50	0
Stahl	(0,25)	7.800	11,70	50	0
Dispersion innen	0,0002	1.300	0,26	20	2
<b>zusammen</b>	<b>0,378</b>		<b>713,56</b>		

Betrachtungszeitraum 50 Jahre; Wert der Unterkonstruktion auf Fläche umgerechnet; Gesamfläche 891 m<sup>2</sup>;  
U-Wert: 0,285 W/(mK)

Bei der alternativen Ausführung der Außenwand wurde der Rohstoff Aluminium ersetzt, nicht zuletzt wegen dem hohen Anteil an Primärenergie bei der Herstellung aus Rohaluminium; für die Anwendung als Fassadenplatten ist Recycling-Aluminium nicht einsetzbar. Die Faserzementplatten bestehen aus mineralischem Material, vergütet mit Zellulosefasern als nachwachsendem Rohstoff. Wegen der Herstellung aus dem nachwachsenden Rohstoff Holz wurden auch die Holzweichfaserplatten der Dämmung ausgewählt, wg. der materialbedingten geringeren Wärmeleitfähigkeitsgruppe WLG 040 mit 12 cm Stärke, um (annähernd) den gleichen U-Wert von 0,29 zu erreichen.



**C Vergleich**

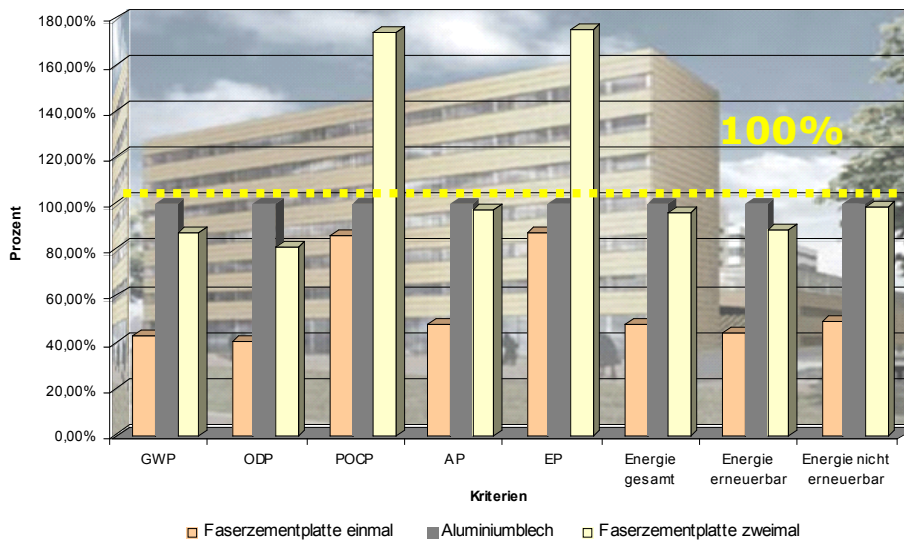
**Tab. 3.2-4: Vergleich von Wirk- und Sachbilanzen der Außenwandalternativen**

	AW1 Aluminium	AW2 Faserzement	Dimension
<b>GWP</b>	2,65	3,38	kg CO <sub>2</sub> Äquivalent / (m <sup>2</sup> *a)
<b>ODP</b>	0.000.000.12	0,000.000.241	kg R11 Äquivalent / (m <sup>2</sup> *a)
<b>POCP</b>	0,000.693	0.001.26	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Äquivalent / (m <sup>2</sup> *a)
<b>AP</b>	0,005.52	0,010.7	kg SO <sub>2</sub> Äquivalent / (m <sup>2</sup> *a)
<b>EP</b>	0.001.68	0.002.93	kg PO <sub>4</sub> Äquivalent / (m <sup>2</sup> *a)
<b>PEges</b>	26,9	63,0	MJ / (m <sup>2</sup> *a)
	7,47	17,5	kWh / (m <sup>2</sup> * a)
<b>PEe</b>	24,4	37,2	MJ / (m <sup>2</sup> *a)
	6,77	10,33	kWh / (m <sup>2</sup> * a)
<b>PEne</b>	2,54	25,9	MJ / (m <sup>2</sup> *a)
	0,7	7,19	kWh / (m <sup>2</sup> *a)

Betrachtungszeitraum 50 Jahre

**Wirkbilanzen**

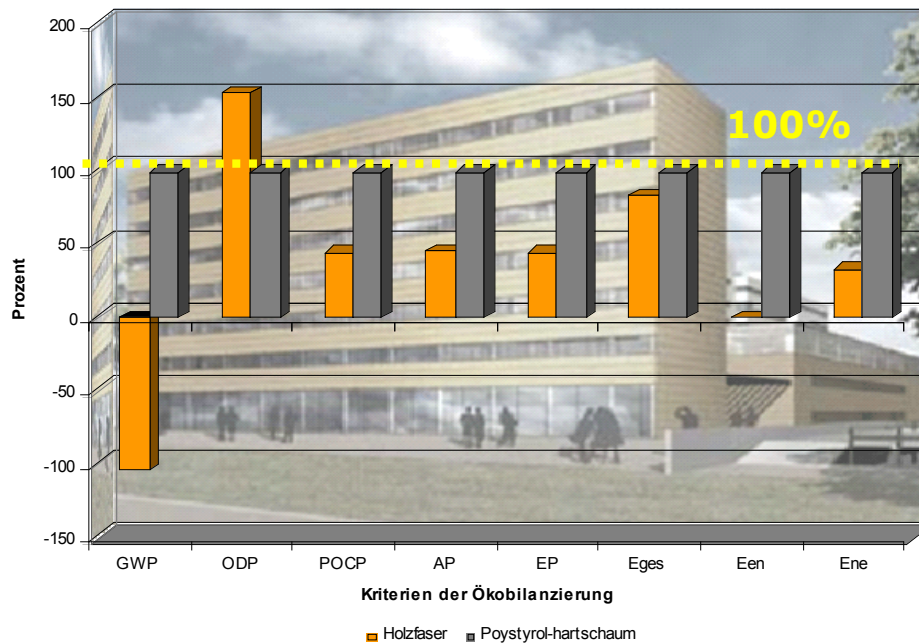
Im Betrachtungszeitraum über 40 Jahre schneidet die Aluminiumfassade bei drei der fünf Wirkkriterien z.T. erheblich besser ab, nur die Potenziale zur Ozonbildung (POCP) und zur Versauerung (AP) sind bei der Ausführung mit Faserzementplatten mit nur etwa einem Fünftel der Werte sehr viel günstiger. Dabei tragen die beiden alternativen Materialien unterschiedlich zum Ergebnis bei. Während die Holzweichfaserplatten der Dämmschicht durch den nachwachsenden Rohstoff Holz zu einer Verbesserung der Umweltwirkung im Vergleich zur Dämmung mit Polystyrol-Hartschaumplatten beiträgt, wird das Ergebnis durch die Verwendung der Faserzementplatten negativ beeinflusst.



**Abb. 3.2-2: Verkleidung der Außenwand: Vergleich der Ökobilanzierung von Aluminiumblech und Faserzementplatten**

Das ungünstigere Ergebnis der Faserzementplatten hat seinen Grund in den Annahmen zum Lebenszyklus. Danach müssen in dem vorgegebenen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren die Faserzementplatten der Fassadenverkleidung nach 40 Jahren Standzeit ausgewechselt werden, die Aluminiumbleche jedoch erst nach 50 Jahren. Dies hat zur Folge, dass sich die für Faserzementplatten bilanzierten Umweltbelastungen verdoppeln. Während Faserzementplatten bei gleicher Nutzungsdauer wesentlich günstigere Werte haben, weil z.B. für die Herstellung nur halb so viel Energie zu veranschlagen ist, ziehen sie

durch das Auswechselln im Betrachtungszeitraum von 50 Jahren in fast allen Kriterien gleich und kommen bei der bodennahen Ozonbildung und dem Eutrophierungspotenzial sogar auf den doppelten Wert (vgl. Tab. 3.2-xx).



**Abb. 3.2-3: Dämmung der Außenwand: Vergleich der Ökobilanzierung von Holzfaserdämmplatten und Polystyrol-Hartschaumplatten (100%)**

Beim Vergleich der Umweltwirkungen des Dämmmaterials erweist sich, dass Holzweichfaserplatten (Nassverfahren) bei gleicher Dämmwirkung (bei allerdings um 2 cm dickerer Schicht) lediglich beim Kriterium Ozonschichtabbau ein etwa 50% größeres Potenzial haben, bei den übrigen Kriterien mit den Werten aber zumeist unter 50% liegen. Beim Kriterium Erderwärmung schneiden sie durch die CO<sub>2</sub>-Bindung sogar um 200% besser ab als für die Dämmung des Gebäudes verwendeten Polystyrol-Hartschaumplatten.

## Decke

### A Die ausgeführte Geschossdecke

**Tab. 3.2-5: Geschossdecke des Gebäudes; Aufbau und Eigenschaften**

Material	Schichtdicke (m)	Rohdichte (kg/m <sup>3</sup> )	Stoffmasse (kg/m <sup>2</sup> )	Lebensdauer (a)	Austausch im Lebenszyklus
Epoxidharz	0,0002	1.300	0,26	25	1
Zementestrich	0,04	2.000	80,00	50	0
Trittschalldämmung	0,04	30	1,20	50	0
Beton C20/25	0,22	2.300	506,00	50	0
Stahl	(0,22)	7.800	17,16	50	0
Dispersion	0,0002	1300	0,26	20	2
	<b>0,292</b>		<b>604,88</b>		

Betrachtungszeitraum 50 Jahre, Gesamtfläche 2.535 m<sup>2</sup>

Die betrachtete Geschossdecke ist eine übliche Stahlbetondecke (Fertigteile mit Aufbeton) mit einem schwimmenden Zementestrich. Die glatte Untersicht der Decke ist lediglich mit Dispersionsfarbe gestrichen. Die Trittschalldämmung besteht aus 4 cm starken

Polystyrol-Hartschaumplatten. Eher ungewöhnlich für Verwaltungsgebäude bzw. Gebäude der Hochschullehre ist der schlichte Oberbelag mit einer Beschichtung aus Epoxidharz, wie er sonst eher im Gewerbebau gebräuchlich ist. Die helle Farbe unterstützt die Raumbelichtung, macht den Bodenbelag aber auch pflegebedürftiger als ein dunkler Farbton.

### **B Geschosdecke mit textilem Bodenbelag**

**Tab. 3.2-6: Geschosdecke des Gebäudes; Alternative mit Teppichboden, Aufbau und Eigenschaften**

Material	Schichtdicke (m)	Rohdichte (kg/m <sup>3</sup> )	Stoffmasse (kg/m <sup>2</sup> )	Lebensdauer (a)	Austausch im Lebenszyklus
Teppichboden	0,008	250	2,00	25	1
Zementestrich	0,04	2.000	80,00	50	0
Trittschalldämmung	0,04	30	1,20	50	0
Beton C20/25	0,22	2.300	506,00	50	0
Stahl	(0,22)	7.800	17,16	50	0
Dispersion	0,0002	1.300	0,26	20	2
zusammen	<b>0,308</b>		<b>606,62</b>		

Betrachtungszeitraum 50 Jahre, Gesamtfläche 2.535 m<sup>2</sup>

Als Alternative zu der ausgeführten Decke wurde als gängige Ausführung im Bürobau ein Teppichboden als textiler Oberbelag betrachtet. Es wurde ein Teppichboden der Qualität GK 31/32, LC 1 gemäß EN 1307<sup>3</sup> ausgewählt. Bei den textilen Bodenbelägen besteht hinsichtlich der Ökobilanzen eine große Schwankungsbreite. So liegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen zwischen 3,5 und 13,0 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent je m<sup>2</sup> Bodenbelag. Es lohnt sich also, bei der Wahl der Bodenbeläge auch einen Blick auf die Ökobilanzen zu werfen. Der als Alternativvariante betrachtete Bodenbelag der Qualität GK 31/32, LC 1 gemäß EN 1307 liegt mit 4,9 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent je m<sup>2</sup> im unteren Mittelfeld der Spannweite.

**Tab. 3.2-7: Vergleich von Wirk- und Sachbilanzen der Geschosdeckenalternativen**

	DE1 Epoxidharz	DE2 Teppichboden	Dimension
<b>GWP</b>	3,14	3,17	kg CO <sub>2</sub> Äquivalent / (m <sup>2</sup> *a)
<b>ODP</b>	0,000.000.141	0.000.000.079.4	kg R11 Äquivalent / (m <sup>2</sup> *a)
<b>POCP</b>	0,000.775	0,000.722	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Äquivalent / (m <sup>2</sup> *a)
<b>AP</b>	0.006.08	0,006.58	kg SO <sub>2</sub> Äquivalent / (m <sup>2</sup> *a)
<b>EP</b>	0,001.95	0,002.37	kg PO <sub>4</sub> Äquivalent / (m <sup>2</sup> *a)
<b>PEges</b>	31,3	27,9	MJ / (m <sup>2</sup> *a)
	8,69	7,75	kWh / (m <sup>2</sup> *a)
<b>PEe</b>	29,6	26,7	MJ / (m <sup>2</sup> *a)
	8,22	7,41	kWh / (m <sup>2</sup> *a)
<b>PEne</b>	1,72	1,17	MJ / (m <sup>2</sup> *a)
	0,47	0,33	kWh / (m <sup>2</sup> *a)

Betrachtungszeitraum 50 Jahre, Gesamtfläche 2.535 m<sup>2</sup>

<sup>3</sup> DIN EN 1307 Textile Bodenbeläge - Einstufung von Polteppichen. Europäische Norm, Ausgabe: 2008-08. Bei Polteppichen ist die Nutzschicht mit einer Trägerschicht verbunden: sie unterteilen sich in Schlingpol (Bouclé), Schnittpol (Velours) und Kombinationen aus beiden. Im Unterschied dazu ist bei den Flachteppichen die Trägerschicht mit der Nutzschicht identisch.

### Wirkbilanzen: Auswirkungen auf die Umwelt

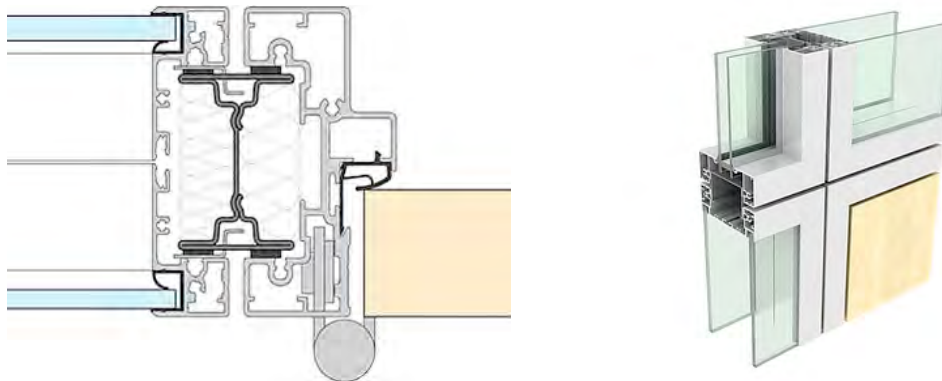
Die Unterschiede der Wirkbilanzen beider Bodenbeläge sind relativ gering. Der alternative textile Bodenbelag hat im Vergleich zum Bodenbelag Epoxidharz zwar immerhin ein nur annähernd halb so großes Potenzial zur Ozonschichtzerstörung, dafür ist sein Eutrophierungspotenzial etwa 15% höher.

### Sachbilanzen: Primärenergieverbrauch

Für den Bodenaufbau mit Teppichboden wird rund 10% weniger Energie verbraucht, im Verhältnis von erneuerbarer und nicht erneuerbarer Energie etwa gleich wie die Epoxidharzbeschichtung.

## C Innenwand

### A Nicht tragende Innenwand, transluzentes Element



Quelle: Strähle

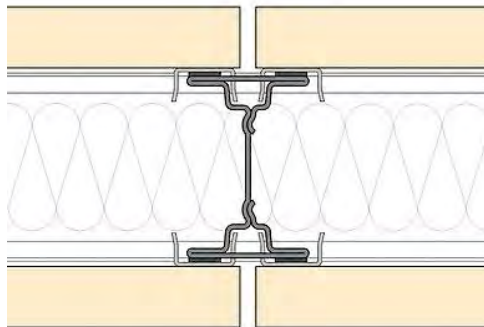
**Tab. 3.2-8: Innenwand nichttragend, Ausführung als Transluzente Flurtrennwand , Aufbau und Eigenschaften**

Material	Schicht- dicke (m)	Rohdichte (kg/m <sup>3</sup> )	Stoffmasse (kg/m <sup>2</sup> )	Lebensdauer (a)	Austausch im Lebenszyklus
1 Fensterglas	0,006	2.400	14,4	50	0
2 Metallständer	0,100	2.700	270,0	50	0
3 Fensterglas	0,006	2.400	14,4	50	0
<b>zusammen</b>	<b>0,100</b>		<b>298,8</b>		

Betrachtungszeitraum 50 Jahre, Gesamtfläche 660 m<sup>2</sup>

Betrachtet wird eine nicht tragende Innenwand (Strähle Systemwand), bestehend aus Metallständern und Verglasung aus Fensterglas, wie sie in Teilen des Gebäudes eingebaut ist. Für die Systemwand spricht die leichte Veränderbarkeit, die bei der zweibündigen Anlage zwar keine weitreichenden Veränderungen der Grundrissdisposition zulässt, durch die sich aber der Wechsel von geschlossenen und offenen Räumen bzw. transparenten und geschlossenen Wandflächen je nach Bedarf leicht bewerkstelligen lässt.

**B Nicht tragende Innenwand, mit Holzwerkstoffplatten verkleidetes Element**



Quelle: Strähle

**Tab. 3.2-9: Innenwand nicht tragend, Ausführung mit Holzwerkstoffplatte und mineralischer Dämmung**

Material	Schichtdicke (m)	Rohdichte (kg/m <sup>3</sup> )	Stoffmasse kg/m <sup>2</sup>	Lebensdauer (a)	Austausch im Lebenszyklus
1 Holzwerkstoffplatte	0,025	470	11,75	50	0
2 Dämmung mineralisch	0,045	45	2,025	50	0
3 Metallständer	0,050	7.850	392,5	50	0
4 Holzwerkstoffplatte	0,025	470	11,7	50	0
<b>zusammen</b>	<b>10</b>		<b>418,03</b>		

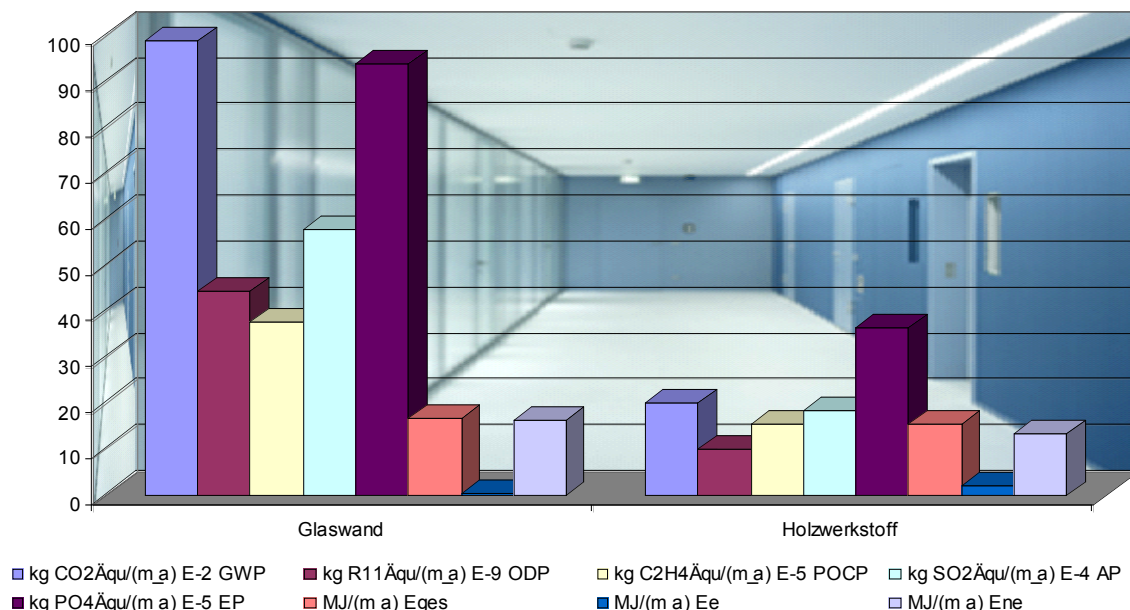
Betrachtungszeitraum 50 Jahre, Gesamtfläche 87 m<sup>2</sup>

Als Alternative betrachtet wird die im übrigen eingebaute flexible, leicht demontable Innenwand als Metallständerkonstruktion mit Holzwerkstoffplatten als Beplankung und Mineralfaserplatten als Schalldämmung mit Luftschichten zwischen Dämmung und Beplankung (System Strähle) - ebenfalls eine gängige Lösung für nichttragende Wände im Büro- und Verwaltungsbau.

**Tab. 3.2-10: Vergleich von Wirk- und Sachbilanzen der Innenwandalternativen**

	IW1 Transluzent	IW2 Holzwerkstoff	Dimension
<b>GWP</b>	0,989	0,200	kg CO <sub>2</sub> Äquivalent / (m <sup>2</sup> *a)
<b>ODP</b>	0,000.000.044.5	0,000.000.009.92	kg R11 Äquivalent / (m <sup>2</sup> *a)
<b>POCP</b>	0,000.376	0,000.156	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Äquivalent / (m <sup>2</sup> *a)
<b>AP</b>	0,005.79	0,001.86	kg SO <sub>2</sub> Äquivalent / (m <sup>2</sup> *a)
<b>EP</b>	0,000.904	0,000.364	kg PO <sub>4</sub> Äquivalent / (m <sup>2</sup> *a)
<b>PEges</b>	16,6	15,4	MJ / (m <sup>2</sup> *a)
	4,61	4,27	KWh / (m <sup>2</sup> *a)
<b>PEe</b>	0,221	2,12	MJ / (m <sup>2</sup> *a)
	0,06	0,59	KWh / (m <sup>2</sup> *a)
<b>PEn</b>	16,3	13,3	MJ / (m <sup>2</sup> *a)
	4,53	3,69	KWh / (m <sup>2</sup> *a)

Betrachtungszeitraum 50 Jahre, Gesamtfläche 87 m<sup>2</sup>



**Abb.: 3.2-4: Nicht tragende Innenwand: Vergleich der Ökobilanzierung von Elementen mit transluzenten Glasflächen bzw. Verkleidung aus Holzwerkstoffplatten**

### Wirkbilanzen: Auswirkungen auf die Umwelt

Das alternative Trennwandsystem stellt sich gegenüber der Ganzglas-Trennwand in allen Kriterien günstiger dar, insbesondere bei Treibhauspotenzial (ein Fünftel), beim Ozonzerstörungspotenzial (ein Viertel) und beim Überdüngungspotenzial (gut ein Drittel). Ursächlich dafür ist insbesondere die positive Umweltbilanz der Holzwerkstoffe gegenüber der Glasvariante. Dabei wirkt sich insbesondere das Recyclingpotenzial der Holzwerkstoffe günstig auf die Bilanz aus.

### Sachbilanzen: Primärenergieverbrauch

Der Energieaufwand ist bei beiden Alternativen etwa gleich, bei den Holzwerkstoffplatten allerdings bei einem deutlich höheren Anteil an regenerativer Energie.

## Zusammenfassende Betrachtung

**Tab. 3.2-11: Ökobilanzierung des Gebäudes Bauingenieurwesen und Geodäsie der TUD gesamt**

	Potenzial	Einheit	TUD gesamt 50 a	TUD gesamt 50 a (t; GJ)	TUD 1/(m <sup>2</sup> a)	Zielwert DGNB 1/(m <sup>2</sup> a)
<b>GWP</b>	Treibhaus	kg CO <sub>2</sub> -Equiv. / m <sup>2</sup> *a	7.969.650,00	7.970	39	37,13
<b>ODP</b>	Ozonabbau	kg R11-Equiv. / m <sup>2</sup> *a	0,57	0,000.57	0,000.002.8	- *
<b>POCP</b>	Photochemische Ozonbildung	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Equiv. / m <sup>2</sup> *a	1.130,06	1,13	0,005.53	- *
<b>AP</b>	Versauerung	kg SO <sub>2</sub> -Equiv. / m <sup>2</sup> *a	14.324,94	14,32	0,070.1	0,093.0
<b>EP</b>	Eutrophierung	kg PO <sub>4</sub> -Equiv. / m <sup>2</sup> *a	1.463,15	1,46	0,00716	0,050.4
<b>PE<sub>ges</sub></b>	Primärenergie- bedarf gesamt	MJ / (m <sup>2</sup> *a)	166.273.873,20	166.273,87	813,672	- *
		kWh / (m <sup>2</sup> *a)	46.187.187,00	46.187,19	226,02	
<b>PE<sub>e</sub></b>	Primärenergie- bedarf, erneuerbar	MJ / m <sup>2</sup> *a	5.752.861,20	5.752,86	28,152	- *
		kWh / (m <sup>2</sup> *a)	1.598.017,00	1.598,02	7,82	
<b>PE<sub>ne</sub></b>	Primärenergie- bedarf, nicht erneuerbar	MJ / m <sup>2</sup> *a	160.028.119,80	160.028,12	783,108	
		kWh / (m <sup>2</sup> *a)	44.452.255,50	44.452,26	217,53	169,9

Betrachtungszeitraum 50 Jahre; Gesamtfläche 4087 m<sup>2</sup> Nettogeschossfläche (NGF)

\* Zielwert in der Pilotphase noch nicht definiert

**Anmerkungen:** Potenziale s. Tab. 3.1-13

In der ökologischen Bewertung nach DGNB schneidet das Institutsgebäude insgesamt sehr gut ab. Durch den effizienten Einsatz von Materialien und die konsequente Reduktion der Betriebsaufwendungen konnte ein hoher Umweltstandard erreicht werden. Zum Vergleich der DGNB-Zielwert, der sich gebäudespezifisch nach dem Referenzgebäude nach EnEV errechnet (Tab 3.3-11). Von den betrachteten Umweltauswirkungen stehen allein der Masse nach die Emissionen aus dem Energieverbrauch weit im Vordergrund; Zum Treibhauseffekt tragen über die betrachtete Nutzungsdauer (50 Jahre) 8.000 t CO<sub>2</sub> bei, zum Ozonabbau dagegen (relativ) verschwindend geringe 570 g. Die Beiträge zur bodennahen Ozonbildung wie zur Eutrophierung liegen dagegen schon im Bereich über einer Tonne, der Beitrag zur Versauerung liegt dann noch einmal um den Faktor 10 höher bei gut 14 t.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Werte für die unterschiedlichen Phasen im Lebenszyklus von der Herstellung über die Nutzungsdauer (hier: Betrachtungszeitraum 50 Jahre) bis zur Entsorgung angegeben.

Unter Nutzung und Instandhaltung wird der erforderliche Austausch von Bauteilen erfasst, der Aufwand für Reinigung wird nicht veranschlagt. Grundlage sind die Daten zur Nutzungsdauer des BMVBS (s. [www.nachhaltigesbauen.de](http://www.nachhaltigesbauen.de)), jeweils die mittleren Werte.

Die Umweltauswirkungen aus der Nutzung von Strom und Wärme durch den Betrieb des Gebäudes sind jeweils gebäudespezifisch und bestimmen sich nach dem Energieträger und dem Strom-Mix. Hier sind die Gegebenheiten des Standorts zu berücksichtigen, die Verfügbarkeit unterschiedlicher Energieträger und die Bedingungen für die Nutzung regenerativer Energiequellen. Beim TUD Gebäude wird die Fernwärme mit Erdgas erzeugt, also mit nicht erneuerbarer Primärenergie; Fernwärme aus einem Müllheizkraftwerk z.B.

hätte dagegen wegen der Nutzungskaskade wie erneuerbare Energie verbucht werden können.

Für die Entsorgung bzw. die Umweltauswirkungen am Ende der Nutzungsphase werden Gutschriften vergeben für die weitere Nutzung durch Recycling und für den Heizwert. Hier wirken sich Alu-Fassade und Fenster, aber auch Metallstützen und Verglasung der leichten Trennwände günstig für das Recycling aus. Auch bei den mineralischen Baustoffen wie Beton sind die negativen Umweltauswirkungen nach Ende der Nutzung relativ gering.

**Tab. 3.2-12: Ökobilanzierung des Gebäudes Bauingenieurwesen und Geodäsie der TUD, Umweltauswirkungen nach Phasen im Lebenszyklus**

	Einheit	Herstellung	Nutzung Instandhaltung	Nutzung Strom Wärme	Entsorgung	Summe
<b>GWP</b>	kg CO <sub>2</sub> -Equiv. / (m <sup>2</sup> *a)	6,02	0,868	32,1	0,00198	39,0
<b>ODP</b>	kg R11-Equiv / (m <sup>2</sup> *a)	0,000.000.269	0,000.000.0326	0,000.002.54	0,000.000.037.7	0,000.002.8
<b>POCP</b>	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Equiv. / (m <sup>2</sup> *a)	0,001.74	0,000.298	0,003.5	-0,000.003.89	0,005.53
<b>AP</b>	kg SO <sub>2</sub> -Equiv. / (m <sup>2</sup> *a)	0,022.4	0,005.48	0,043.6	-0,001.39	0,070.1
<b>EP</b>	kg PO <sub>4</sub> -Equiv. / (m <sup>2</sup> *a)	0,002.07	0,000.309	0,004.2	0,000.577	0,007.16
<b>PE<sub>ges</sub></b>	MJ / (m <sup>2</sup> *a)	270	66,24	507,6	-30,168	813,7
	kWh / (m <sup>2</sup> *a)	75	18,4	141	-8,38	225,6
<b>PE<sub>e</sub></b>	MJ / (m <sup>2</sup> *a)	21,06	4,14	12,024	-9,072	28,2
	kWh / (m <sup>2</sup> *a)	5,85	1,15	3,34	-2,52	7,82
<b>PE<sub>ne</sub></b>	MJ / (m <sup>2</sup> *a)	248,76	62,28	493,2	-21,132	783,1
	kWh / (m <sup>2</sup> *a)	69,1	17,3	137	-5,87	217,8

Betrachtungszeitraum 50 Jahre, wiedergegeben sind die Durchschnittswerte pro Jahr für einen m<sup>2</sup> NGF

Bei der Betrachtung der Ergebnisse für die Lebensphasen zeigt sich, dass die wesentlichen Umweltauswirkungen während der Nutzung des Gebäudes zu verzeichnen sind (Tab. 3.3-12). Der Beitrag des Betriebs des Gebäudes durch Heizung, Warmwasserbereitung und Stromnutzung zum Treibhauseffekt ist etwa 5-mal so hoch wie der der Herstellung; der Verbrauch an Primärenergie ist fast doppelt so hoch. Je höher die Energieeffizienz bzw. der Wärmeschutz des Gebäudes, desto mehr fällt dann auch der Anteil für die Herstellung ins Gewicht. Der Wärmeschutz der Außenwand des Gebäudes ist mit 10 cm Dämmung WLG 035 nicht besser als heutiger Standard, dabei wäre bei der realisierten Außenwand-Konstruktion mit wenig Mehraufwand ein erheblich größeres Maß an thermischer Isolierung möglich gewesen. Das wesentliche Potenzial zur Umweltentlastung steckt offensichtlich in der Verringerung des Wärmebedarfs für den Betrieb des Gebäudes.



**Tab. 3.2-13: Übersicht Endwerte der untersuchten Bauteile**

	Dimension	AW1 Alu	AW2 Faserzement	DE1 Epoxi	DE2 Teppich	IW1 Transluzent	IW2 Holz
<b>GWP</b>	kg CO <sub>2</sub> -Äqu/ (m <sup>2</sup> *a)	2,65	3,38	3,14	3,17	0,989	0,200
<b>ODP</b>	kg R11-Äqu/ (m <sup>2</sup> *a)	120 E-09	241 E-09	141 E-09	79,4 E-09	44,5 E-09	9,92 E-09
<b>POCP</b>	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu/ (m <sup>2</sup> *a)	0,693 E-03	1,26 E-03	0,775 E-03	0,722 E-03	0,376 E-03	0,156 E-03
<b>AP</b>	kg SO <sub>2</sub> -Äqu/ (m <sup>2</sup> *a)	5,52 E-03	10,7 E-03	6,08 E-03	6,58 E-03	5,79 E-03	1,86 E-03
<b>EP</b>	kg PO <sub>4</sub> -Äqu/ (m <sup>2</sup> *a)	1,68 E-03	2,93 E-03	1,95 E-03	2,37 E-03	0,904 E-03	0,364 E-03
<b>PEges</b>	MJ/(m <sup>2</sup> *a)	26,9	63,0	31,3	27,9	16,6	15,4
	kWh/(m <sup>2</sup> *a)						
<b>PEe</b>	MJ/(m <sup>2</sup> *a)	24,4	37,2	29,6	26,7	0,221	2,12
	kWh/(m <sup>2</sup> *a)						
<b>PEne</b>	MJ/(m <sup>2</sup> *a)	2,54	25,9	1,72	1,17	16,3	13,3
	kWh/(m <sup>2</sup> *a)						

(1 E-09 kg = 0,001 mg = 1 µg; 1 E-06 kg = 0,001 g = 1 mg (Milligramm); 1 E-03 kg = 1 g)

Betrachtungszeitraum 50 Jahre, Jahresdurchschnittswerte für 1 m<sup>2</sup>

**Anmerkungen:**

**C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>**, Ethen (Äthen, Etylen, Äthylen), ein ungesättigter Kohlenwasserstoff, ist ein farbloses Gas.

**R 11**, CFCl<sub>3</sub> (Freon 11, Trichlorfluormethan, Trichlormonofluormethan, Fluortrichlormethan, Monofluortrichlor-methan) nicht brennbare Flüssigkeit bzw. oberhalb 23,6 Grad C nicht brennbares Gas; schwer löslich in Wasser, sehr leicht flüchtig, umweltgefährlich.

**SO<sub>2</sub>**, Schwefeldioxid ist das Anhydrid der Schwefligen Säure H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>. Schwefeldioxid ist ein schleimhautreizendes giftiges Gas. Es ist sehr gut (physikalisch) wasserlöslich und bildet mit Wasser in sehr geringem Maße Schweflige Säure. Es entsteht vor allem bei der Verbrennung von schwefelhaltigen fossilen Brennstoffen wie Kohle oder Erdölprodukten, die bis zu 4 Prozent Schwefel enthalten. Es trägt erheblich zur Luftverschmutzung bei und verursacht **sauren Regen**. Dabei wird das Schwefeldioxid zunächst von Sauerstoff zu Schwefeltrioxid oxidiert und dann mit Wasser zu Schwefelsäure (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) umgesetzt.

**PO<sub>4</sub>**, Phosphate sind Salze und Ester der ortho-Phosphorsäure. Das Anion PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, sowie seine Kondensate (Polymere) und Phosphorsäureester werden Phosphate genannt. Phosphate werden vor allem als Dünger eingesetzt. Durch Erosion von landwirtschaftlichen Flächen gelangen sie an Tonminerale gebunden in Flüsse und Seen und können dort zur **Eutrophierung** beitragen.

	<b>Wirkungen</b>	<b>Dimension</b>
GWP	Treibhauspotenzial	kg CO <sub>2</sub> -Äquivalent
ODP	Ozonabbaupotenzial	kg R11-Äquivalent (R11 = CFCl <sub>3</sub> )
AP	Versauerungspotenzial	kg SO <sub>2</sub> -Äquivalent
EP	Eutrophierungs- / Überdüngungspotenzial (EP)	kg PO <sub>4</sub> -Äquivalent
POCP	Photooxidantienbildungspotenzial	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äquivalent
PE ges	Primärenergie gesamt	MJ/(m <sup>2</sup> x a) / kWh
PE e	Primärenergie erneuerbar	MJ/(m <sup>2</sup> x a) / kWh
PE ne	Primärenergie nicht erneuerbar	MJ/(m <sup>2</sup> x a) / kWh

Die kumulierten Werte der einzelnen betrachteten Bauteile dienen nur dem unmittelbaren Vergleich, entscheidend für die Gesamtbewertung des Gebäudes sind letztlich die eingebauten Massen.

### 3.2.5 Wasser und Abwasser

#### Bilanzierung des Trinkwasserverbrauchs

Der Frischwasserbedarf während der Nutzungsphase wird im Deutschen Gütesiegel Nachhaltiges Bauen (DGNB) mit einem eigenen Kriteriensteckbrief im Rahmen der ökologischen Qualität betrachtet. Der prozentuale Anteil an der DGNB-Endnote beträgt 2,3%.

Das betrachtete Institutsgebäude L506 der TU Darmstadt wurde an das bereits bestehende Brauchwassernetz der TU Darmstadt angeschlossen. Für die Prognose des zu bewertenden Trinkwasserbedarfs im Rahmen der DGNB-Zertifizierung wurden folgende Werte angesetzt:

**Tab. 3.2-11: Kenndaten der Wassernutzung**

<b>Nutzung des Gebäudes</b>		
Arbeitstage im Gebäude	<b>260</b>	Tage
Beschäftigte im Gebäude	<b>131</b>	Beschäftigte
<b>Wasserverbrauch</b>		
Menge genutztes Regenwasser im Gebäude	<b>0</b>	m <sup>3</sup> /a
Menge genutztes Brauchwasser im Gebäude	<b>260</b>	m <sup>3</sup> /a
Brauchwasser, das auf dem Grundstück dezentral gereinigt wird	<b>0</b>	m <sup>3</sup> /a
<b>Installationspezifische Anschlusswerte im Gebäude</b>		
Handwaschbecken	<b>Vorhanden</b>	<b>0,125</b> l/sec
WC	<b>WC-Spartaste</b>	<b>6</b> l/Spülung
Urinal	<b>Vorhanden</b>	<b>1,8</b> l/Spülung
Dusche	<b>nicht vorhanden</b>	l/sec
Küchenspüle	<b>Vorhanden</b>	<b>0,25</b> l/sec
<b>Zusätzlich für die Reinigungsaufwendungen getroffene Annahmen</b>		
wischbare Bodenfläche des Gebäudes	<b>3489</b>	m <sup>2</sup>
Fensterfläche des Gebäudes	<b>314</b>	m <sup>2</sup>
Turnus der Reinigung der Bodenfläche	<b>1</b>	x pro Woche
Turnus der Reinigung der Fensterfläche	<b>2</b>	x im Jahr

Die Prognose des Frischwasserbedarfs ergibt unter diesen Randbedingungen einen Wassergebrauchskennwert von 1.133 m<sup>3</sup>/a. Im Deutschen Gütesiegel Nachhaltiges Bauen ergibt dies eine Bewertung von 8,5 Punkten oder einer Zielerfüllung von 85% für dieses Kriterium.

Würde das Gebäude ohne die Brauchwasseranlage betrachtet und würden alle Sanitäreinrichtungen mit Frischwasser betrieben, so ergäbe sich ein Wassergebrauchskennwert von 1.653 m<sup>3</sup>/a. Die Bewertung im DGNB verschlechterte sich damit auf 5,5 Punkte bzw. einen Zielerfüllungsgrad von 55%.

Neben dem deutlichen ökologischen Gewinn aus der Brauchwasseranlage, sollten auch die ökonomischen Folgen der Brauchwassernutzung betrachtet werden. Das DGNB-System gibt einen einheitlichen Bezugspreis von 2,01 €/m<sup>3</sup> Frischwasser und 2,14 €/m<sup>3</sup> Abwasser vor. Für die Brauchwassernutzung im Institutsgebäude L506 ergibt sich daraus eine jährliche Einsparung von rund 1.100,- €. Demgegenüber steht ein Investment von rund 15.500 € für den Aufbau eines zweiten Brauchwassernetzes im Gebäude. Daraus ergibt sich für die Brauchwasseranlage eine Amortisationszeit von rund 15 Jahren.

Im Ergebnis ist eine Brauchwasseranlage insbesondere auch unter ökologischen Gesichtspunkten zu befürworten. Der Frischwasserbedarf kann um rund 1/3 reduziert werden. Dies wird auch im Deutschen Gütesiegel Nachhaltiges Bauen im Steckbrief 14

„Frischwasserbedarf während der Nutzungsphase“ honoriert. Hier erhält das Beispielgebäude für dieses Kriterium eine Goldbewertung. Der Vergleich zum Gebäude ohne Brauchwassernutzung zeigt, dass dies nur eine Bewertung im Bronzereich erhalten könnte. Unter ökonomischen Gesichtspunkten rentiert sich die Investition bei einer Amortisationszeit von rund 15 Jahren nur für einen langfristig ausgerichteten Investor, wie im vorliegenden Fall bei Eigennutzung des Gebäudes durch die TUD über einen langen Zeitraum.

### **Brauchwasseranlage an der TU Darmstadt**

Die Hochschulinstitute der TU Darmstadt auf dem Campus Lichtwiese werden über eine Brauchwasseranlage mit Betriebswasser versorgt, die 1993 in Betrieb genommen worden war (vgl. fnr 2007). Aus der Anlage wird Drainage- und Niederschlagswasser nach einer Aufbereitung in einem zweiten Rohrleitungssystem den Hochschuleinrichtungen zur Verfügung gestellt. Die Anlage soll zum einen der Umweltentlastung dienen, indem weniger Wasser aus dem Grundwasser der Region entnommen werden muss und Niederschläge am Standort gehalten werden können.

Im Unterschied zu Trinkwasser ist Brauchwasser nicht für den menschlichen Genuss geeignet, sondern wird zum Beispiel für Toilettenspülungen, das Bewässern von Grünflächen oder für Kühlung verwendet. Damit sich keine Verunreinigungen in Kühlaggregaten oder ähnlichem absetzen, wird das Wasser vor dem Gebrauch in einer Brauchwasseranlage der TU Darmstadt aufbereitet. Untersuchungen haben ergeben, dass das in der Anlage aufbereitete Brauchwasser an der TU Darmstadt eine hervorragende Wasserqualität hat<sup>4</sup>.

Seit Mai 2002 werden die Mensa II, die große Bauingenieurhalle mit dem Institutsgebäude, die Maschinenbauhallen I und II und das Hochschulstadion mit Brauchwasser versorgt. Ebenfalls im Mai 2002 wurde die Versickerungsmulde auf dem Außengelände in Betrieb genommen, in Trockenperioden erkennbar als leichte Absenkung der Wiesenfläche. Hier wird zur Entlastung der Abwasserkanalisation überschüssiges Regen- und Drainagewasser eingeleitet.

Ein großer Vorteil für die Realisierung der Brauchwasseranlage war die Tatsache, dass getrennte Kanalisationsnetze für Schmutzwasser sowie für Regen- und Drainagewasser vorhanden waren, die in die öffentliche Kanalisation entwässert wurden. Somit konnte das Wasser an zentraler Stelle entnommen und aufbereitet werden. Von dort wird das Brauchwasser in einem neuen Leitungsnetz im Außenbereich und in den Gebäuden zu den Verbrauchsstellen geführt.

Durch die Brauchwasseranlage werden die Kosten der TUD für Trinkwasserbezug und Abwassereinleitung erheblich reduziert. Jährlich werden auf diese Weise etwa 70.000 m<sup>3</sup> Trinkwasser eingespart. Etwa ein Drittel des von der TUD benötigten Wassers wird durch Brauchwasser gedeckt; in den Gebäuden, die mit Brauchwasser versorgt werden, liegt der Trinkwasserbedarf teilweise nur noch bei 15%. Seit 1983 konnte im Zusammenwirken von Brauchwasseranlage, weiteren Maßnahmen und verändertem Nutzerverhalten der Wasserverbrauch der TUD von knapp 600.000 m<sup>3</sup> auf weniger als die Hälfte reduziert werden.

<sup>4</sup> s. [www.intern.tu-darmstadt.de/dez\\_iv/nachhaltigkeit\\_2/energiemanagement/zahlen/wasser/wasser\\_1.de.jsp](http://www.intern.tu-darmstadt.de/dez_iv/nachhaltigkeit_2/energiemanagement/zahlen/wasser/wasser_1.de.jsp); retr. 21.02.2011

Zur Wirtschaftlichkeit von Brauchwasseranlagen der realisierten Art sind keine allgemeinen Aussagen möglich, es bedarf der Prüfung und Berechnung im Einzelfall. Insbesondere sind dabei zu berücksichtigen die lange Nutzungsdauer des Systems und die Tatsache, dass der öffentliche Bauherr Land Hessen daran ein spezifisches zukunftsgerichtetes Interesse hatte.

### **3.2.6 Abfallbeseitigung und Recycling**

Das Institutsgebäude L506 der TU Darmstadt ist ein Neubau auf der „grünen Wiese“ des ehemaligen Flugplatzes, bei dessen Errichtung an vorhandenem Material lediglich Bodenaushub zu beseitigen war. Ein besonderes Abfallmanagement während der Bauzeit für Verschnitt, Reststoffe und Verpackung gab es nicht. Bei der DGNB-Zertifizierung des Neubaus war der Umgang mit Abfällen mangels Kriteriensteckbrief (s.o. 3.1.4) nicht bewertet worden.

### 3.3 Gebäude des Zentrums für umweltbewusstes Bauen / ZUB, Kassel

#### 3.3.1 Das Gebäude



Fotos: ZUB, PAS Architekten

Kurzportät	Gebäude des Zentrums für umweltbewusstes Bauen / ZUB, Kassel
Baumaßnahme	Neubau
Nutzung	Büro- und Verwaltungsgebäude
Bauherr	Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V. / ZUB, Gottschalkstraße 28a, 34127 Kassel
Bauzeit	1999 - 2001
Architekten	Arbeitsgemeinschaft ZUB, Jourdan & Müller PAS, und Seddig Architekten, Frankfurt und Kassel Seddig Architekten, Forsterstraße 13, 55118 Mainz Jourdan & Müller PAS, Gräfstraße 79, 60486 Frankfurt am Main
Projektkonzeption Energiekonzept, Simulation	Universität Gesamthochschule Kassel Gottschalkstr. 28, 34109 Kassel
Technische Gebäudeausrüstung	Arbeitsgemeinschaft Ingenieurbüro Hausladen & Ingenieurbüro Springl, Griesbadgasse 36, 85049 Ingolstadt
Fachberatung Lehm- bau	Planungsbüro für Ökologisches Bauen, Prof. Minke Am Wasserturm 17, 34117 Kassel
Thermische Bauphy- sik, Akustik	Ingenieurbüro Hauser, Hessenbergstraße 71, 34225 Baunatal
Tragwerksplanung	Bollinger + Grohmann, Frankfurt am Main
Gütesiegel	DGNB Silber, Neubau Büro- u. Verwaltungsgebäude Version 2008
Zertifizierung	Dr.-Ing. Natalie Eßig, DGNB Auditorin, TU München, Lehrstuhl für Bauphysik, Arcisstraße 21, 80333 München
Zertifizierungs- Werkzeuge	LCA-Werkzeug / Datenbank excel / Ökobau.dat LCC-Werkzeug / Datenbank DGNB-Tool
Standort	Gottschalkstr. 28 a, 34127 Kassel
Lage	Universitätscampus Kassel
Bauwerk	Dreigeschossiger Baukörper an vorhandenes Gebäude angebaut
Höhe	12,50 m
Geschosse OG/UG	3 / 1
Geschossflächen m <sup>2</sup>	BGF 2.293, NGF 1.732 (100%) (NGF beheizt 1.347), NF 1.260 (73%), HNF 840 (49%), NNF 420 (24%), FF 85 (5%), VF 384 (22%)
Bruttorauminhalt	BRI 6.882 m <sup>3</sup>
A/V-Verhältnis	0,34

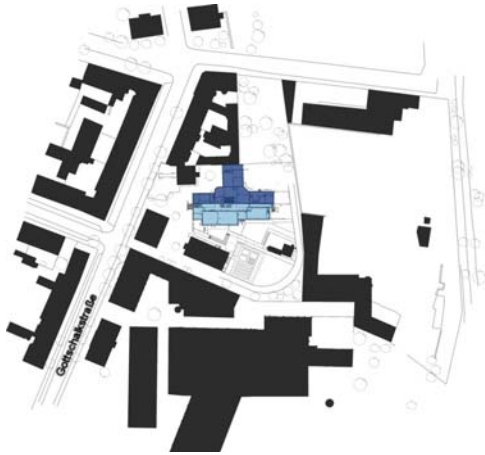


Karten: © Stadt Kassel

<b>Bauausführung</b>		
Baukonzept	Massivbau mit WDVS, Südseite mit Vorhangfassade	
Tragwerk	Stahlbeton Skelettbau	
Außenwände	Stahlbeton mit WDVS (Lochfassade)	
Vorhangfassade	Pfosten-Riegel-Konstruktion, Holz / Aluminium (Südseite)	
Innenwände	Kalksandstein, verputzt; Lehmsteinwand, Fugen verstrichen	
Fußböden	Magnesitestrich geschliffen	
Decken	Stahlbeton, Zementestrich (Heizung), Magnesitestrich	
Dach	Stahlbeton, PS Dämmplatten, Substrat, extensive Begrünung	
Wärmeschutz Winter	WDVS, PS Dämmplatten	
Wärmeschutz Sommer	Speichermasse, Bauteilaktivierung möglich, Nachtlüftung	
Lüftung	Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	
Fenster	3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	
Schallschutz	nach DIN (s.u.)	
Brandschutz	nach Vorschrift	
Trinkwassereinsparung	nach DIN (s.u.)	
Regenwasserableitung	nach Vorschrift	
<b>Entwurfsziele (1)</b>		<b>Energieausweis</b>
Primärenergiebedarf ges.	< 100 kWh/m <sup>2</sup> a	84,8 kWh/m <sup>2</sup> a
Endenergiebedarf	< 70 kWh/m <sup>2</sup> a	77,1 kWh/m <sup>2</sup> a
Heizwärmebedarf		61,6 kWh/m <sup>2</sup> a
Nutzenergie Heizg. / WW	< 40 kWh/m <sup>2</sup> a	49,9 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Energieeffizienz</b>	<b>Energieausweis (errechnet)</b>	<b>EnEV Anforderung</b>
Primärenergiebedarf	84,8 kWh/m <sup>2</sup> a	251,4 kWh/m <sup>2</sup> a
CO <sub>2</sub> Emissionen	25,5 kg/m <sup>2</sup> a	
Mittlerer U-Wert	0,37 W/m <sup>2</sup> K	0,81 W/m <sup>2</sup> K
Lüftungsenergie (2)	8,5 kWh/m <sup>2</sup> a	
Beleuchtung	7,0 kWh/m <sup>2</sup> a	
Stromverbrauch	15,5 kWh/m <sup>2</sup> a	
Stromverbr. gemessen	(2002) 21,6 (2003) 18,7 kWh/m <sup>2</sup> a	
Wärmeineffekt	k.A.	
Wasserverbrauch	k.A.	
Recycling	k.A.	

(1) vgl. Hauser et al. 2004 (2) Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

<b>Kosten</b>	KG 300 DIN 276	TA KG 400 DIN 276	KG 300 + 400
DM/m <sup>2</sup> BRI DIN 277	486 DM/m <sup>3</sup>	3 190 DM/m <sup>3</sup>	3 676 DM/m <sup>3</sup>
DM/m <sup>3</sup> NGF DIN 277	1.932 DM/m <sup>2</sup>	756 DM/m <sup>2</sup>	2.689 DM/m <sup>2</sup>
€/m <sup>3</sup> NGF DIN 277	769 €/m <sup>2</sup>	301 €/m <sup>2</sup>	1.070 €/m <sup>2</sup>



Lageplan, Bestand dunkel, Neubau hell (Hauser et al 2004)



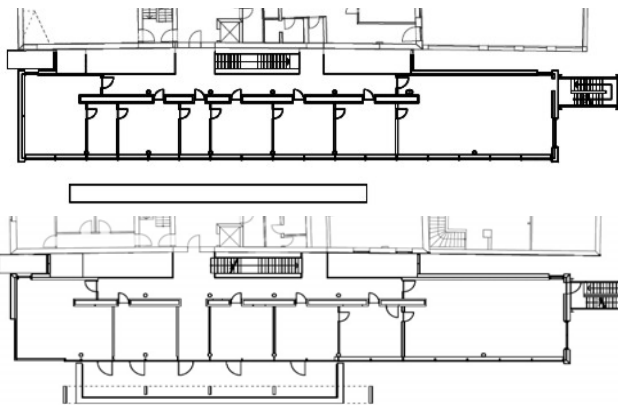
Luftaufnahme Google Earth 2005



Schnitt

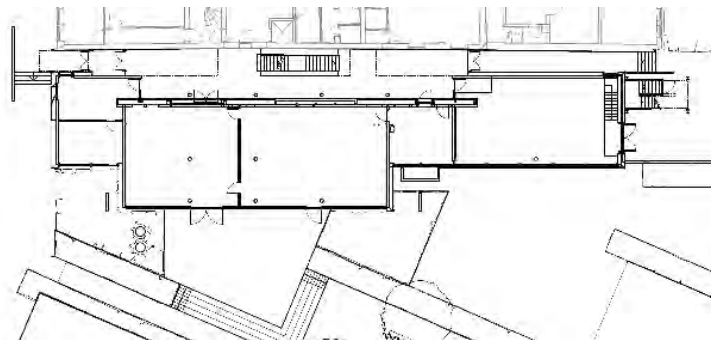


Die verglaste Südfassade



2 OG

1 OG



EG

Grundrisse

### 3.3.2 Das Bauprojekt

#### Das Zentrum für Umweltbewusstes Bauen (ZUB)

Das „Zentrum für Umweltbewusstes Bauen<sup>1</sup> e.V.“ (ZUB) war 1999 als Bindeglied zwischen angewandter Forschung und Baupraxis für die drei Fachbereiche Bauphysik, Experimentelles Bauen und Technische Gebäudeausrüstung des Forschungsschwerpunkts „Umweltbewusstes Bauen“ der Universität Kassel als unabhängige Einrichtung gegründet worden (s. Abb. 3.3-1). Das ZUB dient einerseits als Schnittstelle der Forschung zur Praxis, ist aber über die Mitarbeiter auch in die Lehre der Universität eingebunden.

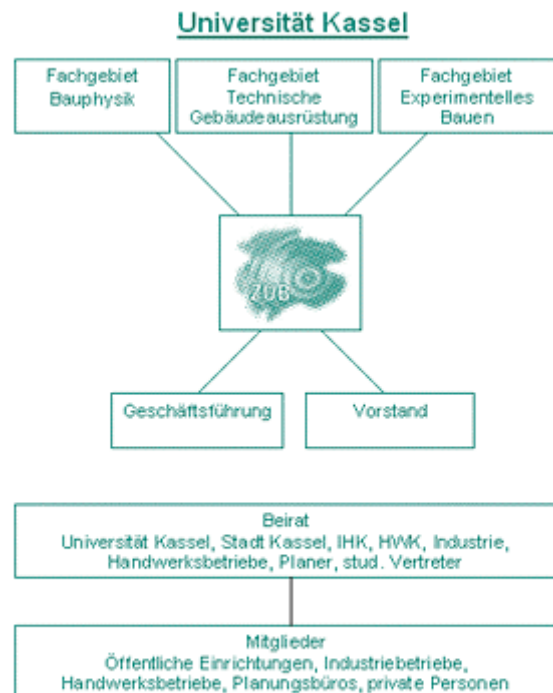


Abb. 3.3-1: Organisation des ZUB

#### Planungsziel: umweltbewusst bauen

Bei der Aufgabenstellung des ZUB verstand es sich von selbst, dass bei der Konzeption des Neubaus der aktuelle Kenntnisstand zum umweltbewussten Bauen, insbesondere zu den Möglichkeiten der Energieeinsparung und zur effizienten Energienutzung, im gegebenen Kostenrahmen soweit wie möglich berücksichtigt werden sollte (vgl. Ebert/Eßig/Hauser 2010). Dieser Zielsetzung kam entgegen, dass das Gebäude in das Forschungsprojekt „Solar optimiertes Bauen“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie einbezogen werden konnte. Dabei sollte untersucht werden, wie bei diesem Nichtwohngebäude mit minimalem Energieverbrauch möglichst behagliche Arbeitsbedingungen zu erreichen waren.

Diese vorrangig energetischen Zielsetzungen wurden durch weitere Vorgaben zum nachhaltigen Bauen ergänzt. So wurde darauf geachtet, möglichst umweltfreundliche Baumaterialien einzusetzen, und es wurde ein Gründach eingebaut, dessen Beitrag zur Wärmedämmung, vor allem zum sommerlichen Hitzeschutz, ebenfalls wissenschaftlich zu untersuchen und auszuwerten war (s.u. 3.3.5). Seit Bezug im Frühsommer 2001 wurden die Elemente des Gebäude- und Technikkonzeptes detailliert vermessen und dokumentiert.

#### Gebäudekonzept

Das Gebäude ist als einhüftige Anlage dreigeschossig zuzüglich Keller. Die Standortbedingungen des Gebäudes sind aus energetischer Sicht sehr günstig: Auf seiner Nordseite schließt es über die gesamte Länge an die Brandwand eines bestehenden Gebäudes an, und es ist nahezu verschattungsfrei nach Süden ausgerichtet.

Planungsziel war die natürliche Belichtung möglichst aller Räume; auch der Treppenhausebereich im Anschluss an das vorhandene Gebäude wird über ein Oberlicht natürlich belichtet.

<sup>1</sup> vgl. zur Darstellung der Institution des ZUB, des Planungsprozesses, des Gebäudekonzeptes und der Bewertung der Zertifizierung ausführlich Ebert/Eßig/Hauser 2010



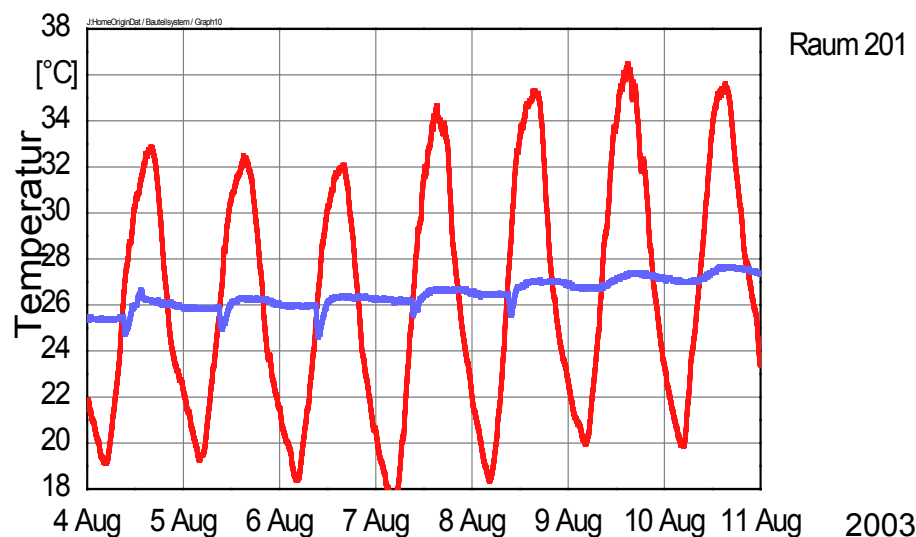
Die vorgehängte Pfosten-Riegel-Fassade aus Holz und Aluminium auf der Südseite ist raumhoch verglast. Das 3-Scheiben-Wärmeschutzglas ist mit einem außen liegenden Sonnenschutz kombiniert. Vor den Stirnseiten der Decken befinden sich Vakuumdämmpaneele. Ost- und westorientierte Fensterflächen wurden minimiert, um die sommerliche Erwärmung zu verringern.

### Energiekonzept

Planungsziel war ein Heizwärmebedarf von weniger als 25 kWh/m<sup>2</sup>a bei angenehmen Innentemperaturen im Winter wie im Sommer. Das integrierte energetische Konzept verbindet die passive Nutzung der Solarenergie mit Bauteilaktivierung sowie weitgehend natürlicher Belüftung und Belichtung.

Gute Voraussetzungen bietet die kompakte Gebäudeform mit einem günstigen A/V-Verhältnis von 0,34 1/m. Dabei entfallen auf der Anbauseite im Norden die Wärmeverluste nahezu vollständig. Sämtliche Außenbauteile haben einen sehr hohen Wärmeschutzstandard.

Eine Besonderheit des Gebäudes ist im Erdgeschoss und in den Obergeschossen eine zweischalige, nichttragende Wand aus ungebrannten Lehmsteinen als Installationswand für Versorgungsleitungen; sie ist Treppenhauswand und rückwärtige Innenwand der Büroräume. Die große thermische Speichermasse der Wand wirkt sich positiv auf die Temperaturverhältnisse in den Räumen aus.



Quelle: Hauser et al. 2004/EBig 2009

**Abb. 3.3-2: Temperaturhöchstwerte (gemessen), außen (rot) und innen (blau)**

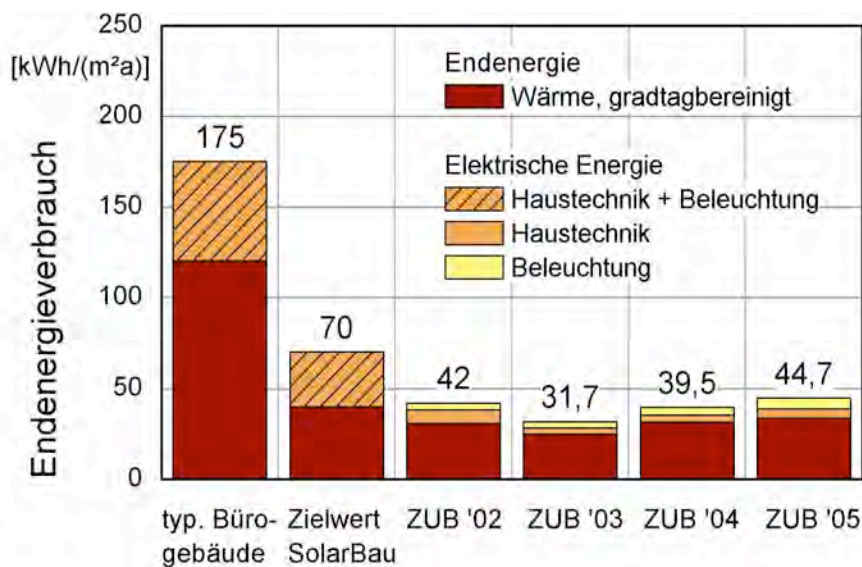
Die Beheizung – wie auch die Kühlung im Sommer – erfolgt im Wesentlichen über Flächensysteme. In allen Geschossdecken gibt es ein konventionelles Fußbodenheizsystem. Zusätzlich sind auf der unteren Bewehrung Rohre für eine Bauteilaktivierung verlegt, wodurch auch unterschiedliche Betriebsweisen messtechnisch ausgewertet werden können. An heißen Tagen im Sommer kann das Gebäude durch Nachtlüftung gekühlt werden, es können dazu aber auch – alternativ – die thermoaktiven Decken im Wärmetausch mit der Sohlplatte eingesetzt werden. Eine Kältemaschine ist nicht installiert.

Die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ist auf einen maximalen Volumenstrom von 4.000 m<sup>3</sup>/h ausgelegt und wird nach der Luftqualität (VOC) geregelt.

Wie effizient die Elemente des sommerlichen Wärmeschutzes - Wärmedämmung, Bauteilaktivierung zur Kühlung und die Möglichkeiten der Verschattung der Südfassade - zusammenwirken, zeigte sich unter den extremen thermischen Bedingungen des Sommers 2003 (s. Abb. 3.3-2)

### Erreichte Energieeffizienz

Der Wärmeverbrauch liegt mit 25 bis 30 kWh/m<sup>2</sup>a nah am berechneten Bedarf. Auch der Stromverbrauch für Haustechnik, Beleuchtung und Arbeitsmittel ist relativ niedrig. Die tageslichtabhängige Kunstlichtsteuerung und die bedarfsgeregelte Lüftung führten gegenüber Standardbetriebsweisen zu hohen Einsparungen (s. Abb. 3.3-3).



**Abb. 3.3-3: Endenergieverbrauch, Vergleichswerte und Messergebnisse**

Das Lüftungskonzept, das im Winter eine mechanische Lüftung und im Sommer Fensterlüftung vorsieht, hat sich während der gemessenen Betriebsjahre bewährt.

Über die Flächensysteme (Fußbodenheizung bzw. Deckensystem) wurden Heizleistungen von bis zu 80 W/m<sup>2</sup>, Kühlleistungen von bis zu 40 W/m<sup>2</sup> erreicht.

Im ersten Winter wurden das Fußboden- und das Betonsystem parallel betrieben, in der zweiten Heizperiode wurde ausschließlich über das Fußbodensystem geheizt - weder Energieverbrauch noch thermische Behaglichkeit änderten sich dadurch. Für Heizung und Kühlung wird man bei anderen Neubauten in der Regel nicht gleichzeitig Fußbodenheizung und Bauteilaktivierung einsetzen, im ZUB dient dies vor allem Experimentierzwecken. Das System der Bauteilaktivierung hat sich dabei grundsätzlich bewährt, wenn es auch von einigen Nutzern als zu träge empfunden wird. Der Einsatz der Bodenplattenkonditionierung erwies sich als kostengünstig und ist insbesondere dann sinnvoll, wenn durch weitere Maßnahmen die internen und externen thermischen Lasten - Hitze wie Kälte - beschränkt werden können.

### 3.3.3 Zertifizierung

#### DGNB-Pilotprojekt

Das Zentrum für Umweltbewusstes Bauen, Kassel wurde im Rahmen der 1. Pilotphase der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) und dem Bauministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) als eines der ersten Projekte in Deutschland mit dem Deutschen Gütesiegel Nachhaltiges Bauen, Version 2008, zertifiziert (vgl. 1.2.1). Bei einem Erfüllungsgrad der DGNB Anforderungen von 67% erhielt das ZUB Gebäude das Gütesiegel in Silber ([www.dgnb.de](http://www.dgnb.de)).

**Tab: 3.3-1: DGNB Bewertung der Hauptkriteriengruppen**

Kriteriengruppen	Note
<b>Objektbewertung:</b>	<b>1,93</b>
Ökologische Qualität:	1,93
Ökonomische Qualität:	1,03
Soziokulturelle Funktionale Qualität:	3,41
Technische Qualität:	1,95
Prozessqualität:	2,39
<i>Standortbewertung:</i>	<i>1,68</i>

Da das Gebäude lange vor der Konzeption des DGNB Gütesiegels geplant und errichtet worden war, konnte die Bewertung nur im Rückblick erfolgen. Dies hatte zur Folge, dass für einzelne Kriterien keine Punkte vergeben werden konnten, weil bestimmte Angaben, die für die Bewertung benötigt worden wären, nicht oder nicht mehr vollständig vorlagen<sup>2</sup>. Die Bewertung hätte zudem besser ausfallen können, wenn die Anforderungen der DGNB schon bei der Konzeption des Gebäudes bekannt gewesen wären, eine Reihe der Anforderungen wäre ohne größeren zusätzlichen Aufwand leicht zu erfüllen gewesen.

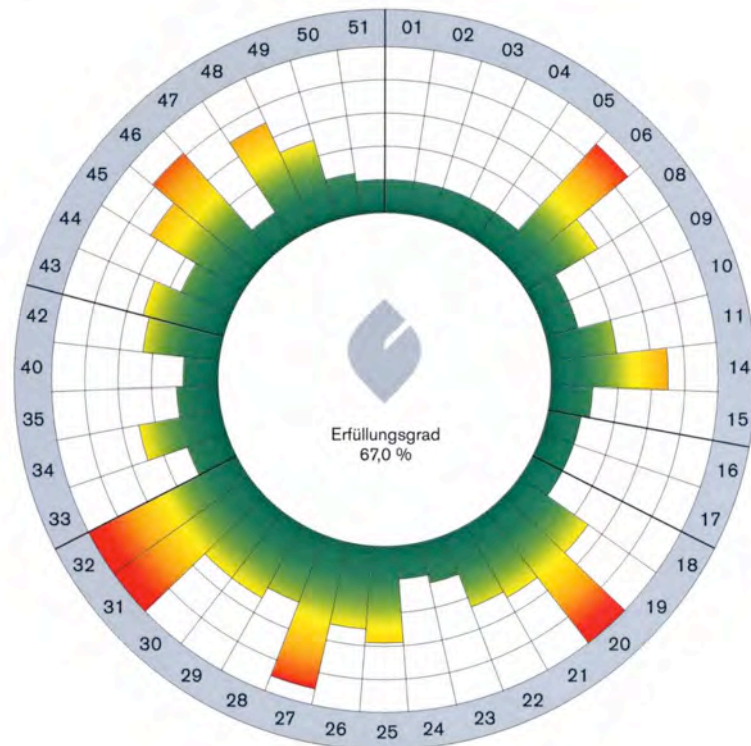
Dass das ZUB in der ökologischen Qualität bei der Energieeffizienz gleichwohl hervorragend abschloss, entspricht dem sehr anspruchsvollen energetischen Konzept des Forschungsprojekts SolarOpt (vgl. Hauser et al. 2002, 2004). Auch weitere Kriterien des nachhaltigen Bauens, wie z.B. die Verwendung umweltfreundlicher Baustoffe, sind sehr gut erfüllt und trugen zum guten Ergebnis bei. Positiv wirkte sich auch das Gründach auf die Bewertung aus. Dass es zur Rückhaltung bzw. Verdunstung des Regenwassers beiträgt und damit den Kanalabfluss reduziert, wurde bei der Bewertung nach Steckbrief 14 „Trinkwasserverbrauch und Abwasseraufkommen“ berücksichtigt, die auf dem Dach geschaffene Grünfläche wurde als Kompensation bei Steckbrief 15 „Flächeninanspruchnahme“ positiv veranschlagt (s.u. 3.3.7).

Die geforderte lückenlose Dokumentation des Bauprozesses und der verwendeten Baustoffe z.B. oder ein Architektenwettbewerb ließen sich im Nachhinein nicht mehr nachholen (vgl. Ebert/Eßig/Hauser 2010). Das ist besonders bedauerlich bei der Bewertung der Risiken durch Schadstofffreisetzungen aus den verwendeten Baustoffen nach Kriterium 6 „Risiken für die lokale Umwelt“ und 20 „Innenraumluftthygiene“, weil im nachhinein die Schadstofffreiheit nicht auf der Grundlage einer lückenlosen Dokumentation der Umweltproduktdeklarationen der Baustoffe geführt werden konnte und eine Messung der Innen-

<sup>2</sup> zu den Kriteriensteckbriefen von DGNB und BMVBS/NB vgl. 1.2.1

raumlufte nur wegen der Zertifizierung als zu aufwendig erachtet wurde. Andererseits konnte aber – außer beim Treibhauspotenzial, wo der Zielwert knapp verfehlt wurde – in den Ökobilanzen der Baustoffe die maximale Punktzahl erreicht werden (vgl. Abb. 3.3-4 und Tab. 3.3-12).

Naturgemäß lassen sich an einem Gebäude mit einem bestimmten Nutzungskonzept nicht immer alle Nachhaltigkeitsziele in gleicher Weise umsetzen. Eigenschaften wie z.B. die Öffnung des Gebäudes für andere gesellschaftliche Nutzergruppen als Kriterium der soziokulturellen Qualität sind nur bedingt mit den spezifischen Aufgaben des ZUB – und der Größe des Gebäudes – vereinbar. Auch ein Architektenwettbewerb, um ein hohes Maß an gestalterischer Qualität zu sichern, ist bei der Dimension des ZUB sicher nicht zwingend. Dagegen ermöglichte das praktizierte Verfahren eines Planungsworkshops, an dem erfahrene Architekten mit ausgewiesenen Erfolgen bei Wettbewerben beteiligt waren, die Nachhaltigkeitsziele unter Berücksichtigung gestalterischer Qualitätsziele optimal umzusetzen. Beim Kriterium 31 „Planungswettbewerbe“ bringt dies jedoch allenfalls 20 von 100 Punkten und eine Bewertung knapp über dem Grenzwert ein. Sicher ein Anlass, um beim Bewertungssystem die ausschließliche Orientierung an Planungswettbewerben als Qualitätsausweis der Planung zu überdenken.



- |  |  |
|--|--|
| 1 Treibhauspotenzial (GWP)   | 25 Sicherheit und Störfallrisiken                    |
| 2 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)                                  | 26 Barrierefreiheit                                  |
| 3 Ozonbildungspotenzial (POCP)                                     | 27 Flächeneffizienz                                  |
| 4 Versauerungspotenzial  | 28 Umnutzungsfähigkeit                               |
| 5 Überdüngungspotenzial (EP)                                       | 29 Öffentliche Zugänglichkeit                        |
| 6 Risiken für die lokale Umwelt                                    | 30 Fahrradkomfort                                    |
| 8 Nachhaltige Ressourcenverwendung / Holz                          | 31 Planungswettbewerbe                               |
| 9 Mikroklima   | 32 Kunst am Bau                                      |
| 10 nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf                          | 33 Brandschutz                                       |
| 11 Gesamtprimärenergiebedarf und Anteil erneuerbarer Primärenergie | 34 Schallschutz                                      |
| 14 Trinkwasserverbrauch und Abwasseraufkommen                      | 35 Wärme- und Tauwasserschutz                        |
| 15 Flächeninanspruchnahme  | 40 Reinigung und Instandhaltung                      |
| 16 Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus                          | 42 Rückbaubarkeit                                    |
| 17 Drittverwendungsfähigkeit                                       | 43 Projektvorbereitung                               |
| 18 Thermischer Komfort im Winter                                   | 44 Integrale Planung                                 |
| 19 Thermischer Komfort im Sommer                                   | 45 Optimierung und Komplexität der Planung           |
| 20 Innraumhygiene  | 46 Ausschreibung und Vergabe                         |
| 21 Akustischer Komfort   | 47 Voraussetzungen für eine optimale Bewirtschaftung |
| 22 Visueller Komfort   | 48 Baustelle / Bauprozess                            |
| 23 Einflussnahmemöglichkeit des Nutzers                            | 49 Präqualifikation der ausführenden Firmen          |
| 24 Gebäudebezogene Außenraumqualität                               | 50 Qualitätssicherung der Bauausführung              |
|  | 51 Systematische Inbetriebnahme                      |

Anmerkung: Bezeichnungen z.T. gekürzt; Version 2009 Bürobauteile

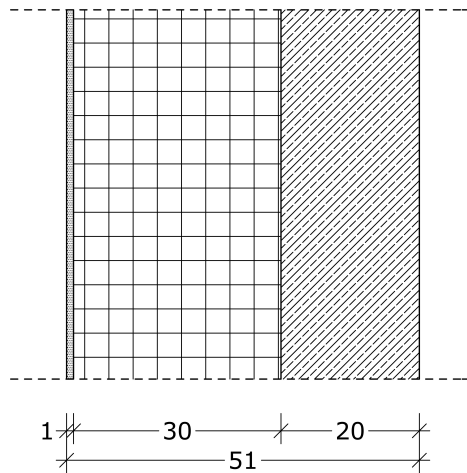
**Abb. 3.3-4: DGNB Vektor: ZUB Kassel**

### 3.3.4 Ökobilanzen Bauteile

Nachfolgend werden Ökobilanzen von drei Bauteilen des Gebäudes betrachtet, denen jeweils eine Ausführungsalternative mit anderen Materialien gegenübergestellt wird. Die Lebensdauern der Bauteile wurden nach den Angaben des Leitfadens Nachhaltiges Bauen des BMVBS, die Werte der Ökobilanzen nach den Datensätzen der ÖkobaDat bzw. der entsprechenden Umweltproduktdeklarationen (EPDs) des IBU gerechnet.

## Außenwand

### A: Die ausgeführte Außenwand



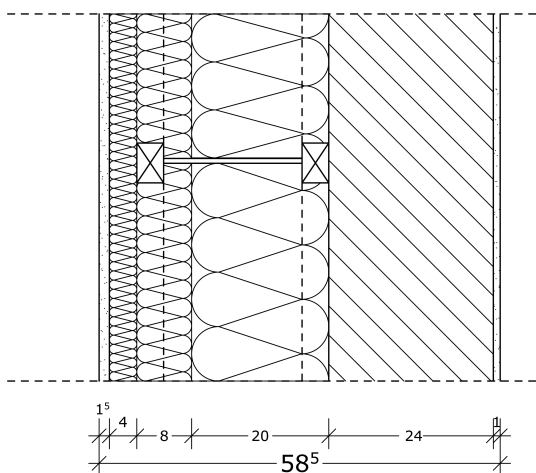
Betrachtet werden die Außenwände der Ost- bzw. Westfassade des Gebäudes. Sie haben nur einen geringen Anteil an Fensteröffnungen, um den sommerlichen Strahlungseintrag gering zu halten und auch dem winterlichen Wärmeschutz gerecht zu werden. Der Bauteilaufbau von innen nach außen ist einfach: auf einer Sichtbetondecke ist ein Wärmedämmverbundsystem aus expandierten Polystyrol-Hartschaumplatten (EPS) mit mineralischem Putz aufgebracht. Die Aufgabenverteilung für das thermische Verhalten des Gebäudes zwischen den beiden Baumaterialien ist dementsprechend ebenso eindeutig: Das EPS im WDVS

dient der Wärmedämmung und sorgt wesentlich für den günstigen U-Wert des Bauteils von  $0,11 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Der Stahlbeton gleicht andererseits durch das thermische Speichervermögen des schweren Materials Temperaturschwankungen im Tagesverlauf aus (spezifische Wärmekapazität von Beton:  $1,1 \text{ (kJ / kg K)}$ ).

**Tab. 3.3-2: Außenwand des Gebäudes, Wärmedämmverbundsystem mit Hartschaumplatten, Aufbau und Eigenschaften**

Material	Schichtdicke (m)	Rohdichte (kg/m <sup>3</sup> )	Stoffmasse kg/m <sup>2</sup>	Lebensdauer (a)	Austausch im Lebenszyklus
Beton C30 / 37	0,20	2.364	472,80	80 - 100	0
Stahl			20	80 - 100	0
WDVS EPS 035	0,30	20	6,00	30 - 60	1
Leichtputz	0,01	900	9,00	25 - 45	1
Mineralfarbe			0,35	8 - 20	3
Gesamt pro m <sup>2</sup>	<b>0,51</b>		<b>508,15</b>		

### B: Alternative Ausführung der Außenwand mit nachwachsenden Rohstoffen (Holz und Holzfasern)



Als alternative Version der Außenwand wird ein Bauteilaufbau betrachtet aus Vollziegeln mit Wärmedämmverbundsystem wie bei der ausgeführten Variante, jedoch mit Holzweichfaserdämmplatten und einer Unterkonstruktion aus Holz. Das gesamte Bauteil ist bei einer Gesamstärke von  $58,5 \text{ cm}$  um einiges dicker als die  $51 \text{ cm}$  starke realisierte Außenwand. Da das sommerliche Wärmeverhalten des Gebäudes in den Bauteilen zu berücksichtigen ist, wurde Mauerwerk aus Vollziegeln gewählt, dessen spezifische Wärmekapazität von  $0,9 \text{ kJ/kg K}$  unwesentlich schlechter ist als die des Stahlbetons, damit

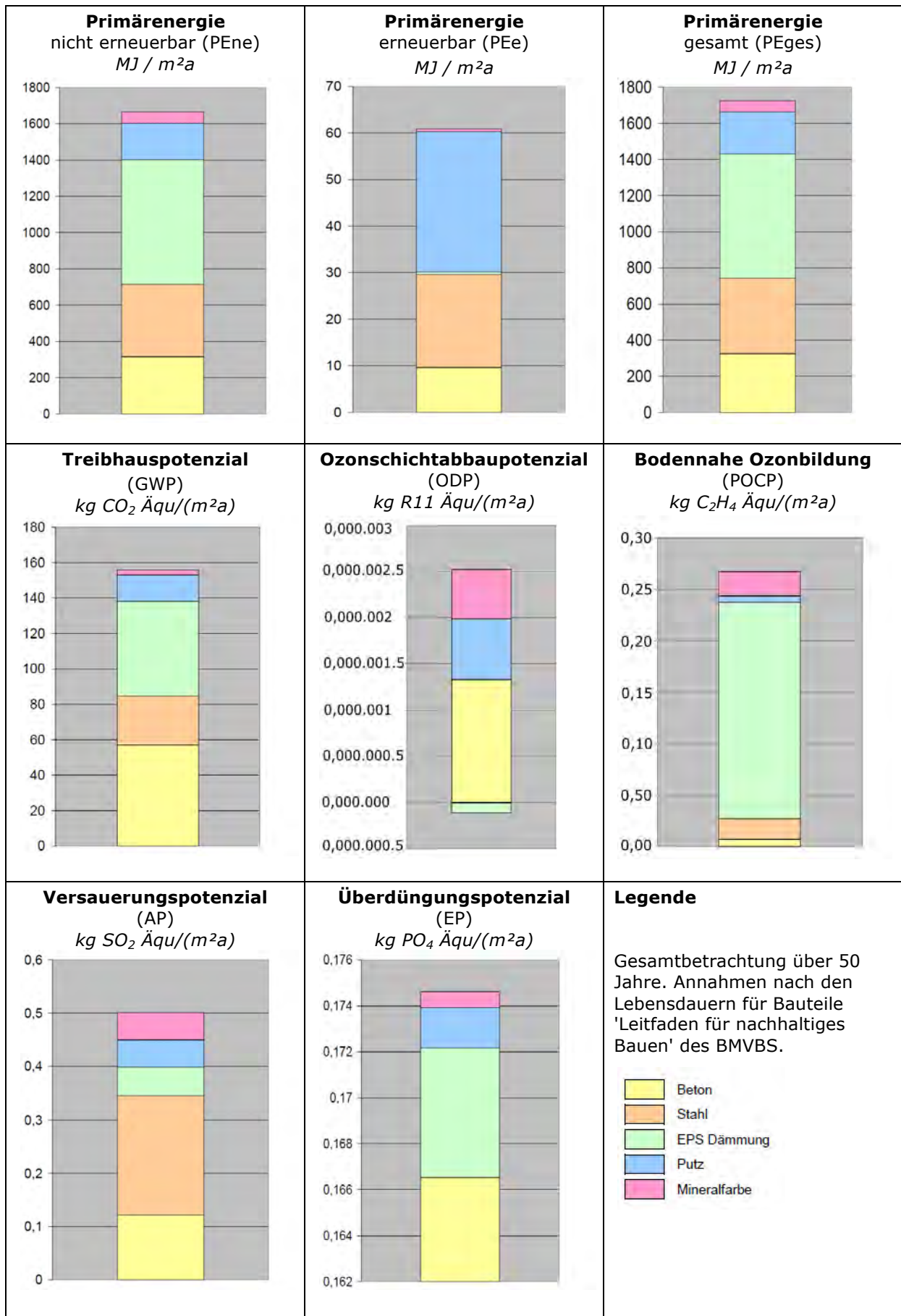


Abb. 3.3-5: Ökobilanz ausgeführte Außenwand

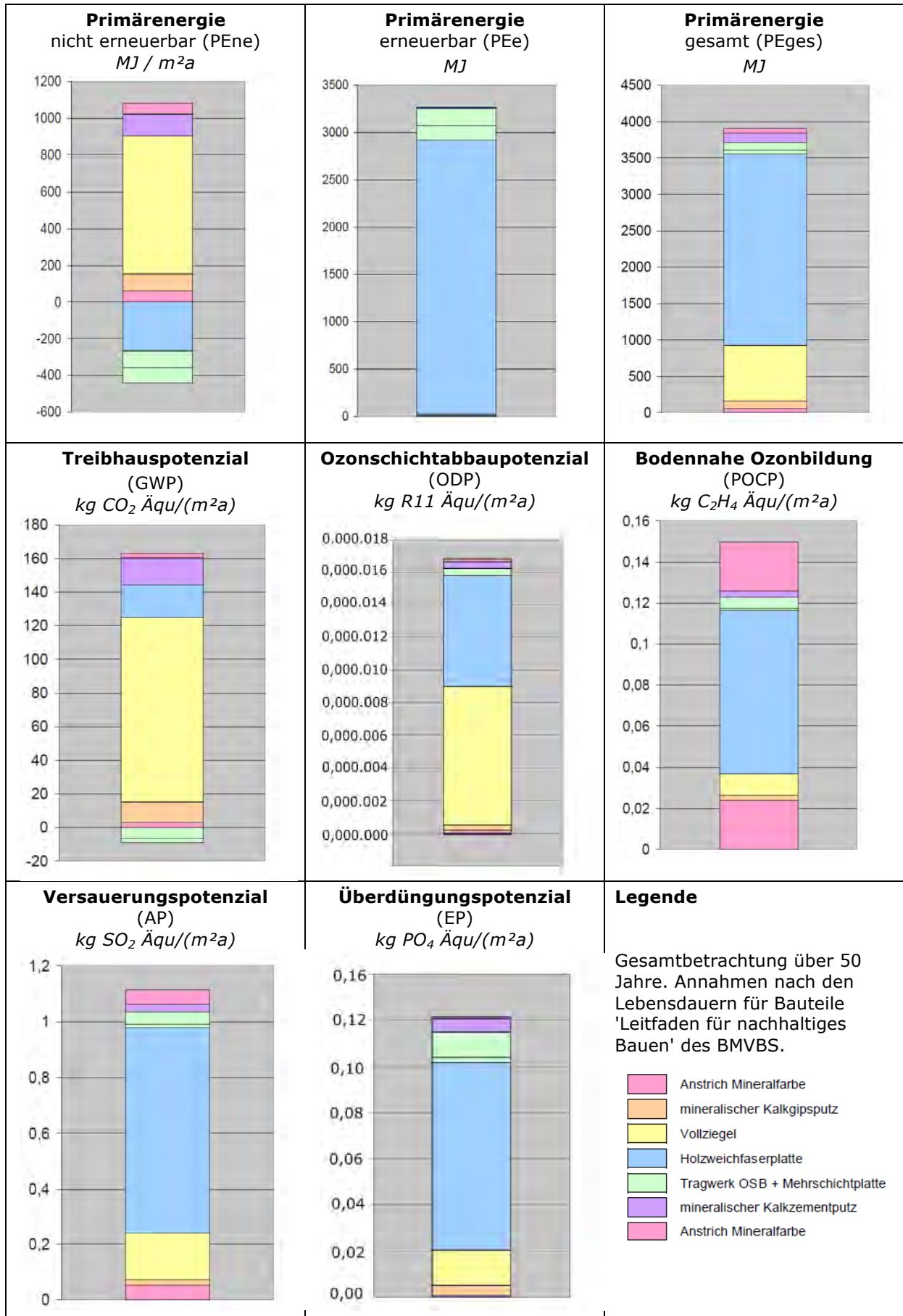


Abb. 3.3-6: Ökobilanz Außenwand alternativ mit nachwachsenden Rohstoffen

bleibt das thermische Speichervermögen des Gebäudes in etwa gleich. Wegen der Vergleichbarkeit wurde auch die Dämmung der alternativen Ausführung so gewählt, dass ebenfalls für das gesamte Bauteil ein U-Wert von 0,11 W/(m<sup>2</sup>K) erreicht wird.

**Tab. 3.3-3: Außenwand des Gebäudes, alternative Ausführung des Wärmedämmverbundsystems mit Holzweichfaserplatten, Aufbau und Eigenschaften**

Material	Schichtdicke (m)	Rohdichte (kg/m <sup>3</sup> )	Stoffmasse kg/m <sup>2</sup>	Lebensdauer (a)	Austausch im Lebenszyklus
Mineralfarbe			0,35	8 - 20	3
mineralischer Kalkgipsputz	0,01	1.400	14,00	30 - 60	1
Vollziegel	0,24	1.800	432,00	50 - 80	0
Holzweichfaserplatten	0,32	170	54,40	20 - 60	1
OSB / Mehrschichtholz	0,01	650	6,50	30 - 50	1
mineralischer Kalkzementputz	0,015	1.800	36,00	40 - 80	1
Mineralfarbe			0,35	60 - 80	3
Gesamt pro m <sup>2</sup> Bauteil	<b>0,585</b>		<b>543,6</b>		

### C Vergleich

**Tab. 3.3-4: Wirk- und Sachbilanzdaten der Außenwandalternativen (pro Jahr)**

	AW1 Stahlbeton	AW2 Ziegel	Dimension
<b>GWP</b>	3,12	3,08	kg CO <sub>2</sub> Äquivalent / (m <sup>2</sup> x a)
<b>ODP</b>	0,000.000.048	0,000.000.335	kg R11 Äquivalent / (m <sup>2</sup> x a)
<b>POCP</b>	0,005.348	0,002.995	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Äquivalent / (m <sup>2</sup> x a)
<b>AP</b>	0,007.998	0,022.26	kg SO <sub>2</sub> Äquivalent / (m <sup>2</sup> x a)
<b>EP</b>	0,001.02	0,002.43	kg PO <sub>4</sub> Äquivalent / (m <sup>2</sup> x a)
<b>PEges</b>	35,72	78,04	MJ / (m <sup>2</sup> x a)
	9,93	21,68	kWh / (m <sup>2</sup> x a)
<b>PEe</b>	1,22	65,27	MJ / (m <sup>2</sup> x a)
	0,34	18,13	kWh / (m <sup>2</sup> x a)
<b>PEne</b>	34,51	12,77	MJ / (m <sup>2</sup> x a)
	9,59	3,55	kWh / (m <sup>2</sup> x a)

(Die jeweils günstigeren Werte sind farbig hinterlegt)

### Wirkbilanzen

Die Außenwandalternativen bestehen beide aus einer massiven Bauteilschicht aus schwerem mineralischem Material (Beton bzw. Vollziegel), auf der ein mineralisch verputztes Wärmedämmverbundsystem (EPS- bzw. Holzweichfaserplatten) aufgebracht ist.

Die ausgeführte Ausführungsvariante (Stahlbeton mit WDVS aus EPS) ist in ihren Umweltwirkungen bei 3 von 5 Kriterien deutlich positiver bilanziert als die alternative Variante (Ziegelmauerwerk mit WDVS Holzweichfaserplatte). Bei dem Kriterium bodennahe Ozonbildung (POCP) liegt dagegen die Alternative deutlich und im Treibhauspotenzial geringfügig unter den Werten der realisierten Außenwand. Auf den ersten Blick schneidet die realisierte Variante auch in der Sachbilanz beim Gesamtverbrauch an Primärenergie (PE<sub>ges</sub>) besser ab als ihre Alternative mit einem mehr als doppelt so hohen Verbrauch. Für die Alternative wird aber weitgehend erneuerbare Energie eingesetzt und der Verbrauch an nicht erneuerbarer Energie ist sogar um ein Drittel geringer.

### Sachbilanzen: Primärenergieverbrauch

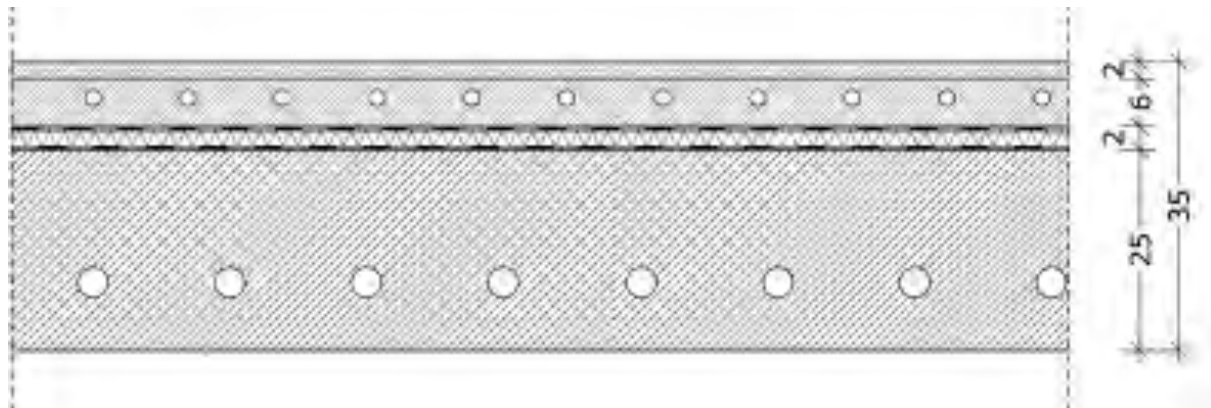
Bei beiden Alternativen ist der Energieverbrauch der massiven Bauteile mit rund 700 MJ etwa gleich. Die Dämmmaterialien sind jeweils am Gesamtenergieverbrauch wesentlich beteiligt. Beide Wärmedämmsysteme sind über die definierte Nutzungsdauer von 50 Jah-



ren einmal auszuwechseln, in die Ökobilanz geht daher der Herstellungsaufwand jeweils zweimal ein. Die Platten aus EPS tragen allerdings nur mit rund 700 MJ etwas weniger als die Hälfte, die aus Holzweichfasern mit immerhin rund 2.600 MJ zu rund zwei Dritteln jeweils zum gesamten Primärenergieverbrauch (PEges) bei. Der höhere Energiebedarf der alternativen Lösung von insgesamt rund 3.900 MJ über die Nutzungsdauer von 50 Jahren (bzw. 78,04 MJ/a) wird aber im Wesentlichen durch erneuerbare Energie gedeckt; daran beteiligt sind vor allem die Holzweichfaserplatten mit rund 2.900 MJ. Für deren Verbrauch an nicht erneuerbarer Energie wird eine Gutschrift von rund 300 MJ für durch Kraftwärmekopplung im Herstellungsprozess erzeugte Energie gegengerechnet.

## Geschossdecke

### A Die ausgeführte Geschossdecke



Tab. 3.3-5: Geschossdecke des Gebäudes; Aufbau und Eigenschaften

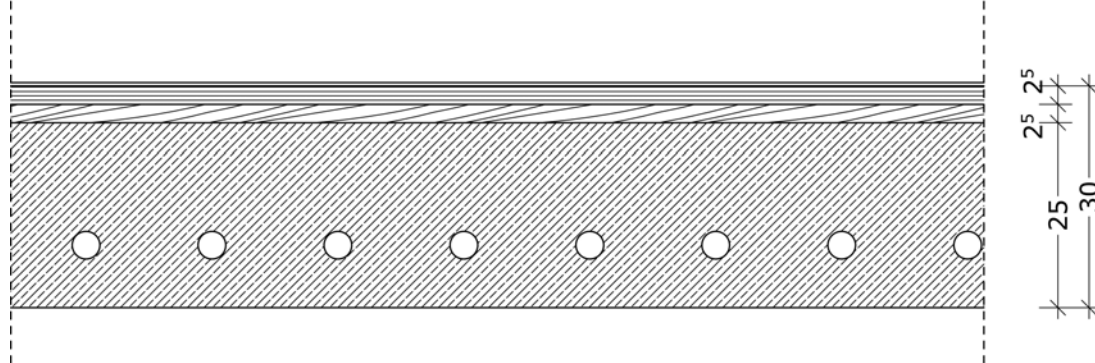
Material	Schichtdicke (m)	Rohdichte (kg/m <sup>3</sup> )	Stoffmasse (kg/m <sup>2</sup> )	Lebensdauer (a)	Austausch im Lebenszyklus
Magnesitstrich, geschliffen	0,02	1.600	32,00	40-80	1
Zementestrich	0,06	2.000	120,00	60-80	0
Trittschalldämmung EPS	0,02	26,9	0,54	60-80	0
Stahl			16,00	80-100	0
Beton C20 / 25	0,25	2.000	500,00	80-100	0
<b>Gesamt pro m<sup>2</sup></b>	<b>0,35</b>		<b>668,54</b>		

Die Decken im Bürogebäude des ZUB sind als thermisch aktivierte Bauteile zur Wärmeabgabe und -aufnahme ausgebildet. Das Besondere dabei ist, dass sowohl die Betondeckenkonstruktion thermisch aktiviert ist (ein träge arbeitendes System) als auch der Zementestrich des Fußbodens (schwimmender Estrich über Trittschalldämmung), der auf Grund seiner geringeren Masse entsprechend weniger träge reagiert. Durch die Flächenheizsysteme kann das Gebäude bei Niedertemperatur mit extrem niedrigem Energieaufwand sowohl im Winter zur Beheizung als auch im Sommer zur Kühlung betrieben werden. Die Untersicht ist unbehandelter Sichtbeton.

Tab. 3.3-7: Wirk- und Sachbilanzdaten der Geschossdeckenalternativen (pro Jahr)

	DE1 Magnesit	DE2 Linoleum	Dimension
<b>GWP</b>	2,47	- 0, 552.6	kg CO <sub>2</sub> Äquivalent / (m <sup>2</sup> x a)
<b>ODP</b>	0,000.000.673	0,000.000.652	kg R11 Äquivalent / (m <sup>2</sup> x a)
<b>POCP</b>	0,059.1	0.001.73	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Äquivalent / (m <sup>2</sup> x a)
<b>AP</b>	0,281.4	0,011.4	kg SO <sub>2</sub> Äquivalent / (m <sup>2</sup> x a)
<b>EP</b>	0,052	0,001.44	kg PO <sub>4</sub> Äquivalent / (m <sup>2</sup> x a)
<b>PEges</b>	25,04	57,14	MJ / (m <sup>2</sup> x a)
	6,96 kW	15,88	kWh / (m <sup>2</sup> x a)
<b>PEe</b>	0,57	19,57	MJ / (m <sup>2</sup> x a)
	0,16	5,44	kWh / (m <sup>2</sup> x a)
<b>PEne</b>	24,47	37,57	MJ / (m <sup>2</sup> x a)
	6,8	10,44	kWh / (m <sup>2</sup> x a)

**B Geschossdecke– Alternative Ausführung mit nachwachsenden Rohstoffen (Linoleum und Holzweichfaserdämmplatten)**



**Tab. 3.3-6: Geschossdecke, alternative Ausführung mit nachwachsenden Rohstoffen**

Material	Schichtdicke (m)	Rohdichte (kg/m <sup>3</sup> )	Stoffmasse (kg/m <sup>2</sup> )	Lebensdauer (a)	Austausch im Lebenszyklus
Linoleum	0,002	1.000	3,00	10 - 25	4
Holzspanplatten	0,025	700	17,50	20 - 35	1
Holzweichfaserplatten	0,025	650	16,25	20 - 35	1
Stahl			16,00		0
Beton C20/25	0,250	2.000	500,00	80 - 100	0
<b>zusammen</b>	<b>0,302</b>		<b>552,75</b>		

Als alternative Ausführung wird ein Fußbodenaufbau aus nachwachsenden Rohstoffen betrachtet. Für den gewählten Bodenbelag Linoleum wird eine relativ geringe Lebensdauer von 10 – 25 Jahren veranschlagt; danach müsste sie mindestens einmal ausgetauscht werden. Gerechnet wurde die ungünstigste Annahme, wonach der Belag im Betrachtungszeitraum von 50 Jahren viermal ausgetauscht werden müsste. Auch für die Holzspanplatten und die Trittschalldämmung aus Holzweichfaserplatten ist eine relativ geringe Lebensdauer von nur 20 - 35 Jahren anzusetzen. Danach müsste auch die Unterkonstruktion mindestens einmal ausgetauscht werden.

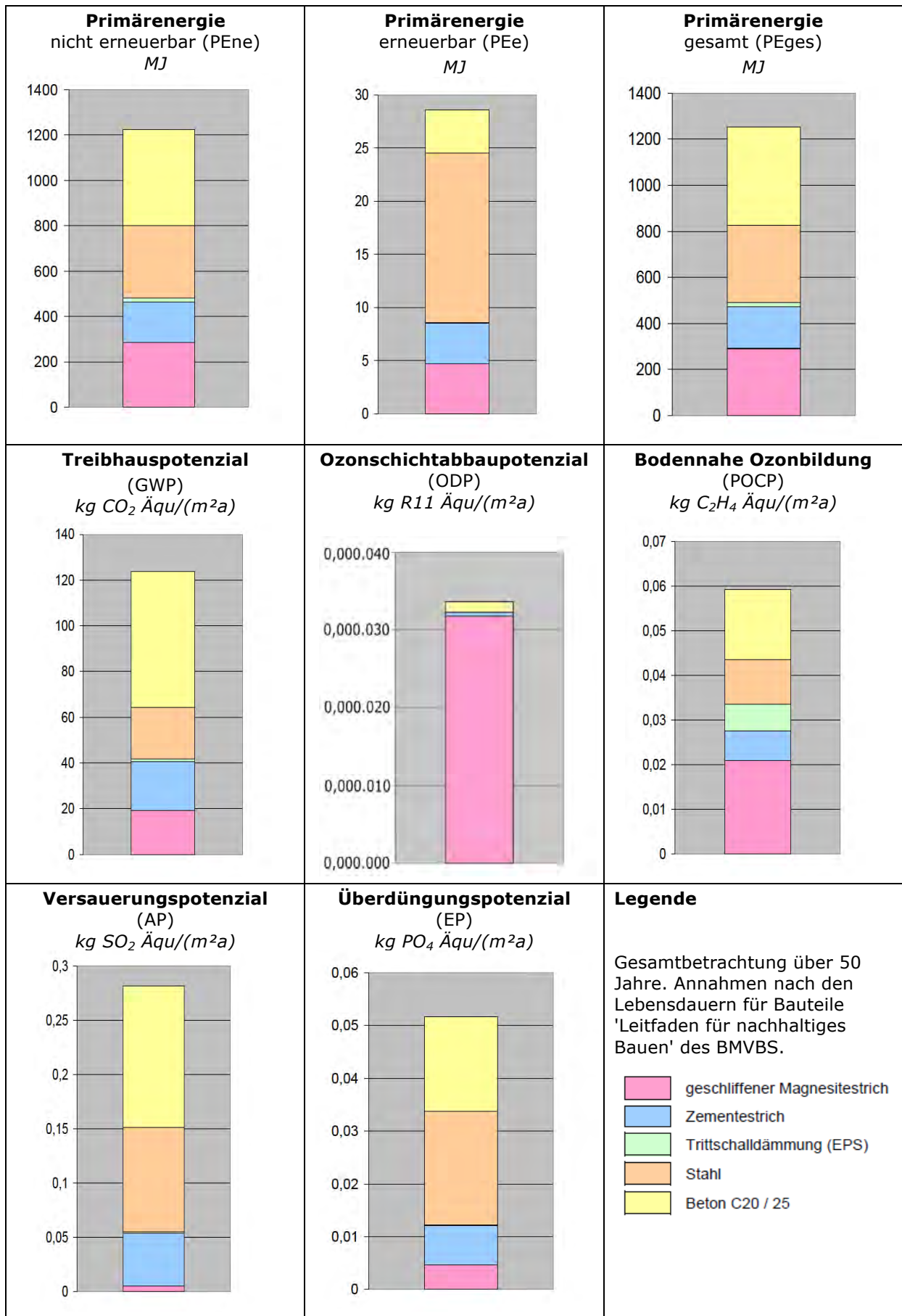
**C Vergleich**

**Wirkbilanzen: Auswirkungen auf die Umwelt**

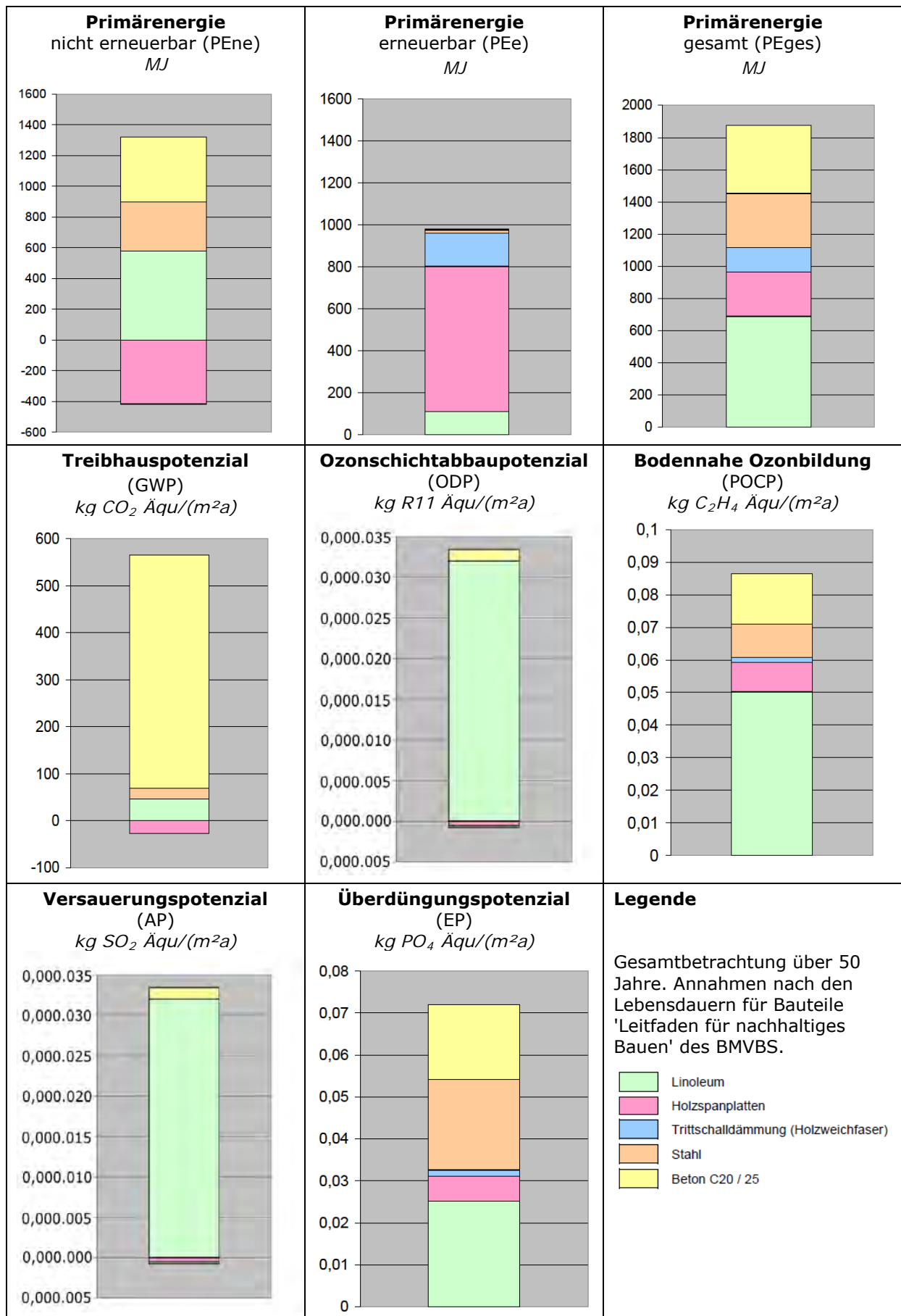
Bei der Wirkbilanz werden mit der alternativen Variante für die Umwelt durchweg deutlich positivere Ergebnisse erzielt als in der gebauten Variante (vgl. Tab. 3.3-7). Beim Treibhauspotenzial ergibt sich für die alternative Variante durch die nachwachsenden Rohstoffe eine Gutschrift für CO<sub>2</sub>-Bindung. Lediglich das Ozonabbaupotenzial ist in beiden Varianten etwa gleich; verantwortlich dafür ist im einen Fall der Magnesitstrich, bei der Alternative mit nachwachsenden Rohstoffen das Linoleum, das durch den dreimaligen Materialwechsel viermal zu Buche schlägt. Der vierfache Erneuerungszyklus des Linoleumbodenbelags wird in seiner sehr ungünstigen Bilanz, durch die Addierung des *end-of-life*-Ergebnisses der Holzweichfaserplatte in großem Maß gemindert.

**Sachbilanzen: Primärenergieverbrauch**

Der Energieverbrauch der Alternative ist mehr als doppelt so hoch. Davon sind allerdings rund ein Drittel erneuerbare Energie, bei der ausgeführten Lösung dagegen lediglich rund 3%. Betrachtet man nur den Verbrauch an nicht erneuerbarer Energie, so wird für die alternative Lösung immer noch etwa 50% mehr verbraucht.



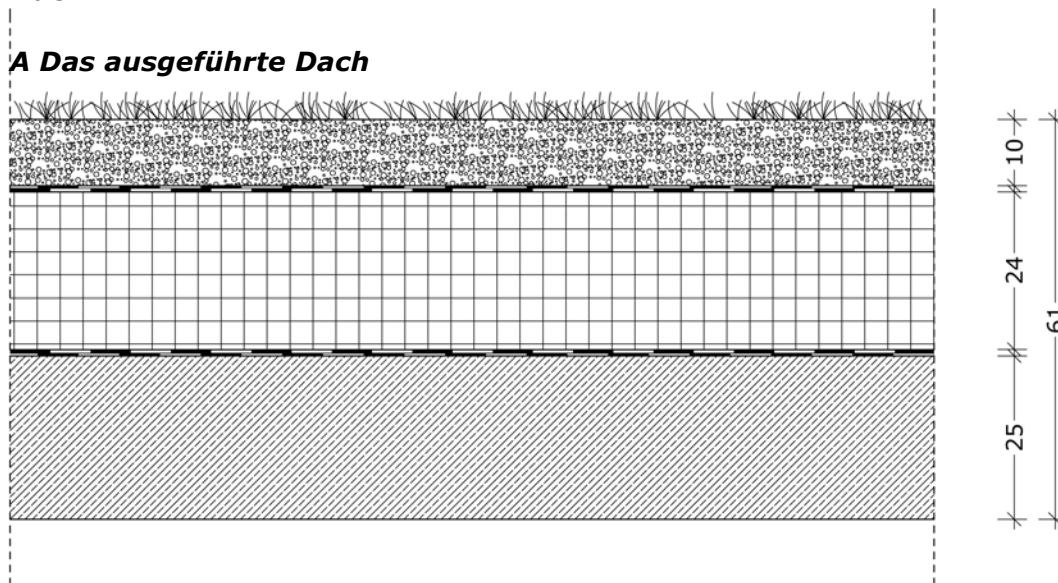
**Abb. 3.3-7: Ökobilanz ausgeführte Geschosdecke**



**Abb. 3.3-8: Ökobilanz Geschossdecke alternativ mit nachwachsenden Rohstoffen**

**Dach**

**A Das ausgeführte Dach**



**Tab. 3.3-8: Dach des Gebäudes, Gründach, Aufbau und Eigenschaften**

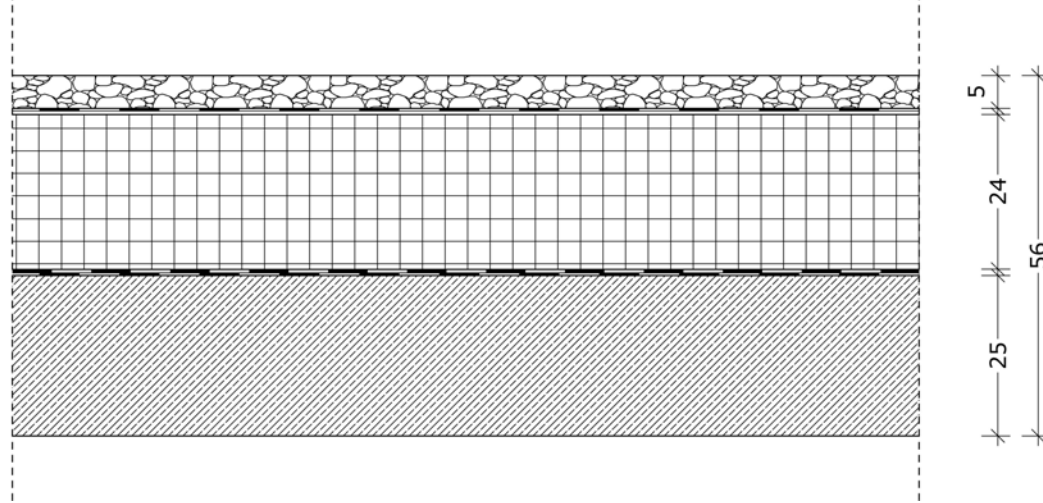
Material	Schichtdicke (m)	Rohdichte (kg/m <sup>3</sup> )	Stoffmasse kg/m <sup>2</sup>	Lebensdauer (a)	Austausch im Lebenszyklus
Vegetationsschicht	0,10	1.400	140,0	30 - 60	1
Schutz- und Drainagevlies		0,3 kg/m <sup>2</sup>	0,3	30 - 60	1
Glasvliesbitumenbahnen		0,6 kg/m <sup>2</sup>	0,6	20 - 40	1
Dachdichtungsbahnen			2,9	20 - 40	1
PS Hartschaum WLG 035	0,24	20	4,8	30 - 60	1
Bitumenschweißbahnen		0,6 kg/m <sup>2</sup>	0,6	30 - 60	1
Bitumenvoranstrich	0,002		2,2	30 - 60	1
Stahl		1.100	16,0	80 - 100	0
Betondecke	0,25	2.000	500,0	80 - 100	0
<b>zusammen</b>	<b>0,592</b>		<b>667,4</b>		

Das Gründach des Zentrums für umweltbewusstes Bauen war als Versuchsdach in situ ausgeführt worden. Um für die zukünftige praxisgerechte Bewertung von Gründächern, die Möglichkeit einer Einbeziehung von Substratschichten und Pflanzenpolstern in die gesetzlich geforderten Nachweise des Wärmeschutzes zu ermöglichen, sollte auf der Grundlage messtechnischer Untersuchungen das thermische und hygrische Verhalten von Bauteilen unter Einbeziehung von Dachbegrünungen bestimmt werden (vgl. Minke 2009).

Betrachtet wird der Aufbau einer extensiven Begrünung mit einer Vegetationsschicht aus einem Mineralstoffgemisch aus Lava-Bims über einem Schutz- und Drainagevlies. Es folgen Glasvliesbitumendachbahnen als Durchwurzelungsschutz und die Dachdichtungsbahnen. Die Wärmedämmung aus Polystyrol-Hartschaumplatten (PS 20 SE, WLG 035) wurde als Gefälledämmschicht ausgeführt mit einer Schichtdicke von im Mittel 24 cm. Darunter liegt die Dampfspererschicht aus Bitumenschweißbahnen V60 S4 auf einem lösungsmittelhaltigen Bitumenvoranstrich.

Der U-Wert des Bauteils liegt bei 0,16 W/(m<sup>2</sup> K).

**B Dach – alternative Ausführung als Kiesdach über Schaumglasdämmung**



**Tab. 3.3-9: Dach des Gebäudes, alternative Ausführung als Kiesdach**

Material	Schichtdicke (m)	Rohdichte (kg/m <sup>3</sup> )	Stoffmasse kg/m <sup>2</sup>	Lebensdauer (a)	Austausch im Lebenszyklus
Kiesschicht	0,050	1.500	75,0	80 - 100	0
Polymerbitumenschweißbahn	0,0042	0,170 kg/m <sup>2</sup>	0,17	15 - 30	3
Spezialbitumen Excel HR FE	0,004	0,190 kg/m <sup>2</sup>	0,19	15 - 30	3
Schaumglas	0,240	115	27,6	50 - 80	0
Bitumenschweißbahn GV3	0,004	0,600 kg/m <sup>2</sup>	0,6	50 - 80	0
Bitumenvoranstrich	0,002	1.100	2,2	50 - 80	0
Stahl	0		16,0	80 - 100	0
Betondecke	0,250	2.000	500,0	80 - 100	0
<b>zusammen</b>	<b>0,5542</b>		<b>621,76</b>		

Als alternative Variante wird statt dem Gründach ein Kiesdach betrachtet. Die Dämmung wird statt mit EPS Hartschaum, mit Schaumglas ausgeführt. Die Schaumglasdämmung hat für die Bilanz zur Folge, dass den darunterliegenden Bauteilschichten eine längere Lebensdauer zugeordnet werden kann. Die Dachdichtung unter der Kiesschicht ist eine hochelastische und extrem dehnfähige Polymerbitumen-Schweißbahn aus ALPA-Spezialbitumen, vergütet mit Kunststoffeinsätzen aus Styrol-Butadien-Styrol und Polyolefinen (Produkt EXCEL 1000 D, des Herstellers Axter); die Trägereinlage besteht aus Polyestervlies 170 g/m<sup>2</sup>. Die Dachdichtungsbahn wird mit Spezialbitumen, vergütet mit Kunststoffzusätzen aus Polyolefinen und Styrol-Butadien-Styrol (Produkt EXCEL HR FE des Herstellers Axter) mit der 24 cm starken Schaumglasdämmung verschweißt. Darunter liegt die Dampfspererschicht aus Bitumenschweißbahn GV3 (günstig wegen der geringen Materialdicke) über der mit lösemittelhaltigem Kaltbitumen vorgestrichenen Stahlbetondecke.

Der U-Wert des Bauteils liegt wie bei der ausgeführten Lösung bei 0,16 W/ (m<sup>2</sup> K).

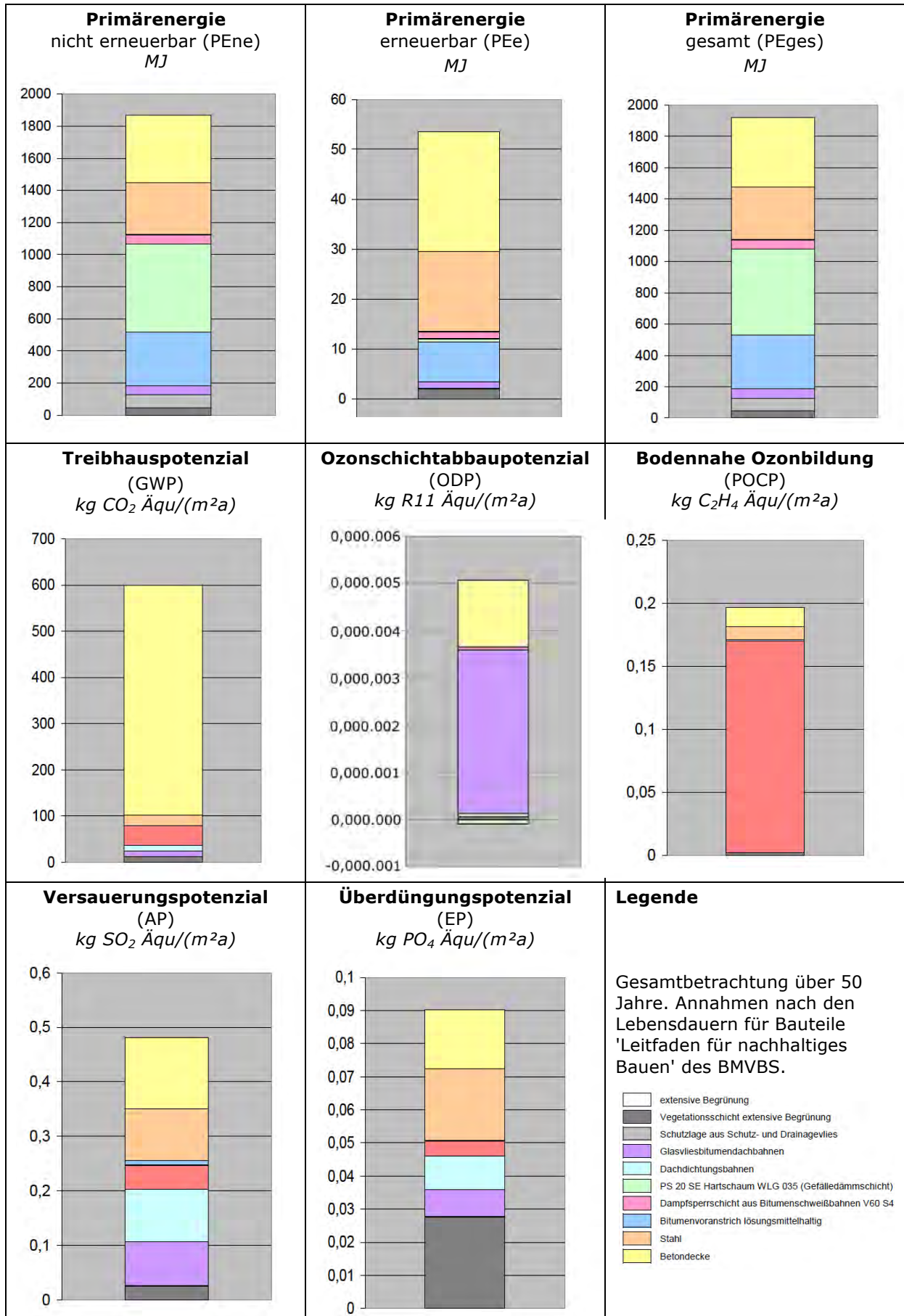


Abb. 3.3-9: Ökobilanz des ausgeführten Gründachs



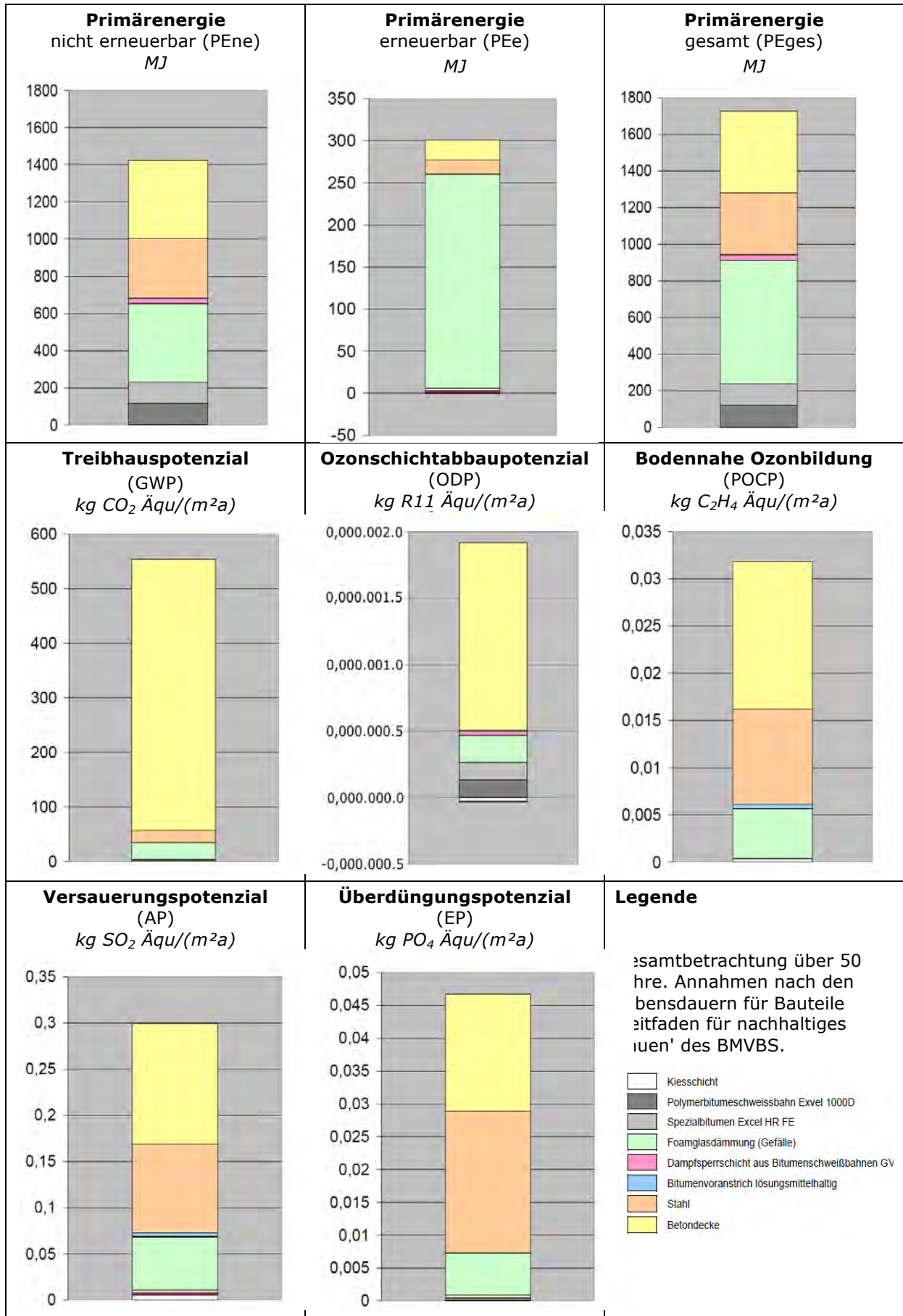


Abb. 3.3-10: Ökobilanz alternativer Dachaufbau mit Kiesschicht und Schaumglas

### C Vergleich

**Tab. 3.3-10: Wirk- und Sachbilanzdaten der Dachalternativen (pro Jahr)**

	DA1 Grün	DA2 Kies	Dimension
<b>GWP</b>	11,97	11,08	kg CO <sub>2</sub> Äquivalent / (m <sup>2</sup> x a)
<b>ODP</b>	0,000.000.099	0,000.001.88	kg R11 Äquivalent / (m <sup>2</sup> x a)
<b>POCP</b>	0,003.9	0.000.636	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Äquivalent / (m <sup>2</sup> x a)
<b>AP</b>	0.009.6	0,006	kg SO <sub>2</sub> Äquivalent / (m <sup>2</sup> x a)
<b>EP</b>	0,001.8	0,000.934	kg PO <sub>4</sub> Äquivalent / (m <sup>2</sup> x a)
<b>PEges</b>	38,43	34,06	MJ / (m <sup>2</sup> x a)
	10,68	9,47	kWh / (m <sup>2</sup> x a)
<b>PEe</b>	1,07	6,01	MJ / (m <sup>2</sup> x a)
	0,30	1,67	kWh / (m <sup>2</sup> x a)
<b>PEne</b>	37,36	28,05	MJ / (m <sup>2</sup> x a)
	10,38	7,8	kWh / (m <sup>2</sup> x a)

#### Wirkbilanzen: Auswirkungen auf die Umwelt

Bei beiden Varianten der Dachausführung ist die schwere Stahlbetondecke gleich, entscheidend für die Unterschiede sind daher die unterschiedlichen Schutz- und Dichtungsschichten. Während bei der ausgeführten Variante der Aufbau auf dem Stahlbetondach im Betrachtungszeitraum einmal komplett zu erneuern ist, ist bei der Kiesdachvariante zwar nur die auf die Schaumglasdämmung aufgeschweißte Dichtungsschicht zu ersetzen, dies aber dreimal.

Während das Treibhauspotenzial bei beiden Varianten etwa gleich ist, hat das Kiesdach ein etwa 20-mal größeres Ozonschichtabbaupotenzial. Das Potenzial zur Bildung von Photooxidantien, zur Versauerung und zur Eutrophierung ist dagegen bei dem realisierten Gründach jeweils erheblich größer, nämlich sechsmal, anderthalbmal bzw. doppelt so groß.

#### Sachbilanzen: Primärenergieverbrauch

Der Energieverbrauch insgesamt ist bei beiden Ausführungen etwa gleich. Bei der alternativen Kiesdachvariante ist allerdings ein etwa 6-facher Anteil erneuerbarer Energie enthalten. Dabei fällt der Energieaufwand für die Dämmschicht in beiden Fällen (Polystyrol-Hartschaum und Schaumglas mit etwa 600 bzw 650 MJ) etwa in gleicher Größenordnung ins Gewicht wie der für die Stahlbetondecke. Schaumglas wird jedoch mit 250 MJ erneuerbarer Energie erzeugt, Polystyrol-Hartschaum jedoch ausschließlich mit nicht erneuerbarer Energie.

### Zusammenfassende Betrachtung

Insgesamt schneidet das ZUB bei der Ökobilanzierung sehr gut ab, nur der Wert des Kriteriums Treibhauspotenzial liegt über dem Zielwert der DGNB (Tab. 3.3-11). Dies ergibt sich daraus, dass der Anteil der erneuerbaren Energie am errechneten Gesamtverbrauch an Primärenergie relativ gering ist. Aufgrund des anspruchsvollen Energiekonzeptes unterschreitet der Gesamtbedarf zwar den DGNB-Zielwert, der Anteil erneuerbarer Energie liegt jedoch mit 5% deutlich unter dem Zielwert von 20%.

**Tab. 3.3-11: Ökobilanzierung ZUB gesamt**

	Potenzial	Einheit	ZUB gesamt 50a	ZUB gesamt 50a (t; GJ)	1/(m <sup>2</sup> a)	Zielwert DGNB
<b>GWP</b>	Treibhaus	kg CO <sub>2</sub> -Equiv. / (m <sup>2</sup> *a)	2.591.938	2.591,9	29,930	26,06
<b>ODP</b>	Ozonabbau	kg R11-Equiv. / (m <sup>2</sup> *a)	0,16	0,000.156	0,000.001.8	- *
<b>POCP</b>	Photochemische Oxidantienbildung	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Equiv. / (m <sup>2</sup> *a)	493,6	0,493.62	0,005.7	- *
<b>AP</b>	Versauerung	kg SO <sub>2</sub> -Equiv. / (m <sup>2</sup> *a)	5.109,4	5,1	0,059	0,08
<b>EP</b>	Eutrophierungspotenzial	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -Equiv. / (m <sup>2</sup> *a)	1.212,4	1,2	0,014	0,05
<b>PE<sub>ges</sub></b>	Primärenergiebedarf gesamt	MJ / (m <sup>2</sup> *a)	31.593.412	31.593,4	364,82	
		kWh / (m <sup>2</sup> *a)	9.653.302	9.653,3	111,47	
<b>PE<sub>e</sub></b>	Primärenergiebedarf, erneuerbar	MJ / (m <sup>2</sup> *a)	1.431.498	1.431,5	16,53	- *
		kWh / (m <sup>2</sup> *a)	397.494	397,5	4,59	
<b>PE<sub>ne</sub></b>	Primärenergiebedarf, nicht erneuerbar	MJ / (m <sup>2</sup> *a)	30.161.914	30.161,9	348,29	- *
		kWh / (m <sup>2</sup> *a)	9.215.972	9.216,0	106,42	

Betrachtungszeitraum 50 Jahre; Gesamtfläche 1.732 m<sup>2</sup> (NGF); \* Zielwert in der Pilotphase noch nicht definiert  
Quelle: Eßig CONSENSE 2009

**Anmerkungen:** Potenziale s. Tab. 3.3-12

**Tab. 3.3-12: Übersicht Ökobilanzwerte der untersuchten Bauteile**

		AW1 Stahlbeton	AW2 Ziegel	DE1 Magnesit	DE2 Linoleum	DA1 Grün	DA2 Kies
<b>GWP</b>	kg CO <sub>2</sub> -Äqu/ (m <sup>2</sup> x a)	3,12	3,08	2,47	- 0,5526	11,97	11,08
<b>ODP</b>	kg R11-Äqu/ (m <sup>2</sup> x a)	0,048 E-06	0,335 E-06	6,73 E-07	6,52 E-07	0,099 E-06	1,88 E-06
<b>POCP</b>	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu/ (m <sup>2</sup> x a)	5,348 E-03	2,995 E-03	59,1 E-03	1,73 E-03	3,90 E-03	0,636 E-03
<b>AP</b>	kg SO <sub>2</sub> -Äqu/ (m <sup>2</sup> x a)	7,998 E-03	22,26 E-03	281,4 E-03	11,4 E-03	9,6 E-03	6,0 E-03
<b>EP</b>	kg PO <sub>4</sub> -Äqu/ (m <sup>2</sup> x a)	1,02 E-03	2,43 E-03	52,0 E-03	1,44 E-03	1,8 E-03	0,934 E-03
<b>PEges</b>	MJ/(m <sup>2</sup> x a)	35,72	78,04	25,04	57,14	38,43	34,06
	kWh	9,93	21,68	6,96	15,88	10,68	9,47
<b>PEe</b>	MJ/(m <sup>2</sup> x a)	1,22	65,27	0,57	19,57	1,07	6,01
	kWh	0,34	18,13	0,16	5,44	0,30	1,67
<b>PEne</b>	MJ/(m <sup>2</sup> x a)	34,51	12,77	24,47	37,57	37,36	28,05
	kWh	9,59	3,55	6,8	10,44	10,38	7,8

(1 E-06 kg = 0,001 g = 1 mg (Milligramm); 1 E- 3 kg = 1 g)

**Anmerkungen:**

**C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>**, Ethen (Äthen, Ethylen, Äthylen), ein ungesättigter Kohlenwasserstoff, ist ein farbloses Gas.

**R 11**, CFCl<sub>3</sub> (Freon 11, Trichlorfluormethan, Trichlormonofluormethan, Fluortrichlormethan, Monofluortrichlormethan) nicht brennbare Flüssigkeit bzw. oberhalb 23,6 Grad C nicht brennbares Gas; schwer löslich in Wasser, sehr leicht flüchtig, umweltgefährlich.

**SO<sub>2</sub>**, Schwefeldioxid, ist das Anhydrid der Schwefligen Säure H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>. Schwefeldioxid ist ein schleimhautreizendes giftiges Gas. Es ist sehr gut (physikalisch) wasserlöslich und bildet mit Wasser in sehr geringem Maße schweflige Säure. Es entsteht vor allem bei der Verbrennung von schwefelhaltigen fossilen Brennstoffen wie Kohle oder Erdölprodukten, die bis zu 4 Prozent Schwefel enthalten. Es trägt erheblich zur Luftverschmutzung bei und verursacht **sauren Regen**. Dabei wird das Schwefeldioxid zunächst von Sauerstoff zu Schwefeltrioxid oxidiert und dann mit Wasser zu Schwefelsäure (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) umgesetzt.

**PO<sub>4</sub>**: Phosphate sind Salze und Ester der ortho-Phosphorsäure. Das Anion PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, sowie seine Kondensate (Polymere) und Phosphorsäureester werden Phosphate genannt. Phosphate werden vor allem als Dünger eingesetzt. Durch Erosion von landwirtschaftlichen Flächen gelangen sie an Tonminerale gebunden in Flüsse und Seen und können dort zur **Eutrophierung** beitragen.

	<b>Wirkungen</b>	<b>Dimension</b>
GWP	Treibhauspotenzial	kg CO <sub>2</sub> -Äquivalent
ODP	Ozonabbaupotenzial	kg R11-Äquivalent (R11 = CFCl <sub>3</sub> )
AP	Versauerungspotenzial	kg SO <sub>2</sub> -Äquivalent
EP	Eutrophierungs- / Überdüngungspotenzial (EP)	kg PO <sub>4</sub> -Äquivalent
POCP	Photooxidantienbildungspotenzial	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äquivalent
PE ges	Primärenergie gesamt	MJ/(m <sup>2</sup> x a) / kWh
PE e	Primärenergie erneuerbar	MJ/(m <sup>2</sup> x a) / kWh
PE ne	Primärenergie nicht erneuerbar	MJ/(m <sup>2</sup> x a) / kWh

Die kumulierten Werte der einzelnen betrachteten Bauteile dienen nur dem unmittelbaren Vergleich. Zu bedenken ist auch, dass die Alternativen nur zu Vergleichszwecken gewählt wurden und nicht ohne weiteres auch so ausgeführt werden können. Der Aufbau der ausgeführten Geschossdecke z.B. mit doppelter Estrichschicht und eingelegtem Rohrleitungssystem der Bauteilaktivierung ist mit den nachwachsenden Rohstoffen aus Holzfasern so nicht realisierbar.

### 3.3.5 Wasser und Abwasser

Besondere Maßnahmen zur Verringerung des Trinkwasserverbrauchs waren bei der Planung des Gebäudes nicht vorgesehen gewesen. Entsprechend wurden beim ZUB Gebäude lediglich 3 von 10 möglichen Punkten der DGNB-Bewertung erreicht.

Errechnet wurde ein Wassergebrauchskennwert von 416 m<sup>3</sup>/a (Summe von Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen), gegenüber einem spezifischen Zielwert für das ZUB Gebäude von 140 m<sup>3</sup>/a.

In die Kanalisation eingeleitetes Regenwasser wurde mit 144 m<sup>3</sup>/a veranschlagt. Positiv wirkte sich dabei eine Verringerung der Abflussmenge durch Verdunstung aus, die sich mit der Rückhaltung auf dem Gründach (s. u. 3.3.7) ergibt. Dadurch wird die von dieser Dachfläche ansonsten in den Kanal zu leitende Abflussmenge etwa halbiert. Könnte das gesamte Niederschlagswasser auf dem Grundstück, z.B. in Rigolen, versickert werden, was den Wassergebrauchskennwert entsprechend auf 362 m<sup>3</sup>/a reduzieren würde, hätten dafür 4 Punkte vergeben werden können.

Effizientere Armaturen und Sanitärobjekte<sup>3</sup> würden den Wassergebrauchswert weiter auf 286 m<sup>3</sup>/a verringern, beide Maßnahmen zusammen auf 194 m<sup>3</sup>/a.

### 3.3.6 Abfallbeseitigung und Recycling

Für den Neubau des ZUB wäre ein Abfallmanagement für die Herrichtung des Grundstücks, Aushub der Baugrube und für die Beseitigung der Baurestmassen (Verpackung, Bruch, Verschnitt) während des Bauprozesses für eine optimale Bewertung erforderlich gewesen. Mit dem Abfallmanagement soll erreicht werden, dass die sachlichen Voraussetzungen auf der Baustelle für eine möglichst weitgehende sortenreine Trennung geschaffen werden. Die am Bauprozess Beteiligten sind in diese Aufgaben einzuweisen und die Materialtrennung ist durch die Bauleitung zu überwachen (Steckbrief 48 / 2009).

Für den Bauprozess des ZUB Gebäudes, bei dem an Zertifizierung noch nicht zu denken war, waren für Abfallbeseitigung und Recycling keine über gesetzliche Regelungen hinausgehende besonderen Maßnahmen bei der Ausschreibung der Bauleistungen vorgegeben bzw. mit den ausführenden Unternehmen vereinbart worden. Entsprechend konnten hier, wie bei der Mehrzahl der anderen die Prozessqualität betreffenden Kriterien bei der Zertifizierung keine Punkte erzielt werden.

### 3.3.7 Gründach

#### Positive Umweltauswirkungen

Der größere Teil des Daches wurde als Gründach ausgebildet. Die auf der Fläche eines Gründachs die anfallende Regemenge wird nur etwa zur Hälfte an die Kanalisation weitergeleitet, die andere Hälfte wird Verdunstung an die Umgebung abgegeben. Vorteilhaft ist auch die Speicherfähigkeit des Gründaches: Bei Regen nimmt die Substratschicht zunächst Wasser auf, und erst, wenn ihre Aufnahmefähigkeit erreicht ist, wird es – mit Verzögerung – an die Kanalisation weitergeleitet. Das Gründach trägt so zur Entlastung der Kanalisation bei Spitzenabflüssen bei und beeinflusst durch die Verdunstung das Mikroklima positiv.

<sup>3</sup> Sparsamere Anschlusswerte z.B.: Urinal 1 l je Spülung, WC 6l je Spülung, WC Spartaste 3 l je Spülung Handwaschbecken 0,1 l/s, Küchenspüle 0,1 l/s



Quelle: ZUB, [www.zub-kassel.de/projekte/projekt-gruendach-2007/fotos](http://www.zub-kassel.de/projekte/projekt-gruendach-2007/fotos)

**Abb. 3.3-11: Die Versuchsfelder auf dem ZUB Gebäude, rechts die Messfühler**

Mit seinen Auswirkungen auf Mikroklima<sup>4</sup> und Abwassermenge wirkt sich das Gründach positiv auf die Nachhaltigkeitsbewertung aus; der auf dem Dach geschaffene Grünbereich kann zudem als Ausgleichsfläche bei der Flächeninanspruchnahme berücksichtigt werden (Steckbriefe 9, 14 und 15).

Dagegen sind die positiven Einflüsse von Gründächern auf den winterlichen und sommerlichen Wärmeschutz bei der Bewertung außer Betracht geblieben. Das entspricht den geltenden technischen Regeln für die thermische Bewertung von Gebäuden; auch wenn die Einflüsse von Gründächern auf den Wärmefluss durch Einzelmessungen belegt sind, darf ein Einfluss von Gründächern bei der Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden nicht berücksichtigt werden.

### **DBU Forschungsprojekt Gründach am ZUB**

Um die wissenschaftlichen Voraussetzungen zu schaffen, den Beitrag von Substratschichten zum sommerlichen wie winterlichen Wärmeschutz zu ermitteln, waren 2007 bis 2009 am Gebäude des ZUB messtechnische Untersuchungen zum thermischen und hygrischen Verhalten von Bauteilen unter Einbeziehung von Dachbegrünungen im Rahmen eines von der Deutschen Bundesstiftung Umweltschutz geförderten Forschungsvorhabens: "Ermittlung des Wärmedämmverhaltens von Gründächern" durchgeführt worden (Minke/Otto/-Gross 2009).

Der Untersuchungsaufbau bestand aus 6 Feldern, eines davon als Referenzfeld ohne Begrünung, die anderen 5 mit unterschiedlichen handelsüblichen Substraten und unterschiedlichen Schichtdicken. Bei der Untersuchung ergab sich im Winter ein gegenüber dem Referenzwert um 19% geringerer Transmissionswärmeverlust, im Sommer wurden maximale Temperaturdifferenzen zwischen Luft und Unterkante Substrat von 10° K gemessen. Damit wurden frühere Messungen bestätigt, weitere Untersuchungen sind jedoch erforderlich, um die Effekte verallgemeinerbar und damit rechenbar zu machen.

<sup>4</sup> DGNB Kriteriensteckbrief Mikroklima; der Steckbrief ist jedoch in der Version NBV09-09 nicht aktiv.

### 3.4 Projekt „Greentowers“ - Modernisierung der Unternehmenszentrale der Deutschen Bank AG, Frankfurt am Main

#### 3.4.1 Das Gebäude



Fotos: Deutsche Bank AG

<b>Kurzportät</b>	<b>„Greentowers“ Sanierung der Unternehmenszentrale der Deutschen Bank AG, Frankfurt am Main</b>
<b>Bauwerk</b>	Viergeschossiger Sockelbau, darüber zwei separate Hochhaustürme
Nutzung	Bürogebäude, Konzernzentrale der Deutschen Bank
Lage	Innenstadt, Anlagenring, Westend
Standort	Taunusanlage 12, 60325 Frankfurt am Main
Grundstücksfläche	13.021 m <sup>2</sup>
Lage	Innenstadt, Anlagenring, Westend
Baujahre	1979-1984, Eröffnung: Februar 1985
Entwurf	ABB Architekten, Frankfurt am Main, Walter Hanig, Heinz Scheid, Johannes Schmidt
Tragwerksplanung	BGS Ingenieursozietät, Frankfurt am Main
Höhe	155 m, 28 Aufzüge
Geschosse OG / UG	4 Sockelgeschosse + 36 OG in Turm West (B) / + 34 OG in Turm Ost (A) / 3 Untergeschosse als Tiefgarage
Standort	Taunusanlage 12, 60325 Frankfurt am Main
Geschossflächen	121.522 m <sup>2</sup> (BGF) / 102.000 m <sup>2</sup> (NGF) / 75.093 m <sup>2</sup> vermietbare Fläche
Bruttorauminhalt	490.000 m <sup>3</sup> (lt. Bauantrag)
A/V-Verhältnis	0,21 (lt EnEV-Berechnung)

<b>Baumaßnahme</b>	Grundsanierung, Erfüllung von Brandschutzaufgaben, Erhöhung der Flächeneffizienz, Verbesserung der Umweltbilanz, architektonische Neugestaltung
Bauherr	Deutsche Bank AG
Bauzeit Sanierung	2007-2011, Eröffnung: Februar 2011
Architekten Sanierung	Design Architect: MBA Mario Bellini Architects; Mario Bellini, Mailand Technical Architect (Werkplanung und Bauleitung): gmp, von Gerkan, Marg und Partner
Projektsteuerung	Drees & Sommer Projektmanagement und bautechnische Beratung GmbH
Bauausführung	Arbeitsgemeinschaft Lindner/ Imtech Fassade: Josef Gartner GmbH



Karten: © Stadtvermessungsamt Frankfurt am Main, 2009

Zertifizierungen	LEED, DGNB
Green Building Mgmt.	Drees & Sommer Advanced Building Technologies GmbH

Sanierungskonzept	Bestand	Neuplanung
	Stahlbetontragwerk mit massiven Außenwänden, darüber geschlossene Vorhangsfassade mit Glastafeln	Rückbau des Gebäudes bis auf das Tragwerk; hochwärmege- dämmte Außenflächen, Gründä- cher
Fundament	Stahlbetonplatte, 4.660 m <sup>2</sup> , 4 bis 2,5 m dick; Gründungstiefe ca. 13 m unter Gelände	unverändert
Tragwerk	Stahlbeton	unverändert
Decken	Stahlbeton	unverändert
Dach	Gründach / Schwarzdach	Gründach
Außenwände	Stahlbeton (tragend) mit Vorhang- wand, Glaselemente	Tragstruktur blieb erhalten; Fenster in der Fassade mit 3- Scheiben Wärmeschutzverglä- sung; neu: individuell zu öffnen für freie Lüftung
Innenwände	Gipskartonwände / Systemwände	Gipskartonwände / Systemwände
Fußböden	Doppelboden, Teppichboden u.a.	Doppelboden, Teppichboden u.a.
Wärmeschutz		Unter EnEV 2009
Trinkwasser- einsparung		Wassersparende Installation, Re- gen- und Grauwassernutzung
Regenwasserableitung	Kanalisation	100% Regenwassernutzung

Sanierungsziele	
Heizenergie	67% weniger
Stromverbrauch	55% weniger
CO <sub>2</sub> Emissionen	89% weniger
Wasserverbrauch	74% weniger
Recycling	98% der Materialien



### 3.4.2 Das Bauprojekt

Die Konzernzentrale der Deutschen Bank AG in Frankfurt am Main, ein Hochhaus mit zwei Türmen über einem viergeschossigen Sockelbau, war 1979 bis 1984 nach den Entwürfen von Walter Hanig, Heinz Scheid und Johannes Schmidt, ABB Architekten, Frankfurt am Main, erbaut worden. Über zwanzig Jahre später, 2005, boten veränderte Anforderungen des Brandschutzes Anlass, sich mit dem baulichen Zustand der beiden Türme der Deutschen Bank zu beschäftigen. Die Eingriffe in das Gebäude, die durch die veränderte Brandschutzvorschriften erforderlich geworden waren, waren so erheblich und umfassend, dass sich die Frage stellte, ob es bei der Mängelbeseitigung bleiben sollte oder ob das Gebäude bei dieser Gelegenheit gleich grundlegend saniert werden sollte.



Foto: Deutsche Bank

**Abb. 3.4-1: Erneuerung der Vorhangfassade –  
Arbeitsablauf von oben nach unten**

Eine Abschätzung des baulichen Aufwands für eine Mängelbeseitigung ergab, dass dieser allein für die Brandschutzmaßnahmen kaum geringer gewesen wäre als für eine technische Erneuerung der Gebäudeinfrastruktur.

Daraufhin entschied sich die Deutsche Bank, ihre Türme insgesamt zu sanieren und zusätzlich, auch aus Nachhaltigkeitsüberlegung, technisch auf den neuesten Stand zu bringen. Bei der Sanierung wurde deshalb nicht nur der Brandschutz auf neuesten Stand gebracht, sondern auch die gesamte Klima-, Wasser- und Lichttechnik sowie die Gebäudehülle.

Die Sanierung der Türme kommt nach dem Umfang der Eingriffe in die vorhandene Bausubstanz einem Komplettausbau gleich. Abgesehen von den größeren Eingriffen im Bereich des neuen Foyers und der Technikzentralen blieb letztlich lediglich die massive Betonkonstruktion des Rohbaus von den Umbaumaßnahmen unberührt. Dass diese riesige Rohbaumasse nicht ersetzt werden musste, kann für sich genommen schon als Beitrag zum nachhaltigen Bauen gewertet werden. Dagegen wurde die Vorhangfassade mit ihren charakteristischen spiegelnden Glasflächen vollständig abgetragen und durch eine neue, hochisolierende Dreifach-Verglasung und eine verbesserte Dämmung ersetzt – ohne jedoch das bekannte Erscheinungsbild des Gebäudes zu verändern.

Die Fassade wurde mit Mineralwolle in einer auch wirtschaftlich optimalen Stärke von im Mittel 14 cm sehr gut gedämmt. Eine höhere Dämmstärke war wegen der konstruktiven Gegebenheiten nicht realisierbar. Die Ausführung der Fassadenerneuerung erfolgte von oben nach unten mit sog. Klettermastbühnen; zuerst wurden die oberen Geschosse erneuert und dann stufenweise nach unten weitergearbeitet (s. Abb. 3.4-1).

Die Klimatechnik wurde völlig umgestellt. Medium für die Raumklimatisierung ist nun Wasser anstatt Luft, so dass die Luftzirkulationsrate vom sechs- auf das eineinhalbfache



**Abb. 3.4-2: Büroflächen nach der Sanierung**

Foto: Deutsche Bank

reduziert werden konnte. Die neuen Lüftungsanlagen brauchen dadurch deutlich weniger Strom, Wärme und Kälte.

Neu ist auch, dass nun jedes zweite Fenster geöffnet werden kann. Dafür wurden Parallelausstellfenster mit neu entwickelten Scherenbeschlägen eingebaut, die natürliche Belüftung auch bei Windgeschwindigkeiten von bis zu 180 km/h ermöglicht. Durch die natürliche Luftzirkulation muss weniger Luftmasse mechanisch bewegt werden. Die Behaglichkeit im Raum wird verbessert und die Mitarbeiter können das Raumklima unmittelbar selbst beeinflussen – ein wichtiger Faktor für das alltägliche subjektive Wohlbefinden in einem Bürogebäude. Die Fenster haben eine hoch wärmeisolierende Dreifach-Verglasung, die zugleich gegen sommerliche Wärmeeinstrahlung schützt.

In der Übergangszeit kann der Betrieb der Klimaanlage deutlich reduziert werden. Die freie Kühlung auf dem Dach wird dann zur Kälteerzeugung genutzt. Im Sommer wird Kälte durch Turbokühler produziert. Der Stromverbrauch für die Kälteerzeugung wird durch die freie Kühlung stark minimiert. Ein energieeffizientes Wärmerückgewinnungssystem reduziert weiter den Energieverbrauch. Durch den Einsatz von Fernwärme für die Lastspitzen wird keine Wärme mehr im eigenen Haus produziert. Die neuen Heiz- und Kühldecken nutzen die Gebäudemasse als Wärmespeicher. Die Aktivierung der Betondecken verbessert spürbar die Effizienz der Klimatechnik. Die kompakte Technik hat zudem ermöglicht, dass die Räume nun eine lichte Höhe von 3,0 m statt vorher 2,65 m haben, was gleichzeitig zur Verbesserung der Behaglichkeit beiträgt.

Der besondere und kaum rechtwinklige Grundriss der Regeletagen in beiden Bürotürmen stellte sowohl Ingenieure und Architekten bei der Detailplanung als auch die Handwerker bei der Umsetzung vor einige Herausforderungen. Erschwerend kam bei der Planung hinzu, dass durch die Gegebenheiten der vorgefundenen Rohbaukonstruktion früher übliche größere Maßtoleranzen beim Ausbau zu berücksichtigen waren. Ein halbes Geschoss wurde daher als Musteretage ausgebaut und alle Details wurden im Maßstab 1:1 auf Realisierbarkeit und Erscheinungsbild hin überprüft; Ziel war es, hieraus einen industrialisierten Ausbauprozess für die 57 Regeletagen zu entwickeln, der ohne größeren Raumverlust eine Anpassungsfähigkeit an die zu berücksichtigenden Toleranzen gewährleistete.

Mit den Rückbaumaßnahmen wurde Ende 2007 begonnen. Alle rund 2.400 Mitarbeiter wurden während der Umbaumaßnahmen an drei anderen Standorten in Frankfurt untergebracht. Am 24. Februar 2011 wurden die „Neuen Deutsche Bank-Türme“ offiziell wiedereröffnet - fast auf den Tag genau 26 Jahre nach der Eröffnung des damals neu errichteten Bankgebäudes. Heute sind über 2.800 Mitarbeiter in den Türmen tätig, wobei das Gebäude bis zu 3.000 Mitarbeiter aufnehmen kann.

Viel Nutzfläche wurde beim Umbau gewonnen, vor allem weil weniger Fläche für die Technikzentralen benötigt wird. Durch die platzsparende effizientere Heizungs- und Lüftungstechnik wurden über 850 m<sup>2</sup> zusätzliche Bürofläche gewonnen. Auch das neue von der Bank entwickelte Arbeitsplatzkonzept „db New Workplace“ führt zu einer effizienteren und flexibleren Nutzung der Flächen. Die darauf abgestimmte und mit der Industrie neu entwickelte Arbeitsplatzausstattung (Möbiliar, IT, Software) sowie die moderne Infrastruktur bieten optimale Arbeitsbedingungen.

### Was wurde an Umweltentlastung erreicht?

Die Selbstverpflichtung der Deutschen Bank zur Nachhaltigkeit beinhaltet das Ziel, die weltweiten Geschäftsaktivitäten bis 2013 vollständig klimaneutral zu betreiben.

Ein großer Teil der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Bank ist auf Energieverbrauch zurückzuführen. Entsprechend will die Bank die Energieeffizienz ihrer Gebäude in den nächsten Jahren kontinuierlich verbessern. Durch die konsequente Umsetzung eines „Green-Building“-Ansatzes entstand im Rahmen der größten Gebäudesanierung Europas eines der umweltfreundlichsten Hochhäuser der Welt – ein globales Vorbild für ein ökologisch nachhaltiges Bürogebäude. Ergebnis der Sanierung ist ein nachhaltiger Beitrag zur Umweltentlastung (s. Abb. 3.4-3).



<sup>1)</sup> Bezogen auf die Primärenergie | 55% durch Reduzierung des Verbrauchs | 34% durch Strom aus erneuerbaren Quellen

Quelle: Deutsche Bank

**Abb. 3.4-3: Ergebnis der Sanierung: ein nachhaltiger Beitrag zur Umweltentlastung**

### 3.4.3 Zertifizierung

#### Zertifizierung durch LEED

Mit der Entscheidung für eine umfassende nachhaltige Sanierung der Türme, wollte die Bank gleichzeitig die Ergebnisse messbar machen und das Gebäude nach dem LEED Standard für Neubauten und Komplett-sanierungen (*New Construction and Major Renovation*) zertifizieren lassen. Bei der Überprüfung der zu erfüllenden Voraussetzungen zeigte sich, dass dies in vielerlei Hinsicht mit ökonomischen und ökologischen Vorteilen verbunden sein würde. Deshalb wurden bereits bei der Planung der Sanierung die Kriterien nach LEED berücksichtigt, mit dem Ziel, die höchste Bewertungsstufe, Platin, zu erreichen.

#### Zertifizierung durch die DGNB

Die Entscheidung für LEED fiel in die Zeit, als die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) ins Leben gerufen wurde, mit dem Ziel nachhaltiges Bauen zu fördern und auch in Deutschland ein Zertifizierungssystem aufzubauen. Die Deutsche Bank war daran von Anfang an beteiligt und gehörte im Dezember 2007 mit zu den Gründungsmitgliedern. Deshalb sollten die Türme auch nach diesem neuen deutschen Gütesiegel zertifiziert werden.

Zunächst wurde ein Vorzertifikat bei der DGNB beantragt. Vorzertifikate vergibt die DGNB für Gebäude, die sich noch im Planungs- oder Realisierungsstadium befinden. Voraussetzung ist, dass der Bauentwurf fertig ist und die Bauantragsunterlagen ausgearbeitet sind. Mit den Bauantragsunterlagen liegen die energetischen Berechnungen nach EnEV vor, die zugleich Grundlage für die Berechnung der unterschiedlichen Ökobilanzkriterien sind. Die Deutsche Bank erhielt am 25. Juni 2009 ein Vorzertifikat der DGNB in Gold für die Modernisierung ihrer Doppeltürme.

**Tab: 3.4-1: DGNB Objektbewertung für das Projekt „Greentowers“, Frankfurt am Main; Bewertung der Hauptkriteriengruppen**

Hauptkriterien-gruppen	Anteile	Erfüllungsgrad Vorzertifikat	Erfüllungsgrad	Note	Medaille
<b>Gesamtbewertung</b>	<b>100%</b>	<b>82,75%</b>	<b>84,7%</b>	<b>1,34</b>	<b>Gold</b>
Ökologische Qualität	22,5%	86%	81,5%	1,45	Gold
Ökonomische Qualität	22,5%	74%	92,6%	1,08	Gold
Soziokulturelle und Funktionale Qualität	22,5%	88%	86,3%	1,29	Gold
Technische Qualität	22,5%	78%	75,4%	1,65	Silber
Prozessqualität	10,0%	94%	91,2%	1,13	Gold
Standortqualität		78%	84,7%	1,34	Gold

Anmerkung: Erfüllungsgrad über 80% Gold, 65 bis 79 % Silber; 50 bis 64 % Bronze

Quelle: Deutsche Bank

Die abschließende Zertifizierung durch die DGNB erfolgte Anfang 2011. Maßgebend war das Nutzungsprofil „Komplett-sanierung Büro- und Verwaltungsgebäude“, Version 2008<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Für die Zertifizierung einer Komplett-sanierung müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein: 80 Prozent der Nettogrundfläche müssen modernisiert/erneuert werden, die Gebäudetechnischen Anlagen müssen modernisiert/erneuert werden, 80 Prozent des Primärtragwerks bleiben erhalten.

Am 16.02.2011 wurde das Zertifikat erteilt, das erste nach dem Nutzungsprofil „Komplettsanierung“.

Die Urkunden der Zertifikate LEED-Platin und DGNB-Gold wurden bei der Wiedereröffnung der „Neuen Deutsche Bank-Türme“ am 24. Februar 2011 von Scot Horst (Senior Vice President des USGBC) und Prof. Manfred Hegger (Präsident der DGNB) überreicht.

### **Zertifizierung und Planungsprozess**

Die DGNB – wie auch andere Organisationen, die nachhaltiges Bauen zertifizieren (z.B. HQE, ADEME 2004) - versteht ihr Gütesiegel nicht allein als Ausweis eines hohen Standards in Bezug auf Umweltentlastung, ökonomische Effizienz, sozialen Nutzen und Funktionstüchtigkeit des Gebäudes für seine immobilienwirtschaftliche Bewertung, sondern auch als Rückgrat eines Verfahrens zur Entwicklung zukunftsfähiger Gebäude, das auf integrale Planung, Transparenz, Dokumentation und Kosteneffizienz über den Lebenszyklus setzt (DGNB 2009). Somit haben solche Zertifizierungsverfahren auch einen Einfluss auf einen stringenten und ganzheitlichen Prozess während der Planung und Umsetzung eines solchen Projektes.

### **Erfahrungen bei der DGNB Zertifizierung**

Die umfassende Sanierung der Deutschen Bank-Türme diente als Pilot für die Zertifizierung nach DGNB. Unweigerlich ergab sich bei einzelnen Kriterien Klärungsbedarf zur praktischen Anwendung.

#### *„Brandschutz“ (Kriterium 33 DGNB)*

Beim Brandschutz werden von der DGNB nur 5 von 10 Punkten vergeben, wenn lediglich die gesetzlichen Anforderungen an den Brandschutz erfüllt sind. Zusätzliche Bewertungspunkte gibt es nur, wenn mehr als das gesetzlich Erforderliche getan wird. Solche Maßnahmen, die üblicherweise über die bauordnungsrechtlichen Anforderungen des Brandschutzes hinaus gehen, sind z.B. Sprinkleranlage, Brandschutzmelder, Gaslöschanlagen<sup>2</sup>, zusätzliche Fluchtwege, Simulation der Entfluchtung und Entrauchung.

Bei der Sanierung der Türme wurde dem Brandschutz von Anfang an ein hoher Stellenwert zugemessen. Da die Auflagen der Frankfurter Behörden an den Brandschutz von Hochhäusern ohnehin alle o.g. genannten zusätzlichen Anforderungen umfassen, konnten bei der Zertifizierung der Türme keine zusätzlichen Punkte erreicht werden.

#### *„Risiken für die lokale Umwelt“ / Bauprodukte (Kriterium 6 DGNB)*

Als „Risiken für die lokale Umwelt“ (Kriterium 6 DGNB) werden kritische Inhaltsstoffe von Bauprodukten bewertet (VOC, PU, Epoxidharz Bitumen etc.; s. Abschnitt 1.3.3). Der Nachweis ist über Ökologische Produktdeklarationen (EPDs) bzw. Sicherheitsdatenblätter zu führen. Auch wenn alle Sicherheitsdatenblätter der am Bau verwendeten Produkte vorlagen und durch regelmäßige Prüfungen auf der Baustelle darauf geachtet wurde, dass nichts anderes eingebaut wurde, zeigte sich dieses Verfahren in der Praxis und angesichts der Größe des Projektes als sehr aufwendig.

Um letzte Unsicherheiten in der Verwendung der Bauprodukte auszuschließen und die Schadstofffreiheit der Innenräume nachzuweisen, wurden in großem Umfang Messungen der Innenraumluft durchgeführt. Insgesamt sind knapp 100 Innenraumluftmessungen in allen Nutzungsbereichen - in Einzelräumen wie im Großraum - durchgeführt worden. Die

<sup>2</sup> Gaslöschung ist erforderlich, wo nicht mit Wasser gelöscht werden kann, z.B. in Computerräumen.

Messung der Luftgüte erwies sich als praktikabler Weg zur Dokumentation der Schadstofffreiheit, setzt jedoch voraus, dass während der Messung keine auch nur temporär störenden luftbelastenden Stoffe zusätzlich eingebracht werden.

Nicht nur für die Überwachung auf der Baustelle, auch für die Zertifizierung ist die große Zahl an unterschiedlichen verwendeten Bauprodukten mit einem gewissen Aufwand verbunden. Grundlage der Bewertung ist ein der DGNB übergebener Bauteilkatalog, in dem alle im Gebäude verwendeten Produkte enthalten sind. Die Darstellung der Masse der eingebauten Bauprodukte gestaltet sich jedoch durch Verschnitt und Schwund als sehr schwierig und aufwändig.

Dennoch konnte im Projekt der Deutschen Bank im Kriterium „Risiken für die lokale Umwelt“ gewährleistet werden, dass schadstofffrei gebaut wurde und somit für die späteren Nutzer ein optimales Umfeld geschaffen wurde.

#### *„Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus“ (Kriterium 16 DGNB)*

Bei den gebäudebezogenen Kosten im Lebenszyklus ist u.a. zu bewerten, wie gut Glasflächen für die Reinigung zugänglich sind. Der Unterschied in der Bewertung zwischen leicht und schwer ist mit 1,20 bzw. 2.31 €/m<sup>2</sup> nicht unerheblich, insbesondere bei dem Gewicht von 13,5%, das dem Kriterium in der Gesamtwertung zukommt. Hier war zu entscheiden, ob die Reinigung von Fenstern (und der Fassade) von einer außen vor der Fassade an einer fest installierten Vorrichtung herabhängenden beweglichen Gondel als leicht einzuschätzen ist. Als leicht gilt ansonsten nur die Reinigung der Fenster von innen bzw. von Balkons aus. Bei der Deutschen Bank lag mit der bestehenden Fassadenbefahranlage eine optimale Voraussetzung für die Reinigung vor.

#### *Visueller Komfort (Kriterium 22 DGNB)*

Im Kriterium „visueller Komfort“ konnte durch die Gegebenheiten der vorhandenen tragenden Stahlbetonkonstruktion zwar ein sehr guter Wert erfüllt werden. Jedoch musste man sich an dieser Stelle der Tatsache beugen, dass es sich um keinen Neubau handelt, bei dem alle Voraussetzungen optimal geschaffen werden können.

#### *Rückbaubarkeit, Recyclingfreundlichkeit, Demontagefreundlichkeit (Kriterium 42 DGNB)*

Bei der Demontagefreundlichkeit des Gebäudes konnte nicht die volle Punktzahl erzielt werden, da hier der vorhandene Rohbau der entscheidende Faktor bei der Bewertung der Rückbaumöglichkeit war und nur mit sehr hohem Aufwand demontierbar ist; dafür werden keine Punkte vergeben. Dies ist für den Stahlbetonkern eines Gebäudes dieser Ausmaße an diesem Standort sachlich leicht nachvollziehbar. Wobei dies auch hier eine Gegebenheit durch die Bestandssituation war, welche nicht beeinflusst werden konnte. Die im Unterschied dazu relativ leichte Rückbaubarkeit von Oberdecken, Unterdecken und Innenwänden des Gebäudes konnte dies nur begrenzt ausgleichen. Positiv schlug dagegen der Nachweis des geforderten umfangreiche Recycling- und Entsorgungskonzepts zu Buche.

#### *Prozessqualität (Kriterien 43 bis 51 DGNB)*

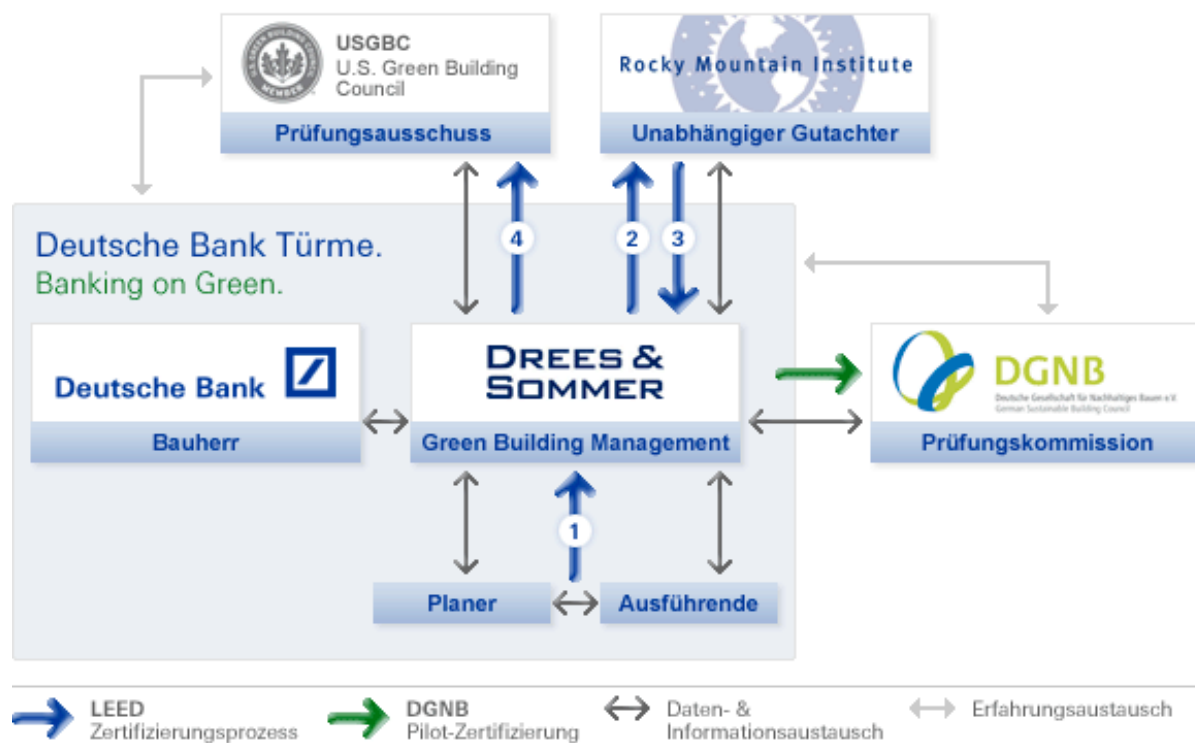
Die Prozessqualität wurde nicht zuletzt wegen der effizienten Organisation der Projektsteuerung erwartungsgemäß gut bewertet. Da die Bauleistungen teilweise bereits vor Gründung der DGNB ausgeschrieben worden waren, konnten die von der DGNB für die Ausschreibung vorgegebenen Kriterien daher nicht in vollem Umfang berücksichtigt werden (Kriterium 46 DGNB „Ausschreibung und Vergabe“). Die für die Unternehmen geforderte Präqualifikation konnte hingegen durchweg nachgewiesen werden, da die Baulei-

stungen vorwiegend an leistungsfähige Firmen vergeben wurden; entsprechend gab es hierfür sehr hohe Bewertungen (Kriterium 49 DGNB „Präqualifikation der ausführenden Firmen“).

Zu guter Letzt gab es bei der Prozessqualität maximale Punktzahl für die „systematische Inbetriebnahme“ des Gebäudes (Kriterium 51 DGNB); dies war nicht zuletzt auf den angewendeten Deutsche Bank Standardprozess für Testing & Commissioning zurückzuführen.

### Besonderheiten der LEED Zertifizierung

Das LEED Bewertungssystem vom US-amerikanischen U.S. Green Building Council wurde auf Grundlage von US-Normen und -Produkten entwickelt und somit ergaben sich bei einer Reihe von Kriterien aufgrund unterschiedlicher Bedingungen bei den Umweltstandards und bei der Verfügbarkeit von Bauprodukten in Deutschland spezifische Herausforderungen. Da alle Projektbeteiligten noch über wenig Erfahrung mit den Besonderheiten des LEED-Zertifizierungsprozesses verfügten, entschied sich die Bank für eine Begleitung des Projekts durch einen erfahrenen Experten (s. Abb. 3.4-4).



Quelle: Deutsche Bank

**Abb. 3.4-4: Zertifizierung nach LEED und DGNB, Organisations- und Ablaufschema**

Hierbei wurde von der Deutschen Bank das Rocky Mountain Institute<sup>3</sup> / RMI, Boulder, Colorado, als unabhängiger Gutachter in das Projekt eingebunden und mit der Bewertung des „Green Building“-Konzepts und der Planungsunterlagen beauftragt. Das RMI ist seit den 80er Jahren Vorreiter für Passivhaustechnologie, Energieeffizienz und umweltverträgliche Wassernutzung und auch mit dem USGBC-Zertifizierungsverfahren sehr gut vertraut und war 2008/2009 u.a. mit einer Studie an der energetischen Sanierung des

<sup>3</sup> Das Rocky Mountain Institute (RMI) wurde 1982 in Colorado von dem Experimentalphysiker Amory Lovins und seiner Frau, L. Hunter Sheldon, gegründet und beschäftigt sich mit wissenschaftlichen Arbeiten zu einer schonenden Nutzung von Ressourcen, insbesondere zu einer effizienten Nutzung von Energie und Trinkwasser, sowie mit der praktischen Umsetzung der Erkenntnisse.

Empire State Building in New York beteiligt und hatte bereits für den Neubau des 47-geschossigen Condé-Nast Building in New York, dem ersten sogenannten „grünen“ Bürohochhaus der USA, das energetische Optimierungskonzept ausgearbeitet. Bei der Sanierung der Türme gab das RMI nützliche Empfehlungen zur Beleuchtung, zur Wasseraufbereitung und zum Energiekonzept. Im weiteren Prozess hatte das RMI die Aufgabe einer Qualitätssicherung für die LEED-Dokumentation.

Unterschiedliche Bewertungen bei beiden Zertifizierungssystemen kamen z.B. bei der Entsorgung von Gipskartonplatten und bei der Bewertung von Schadstoffen in der Innenraumluft zum Tragen (vgl. Abschnitt 1.2.1). Aber auch unterschiedliche Gegebenheiten des Angebotes an Bauprodukten können sich auswirken, z.B. bei der Wahl der Bodenbeläge. Für die Zertifizierung nach LEED wird für Teppichböden verlangt, die nach dem Label „green label plus“ zertifiziert sind. Diese Vorgabe erfüllten damals aber in Deutschland nur fünf Produkte<sup>4</sup> - eine Herausforderung für die Beschaffung.

Nicht um die eingebauten Produkte, sondern um das Verfahren selber ging es bei der Frage der erforderlichen Dokumentation. Bei dem LEED-Verfahren ist der Accredited Professionell (LEED AP), der die Unterlagen für die Zertifizierung zusammenstellt, für deren Richtigkeit und Vollständigkeit allein verantwortlich. Die Prüfung der Unterlagen wird dann durch einen fachkundigen von LEED beauftragten Konformitätsprüfer (*Reviewer*) vorgenommen. Der LEED AP, der die Unterlagen zusammenstellt und das Projekt begleitet, ist für das Ergebnis unmittelbar verantwortlich; er muss über alle Einzelheiten des Gebäudes Bescheid wissen und Auskunft geben können.

### **Schadstoffproblematik bei LEED und DGNB**

Für die Zertifizierung sowohl nach DGNB wie LEED ist nachzuweisen, dass die Innenraumluft frei von Schadstoffen ist. Nach LEED müssen für jeweils ca. 2.300 m<sup>2</sup> Nutzfläche auch Innenraumluftmessungen durchgeführt werden. Bestimmt werden die enthaltenen Anteile an VOC, Formaldehyd, CO, 4-Phenylcyclohexene und Feinstaub. Nach dem DGNB-Kriterium 6 „Risiken für die lokale Umwelt“ werden dagegen lediglich VOC (max. 500 g/m<sup>3</sup>) und Formaldehyd gemessen; die Messung ist spätestens vier Wochen nach Fertigstellung der Nutzflächen durchzuführen; sie darf auch nicht früher erfolgen, damit alle Luftschadstoffe erfasst werden, die durch die verbauten Materialien emittiert werden.

Es zeigt sich in der Praxis, dass unerwartete Störungen bei der Messung auftreten können, die nicht immer leicht zu identifizieren sind. Beispielsweise wurde bei Innenraumluftmessungen zweier identisch ausgebauten und ausgestatteten Etagen, zunächst unterschiedliche Werte gemessen, die bei einer zweiten Messung keine nennenswerten Abweichungen mehr zeigten.

---

<sup>4</sup> u.a. von Finett; [www.finett.de](http://www.finett.de)



### 3.4.4 Ökobilanzen Bauteile

#### Ökobilanzen

Als Beispiele für die Ökobilanzierung wurden bei der Baumaßnahme der Deutschen Bank Innenbauteile gewählt, die spezifisch auf die Erfordernisse des Bürogebäudes zugeschnitten sind. Dies betrifft insbesondere die Flexibilität der Bauteile und die Zugänglichkeit zu den technischen Installationen, um Veränderungen von Nutzungen, technischer Ausstattung und Raumzuschnitten mit wenig Aufwand bewerkstelligen zu können, wie sie über die Nutzungsdauer von Bürogebäuden durch unvermeidliche Veränderungen betrieblicher Funktionszuordnungen und Abläufe erforderlich werden.



Unterkonstruktion der Heiz-/Kühldecken mit Aktivierungsprofilen



Heiz-/Kühldecken mit Graphit-Elementen im verkleideten Zustand



Fußboden als Doppelboden-Konstruktion mit Kalziumsulfatplatten auf Unterkonstruktion (Metallrahmen und -stützen)

Quelle: Deutsche Bank

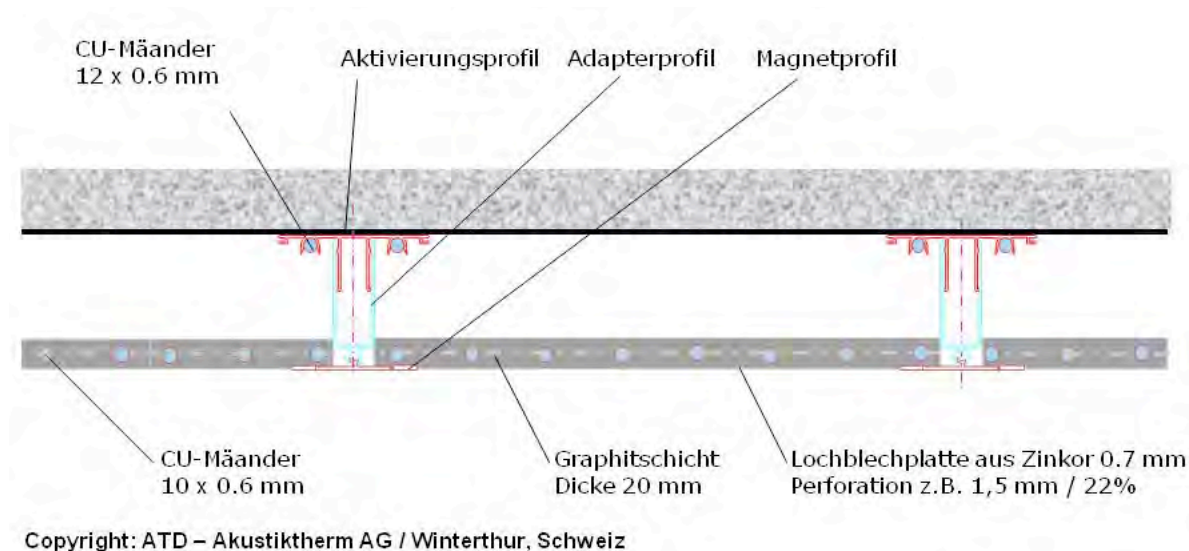
#### **Abb. 3.4-5: Decken- und Fußbodenkonstruktion im Bau**

Betrachtet wird die Öko-Bilanz einer Decke mit einer Doppelbodenkonstruktion über einer Stahlbetondecke mit abgehängter Decke (s. Abb.3.4-5). Dieser Aufbau der Geschossdecke bietet mit der Hohlbodenkonstruktion und der abgehängten Decke ein Maximum an Flexibilität im Blick auf künftige Anforderungen an die technische Ausstattung. Leitungsgebundene Medien unterschiedlicher Art können relativ unaufwändig verlegt, gewartet, ergänzt oder entfernt werden. Verglichen werden bei der Geschossdecke zwei Alternativen des Bodenbelags: die bei der Sanierung realisierte Ausführung mit Teppichboden und als Alternative ein Bodenbelag aus Kunststoff (Synthesekautschuk); der Deckenaufbau im Übrigen bleibt bei beiden Varianten gleich.

Bei der Sanierung wurde nur die Stahlbetondecke erhalten, die vorhandenen Doppelböden und abgehängte Decken waren bis auf den Rohbau vollständig entfernt worden.

Auf der Stahlbetondecke wurde wie vor der Sanierung wieder ein Doppelboden eingebaut und mit Teppichboden belegt. Das Doppelbodensystem besteht aus etwa 36 – 40 mm starken Kalziumsulfat-Platten, die an den Kreuzungspunkten jeweils auf Metallstützen aufgelagert sind. Die Metallstützen werden auf dem Stahlbeton emissionsfrei verklebt, sie sind durch einen Randdämmstreifen von der Wand getrennt. Der Hohlraumboden muss die Anforderungen der Brandschutzklasse Klasse A erfüllen. Holzwerkstoffplatten, die als Brandschutzklasse B1 (bzw. F-30) klassifiziert sind, sind nur mit Brandschutzmitteln einsetzbar. Holzwerkstoffplatten konnten daher nicht eingesetzt werden, weil sie die für die Zertifizierung geforderte Emissionsfreiheit nicht erfüllen.

Die im Gebäude ausgeführte Heiz-/Kühldecke ist eine für die Türme entwickelte Spezialanfertigung. Die Systemdecke besteht aus ca. 5 cm dicken Graphit-Paneeelen in denen Kapillaren eingelassen sind und die über einen Doppel T-Träger aus Aluminium an die Betondecke angeschlossen sind. In einer zweiten Ebene sind Kupferrohre für den Rücklauf dicht an der Betondecke befestigt. Stege und Kupferrohre ermöglichen eine thermische Aktivierung der Masse der Betondecken. So wird die Effizienz des Klimatisierungssystems weiter gesteigert. Bei Bestandsimmobilien ist dieses Prinzip der „hybriden“, also zweifachen Kühlung, wie man es seit alters her aus alten Kirchen oder Fincas auf Mallorca kennt, weltweit bislang einmalig (s. Abb. 3.4-6).



**Abb. 3.4-6: Kombinierte Heiz- und Kühldecke. Entwurfsplanung**

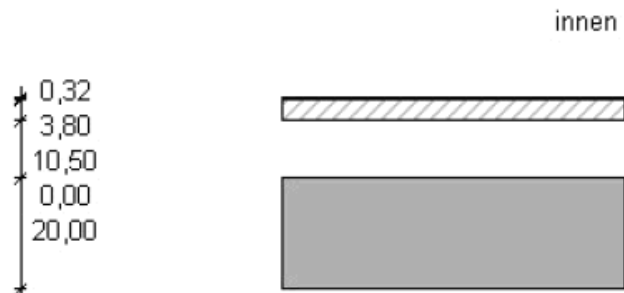
Als Beispiel für die Innenwände werden leichte Trennwände mit Metallständerwerk bzw. Holzständerwerk verglichen. Es werden zwei Varianten leichter Trennwände ohne besondere Anforderungen verglichen sowie vier Innenwände mit erhöhten Nutzungsanforderungen. Variiert werden Dämmung, Tragwerk und Beplankung gemäß den dargestellten Systemvarianten nach Herstellerangaben.

Bei den nachfolgenden Darstellungen ist zu beachten, dass bei der Sanierung des Gebäudes spezifische Anforderungen, insbesondere des Brandschutzes, zu beachten waren, so dass Alternativen mit geringeren Brandschutzklassen bzw. Feuerwiderstandsklassen für die Baumaßnahme nicht eingesetzt werden konnten. Bauteile aus Holz sind z.B. als grundsätzlich brennbar der Brandschutzklasse B zugeordnet; in der Bewertung B1, schwerentflammbar, die möglicherweise in Frage gekommen wäre, müssen Bauteile aus Holz jedoch brandschutzbehandelt sein; damit hätte man sich aber eine Schadstoffproblem für die Ökobilanz eingehandelt.

Die Vorgehensweise bei der Auswahl der Materialien bzw. Bauprodukte unter Berücksichtigung der Werte der Ökobilanz ist jedoch durchaus repräsentativ für die Sanierung der Türme; Ökobilanz-Betrachtungen flossen in die Überlegungen zur Auswahl von Baumaterialien und Bauprodukten mit ein und wurden als relevante Kriterien berücksichtigt.

### A Die ausgeführte Geschossdecke

Die ausgeführte Geschossdecke besteht oberhalb der Stahlbetondecke aus dem beschriebenen Doppelbodensystem mit Kalziumsulfat-Platten auf Stahlstützen (s. Abb. 3.4-7). Als abgehängte Decke wurde eine Gipskartondecke angenommen, mit einer Unterkonstruktion aus Stahlprofilen, die Oberfläche gespachtelt und gestrichen. Im Gebäude gibt es solche Geschossdecken mit Doppelboden und abgehängter Decke in einer Fläche von insgesamt 69.970 m<sup>2</sup>.



**Abb. 3.4-7: Schemaschnitt Stahlbetondecke und Fußbodenaufbau**

Als Bodenbelag wurde Teppichboden<sup>5</sup> verlegt. Der Vorteil liegt in seiner geräuschkämpfenden Wirkung; er wird im Regelfall ohne chemische Mittel und ohne Wasser gereinigt.

**Tab. 3.4-2: Geschossdecke des Gebäudes; Aufbau und Eigenschaften**

Material	Schichtdicke (mm)	Rohdichte (kg/m <sup>3</sup> )	Stoffmasse kg/m <sup>2</sup>	Lebensdauer (a)	Erneuerungen im LC
1 Teppichboden	3,2	inhomogen	1,6	10	4
2 Doppelboden: Kalziumsulfatplatte einschl. Kantenband auf Stahlunterkonstruktion	143	inhomogen	36,9	30	1
3 Staubbinder Anstrich auf Acrylatbasis	-	-	pauschal	30	1
4 Stahlbeton-Massivdecke DIN 1045	200	2.100	420	100	0
5 Abgehängte Gipskartondecke auf Stahl-Unterkonstruktion		inhomogen	15,5	30	1
6 Spachtelung und Anstrich	-	-	pauschal	15	3

Werte von Hohlboden und abgehängter Decke auf Fläche umgerechnet; Gesamtfläche 69.970 m<sup>2</sup>

<sup>5</sup> Grundlage der Berechnungen ist der Datensatz der Ökobaudat „Textiler Bodenbelag (GK 21, LC 1); 1,60 kg/m<sup>2</sup> (de)“. Der Datensatz umfasst die Herstellung ("cradle to gate") eines textilen Bodenbelags mit der Gebrauchsklasse (GK) 21 und der Luxusklasse (LC) 1. Er wurde in Zusammenarbeit mit dem TFI (Deutsches Forschungsinstitut für Bodensysteme e. V.) erstellt. Die Gebrauchsklasse (GK) beschreibt den Verwendungsbereich eines textilen Bodenbelags im privaten oder gewerblichen Bereich. Die Luxusklasse (LC) beschreibt die Behaglichkeit eines textilen Bodenbelags. Die zurzeit gängige Entsorgungspraxis gebrauchter Teppichböden ist eine thermische Verwertung in Müllverbrennungsanlagen; s. dazu den Datensatz "Verbrennung von Altteppichboden in MVA".

### B Geschosdecke– Alternative Ausführung Bodenbelag Synthetikgummi

Als Alternative wird ein anderer Bodenbelag betrachtet. Synthetikgummi<sup>6</sup> ist sehr strapazierfähig und lässt sich mit wenig Aufwand feucht reinigen; er wird daher vor allem in häufig begangenen Bereichen eingesetzt, oft im Übergang von drinnen nach draußen.

**Tab. 3.4-3: Geschosdecke, alternative Ausführung Bodenbelag Synthetikgummi**

Material	Schichtdicke (mm)	Rohdichte (kg/m <sup>3</sup> )	Stoffmasse kg/m <sup>2</sup>	Lebensdauer (a)	Erneuerungen im LC
1 Synthetikgummi	2,7	-	4,0	10	4
2 Doppelboden: Kalziumsulfatplatte einschl. Kantenband auf Stahlunterkonstruktion	143	inhomogen	36.9	30	1
3 Staubbinder Anstrich auf Acrylatbasis	-	-	pauschal	30	1
4 Stahlbeton-Massivdecke DIN 1045	200	2.100	420	100	0
5 Abgehängte Gipskartondecke auf Stahl-Unterkonstruktion		inhomogen	15,5	30	1
6 Spachtelung und Anstrich	-	-	pauschal	15	3

Werte von Hohlboden und abgehängter Decke auf Fläche umgerechnet; Gesamtfläche 69.970 m<sup>2</sup>

### C Vergleich Geschosdecken

**Tab. 3.4-4: Vergleich von Wirk- und Sachbilanzen der Geschosdeckenalternativen: gesamter Querschnitt Geschosdecke (Jahresdurchschnitt 50 Jahre) MJ/(m<sup>2</sup>a)**

	DE1 Teppich	Prozent von DE2	DE2 Synthetikgummi	Dimension
<b>GWP</b>	1,86	82,67%	2,25	kg CO <sub>2</sub> Äqu. / (m <sup>2</sup> *a)
<b>ODP</b>	0,000.000.089	65,40%	0,000.000.136	kg R11 Äqu. / (m <sup>2</sup> *a)
<b>POCP</b>	0,000.477	67,05%	0,000.712	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Äqu. / (m <sup>2</sup> *a)
<b>AP</b>	0,003.760	52,97%	0,007.098	kg SO <sub>2</sub> Äqu. / (m <sup>2</sup> *a)
<b>EP</b>	0,000.509	68,68%	0,000.741	kg PO <sub>4</sub> Äqu. / (m <sup>2</sup> *a)
<b>PEges</b>	17,95	71,97%	24,94	MJ / (m <sup>2</sup> *a)
	17.443.640	71,97%	24.238.980	kWh; 50 a, Gesamtfläche
<b>PEe</b>	0,92	75,34%	1,22	MJ / (m <sup>2</sup> *a)
	893.242	75,08%	1.189.686	kWh; 50 a, Gesamtfläche
<b>PEne</b>	17,03	71,80%	23,72	MJ / (m <sup>2</sup> *a)
	16.550.398	71,80%	23.049.294	kWh; 50 a, Gesamtfläche

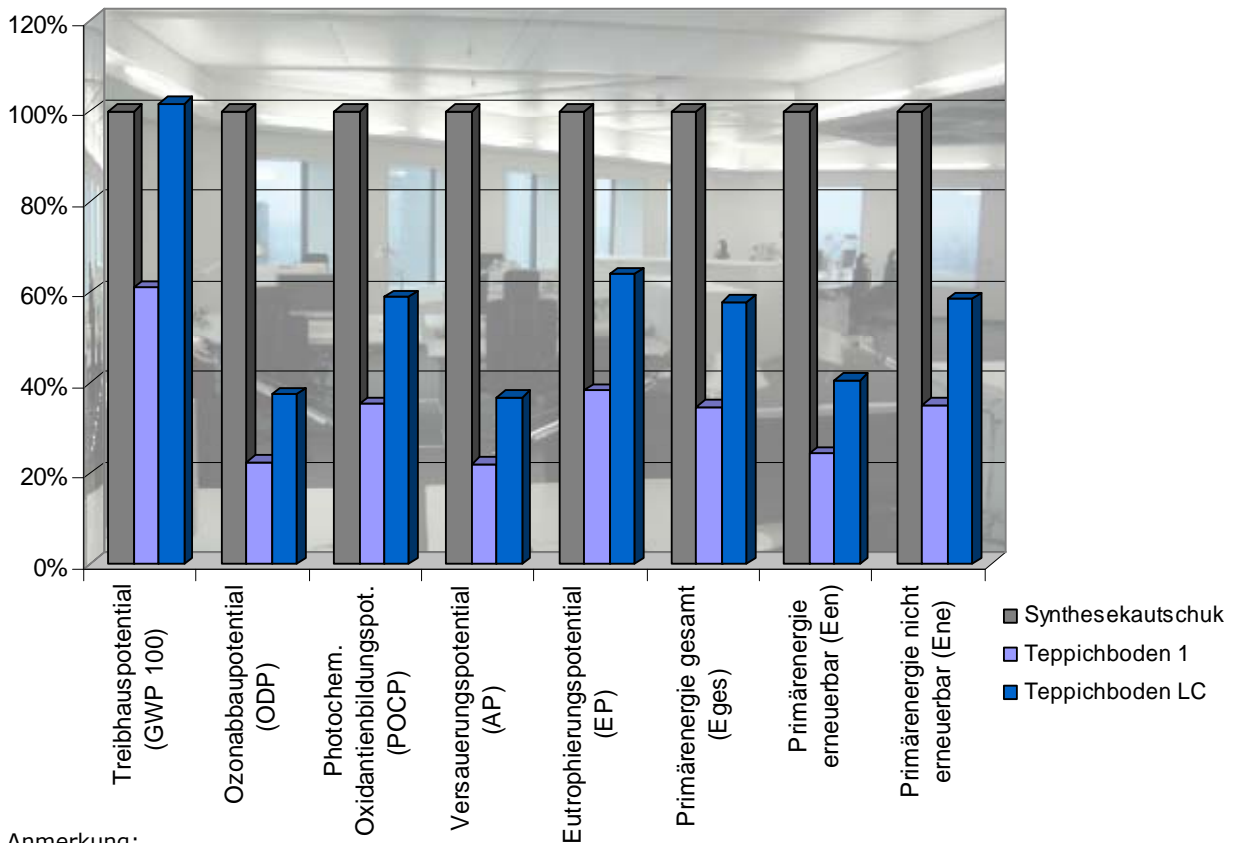
Jahresdurchschnittswerte über 50 Jahre je m<sup>2</sup> Geschosdecke mit Doppelbodenaufbau bezogen auf die Gesamtnutzfläche des Gebäudes von 102.000 m<sup>2</sup>; Betrachtungszeitraum 50 Jahre, Herstellung, Nutzung (beide Bodenbeläge 4 mal Erneuerung im Nutzungszeitraum), Entsorgung;  
 Bezugsfläche: Gesamtfläche der Geschosdecken mit Doppelbodenaufbau 69.970 m<sup>2</sup>

<sup>6</sup> Grundlage der Berechnungen sind Datensätze der „ÖkobaDat“ für Synthetikgummi als Beispiel für elastische Bodenbeläge: „Gummi-Bodenbelag eben EN 1817“, „Gummi-Bodenbelag mit Schaumstoffbeschichtung EN 1816“ Gummi-Bodenbelag profiliert EN 12199“ sowie für die Entsorgung: „Kunststoffmix in MVA mit thermischer Nutzung“ und „Bauschutt-Deponierung“ in den entsprechenden Anteilen nach Gewicht bzw. Fläche. Die Datensätze umfassen die Herstellung ("cradle to gate"). Systemgrenze ist das fertige Produkt mit Flächengewichten von durchschnittlich 4 kg/m<sup>2</sup>. Transporte vom Werk zum Einbauort sind nicht berücksichtigt und müssen bei Systembetrachtungen ebenso wie Verklebung, Reinigungsaufwendungen und Entsorgung eingerechnet werden.

**Tab. 3.4-5: Vergleich von Wirk- und Sachbilanzen der Geschosdeckenalternativen: nur Bodenbeläge: Teppichboden und Synthetikgummi (1 m<sup>2</sup>) (nur einmalig Herstellung und Entsorgung)**

	DE1 Teppich	Prozent von DE2	DE2 Synthetikgummi	Dimension
<b>GWP</b>	8,20	61,03%	13,4	kg CO <sub>2</sub> Äqu. / (m <sup>2</sup> *a)
<b>ODP</b>	0,000.000.273	22,48%	0,000.001.22	kg R11 Äqu. / (m <sup>2</sup> *a)
<b>POCP</b>	0,002.34	35,43%	0,006.59	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Äqu. / (m <sup>2</sup> *a)
<b>AP</b>	0,016.9	22,06%	0,076.6	kg SO <sub>2</sub> Äqu. / (m <sup>2</sup> *a)
<b>EP</b>	0,002.74	38,38%	0,007.13	kg PO <sub>4</sub> Äqu. / (m <sup>2</sup> *a)
<b>PEges</b>	89,65	34,73%	258,68	MJ / (m <sup>2</sup> *a)
<b>PEe</b>	1,89	24,42%	7,74	MJ / (m <sup>2</sup> *a)
<b>PEne</b>	87,96	35,05%	250,94	MJ / (m <sup>2</sup> *a)

Betrachtung: Nur einmalig Herstellung und Entsorgung; Datenbasis: ÖkobaDat 2009, retr. 01.03.2011  
 Teppichboden, Gebrauchsklasse 21 (GK 21), Komfortklasse 1 (LC 1) gemäß EN 1307: Lebensdauer: 10 Jahre;  
 Synthetikgummiboden Lebensdauer: 20 Jahre;



Anmerkung:

Teppichboden 1: Vergleich mit Synthetikgummi, jeweils einmalig Herstellung und Entsorgung

Teppichboden LC: Betrachtungszeitraum 50 Jahre; Lebensdauer 10 Jahre; Einbau und viermaliges Auswechseln im Betrachtungszeitraum (5 LC-Perioden); Vergleich mit Synthetikgummi, Lebensdauer 20 Jahre, Einbau und zweimaliges Auswechseln 50 Jahren (3 LC-Perioden); Verhältnis Teppichboden zu Synthetikgummi 1,67 zu 1

**Abb. 3.4-8: Vergleich Ökobilanzen der Bodenbeläge Teppichboden und Synthetikgummi (in Prozentwerten, bezogen auf 1 m<sup>2</sup>)**

## Wirkbilanzen

Die beiden Alternativen unterscheiden sich nur im Bodenbelag. Verglichen wurden beide Bodenaufbauten unter der Annahme gleicher Nutzungsdauer (10 Jahre). Mit seiner etwa zweieinhalbfach so hohen Stoffmasse ( $4,0 \text{ kg/m}^2$  gegenüber  $1,6 \text{ kg/m}^2$ ) ergeben sich nach der Ökobilanz in der Gesamtbetrachtung der Decke bei dem Bodenbelag aus Synthesekautschuk auch höhere Umweltbelastungen. In der Betrachtung über einen Nutzungszeitraum von 50 Jahren sind sie in fast allen Belastungspotenzialen um runde 30 bis 50% höher, am geringsten ist der Unterschied beim Treibhauspotenzial, das nur knapp 20% höher ist (Tab. 3.4-4). Bei dieser Betrachtung wirken sich die Unterschiede zwischen den beiden Belägen nur relativ zu den in beiden Fällen gleichen Auswirkungen der Decke insgesamt aus – also geringer als bei einer Bilanzierung nur der Beläge.

Betrachtet man dagegen allein die Materialien der Bodenbeläge und bilanziert nur jeweils einmalig Herstellung und Entsorgung, so schneidet der Teppichboden deutlich besser ab mit Werten der Umweltauswirkungen zwischen einem Viertel und einem Drittel der Umweltauswirkungen des Synthesekautschuks; lediglich die Treibhauspotenziale liegen nur um 40% auseinander (Tab. 3.4-7).

Das Bild ändert sich jedoch, wenn man unterschiedliche Lebensdauern der Bodenbeläge berücksichtigt. Angenommen wurde eine Lebensdauer der Teppichböden von 10 Jahren, des Synthesekautschukbodens von 20 Jahren<sup>7</sup>. Im Betrachtungszeitraum von 50 Jahren muss der erstmalig zum Bezug verlegte Teppichboden viermal erneuert werden, der Synthesekautschukboden aber nur zweimal. Daraus ergibt sich ein Verhältnis von 3 zu 5 bzw. ein Faktor 1,67, um den die Umweltwirkungen des Teppichbodens im Vergleich höher liegen. Auch bei dieser Betrachtung sind jedoch die Umweltbelastungen des Teppichbodens nach fast allen Kriterien geringer mit Werten zwischen 40 und 60%, lediglich das Treibhauspotenzial wird ganz knapp übertroffen (s. Abb. 3.4-8).

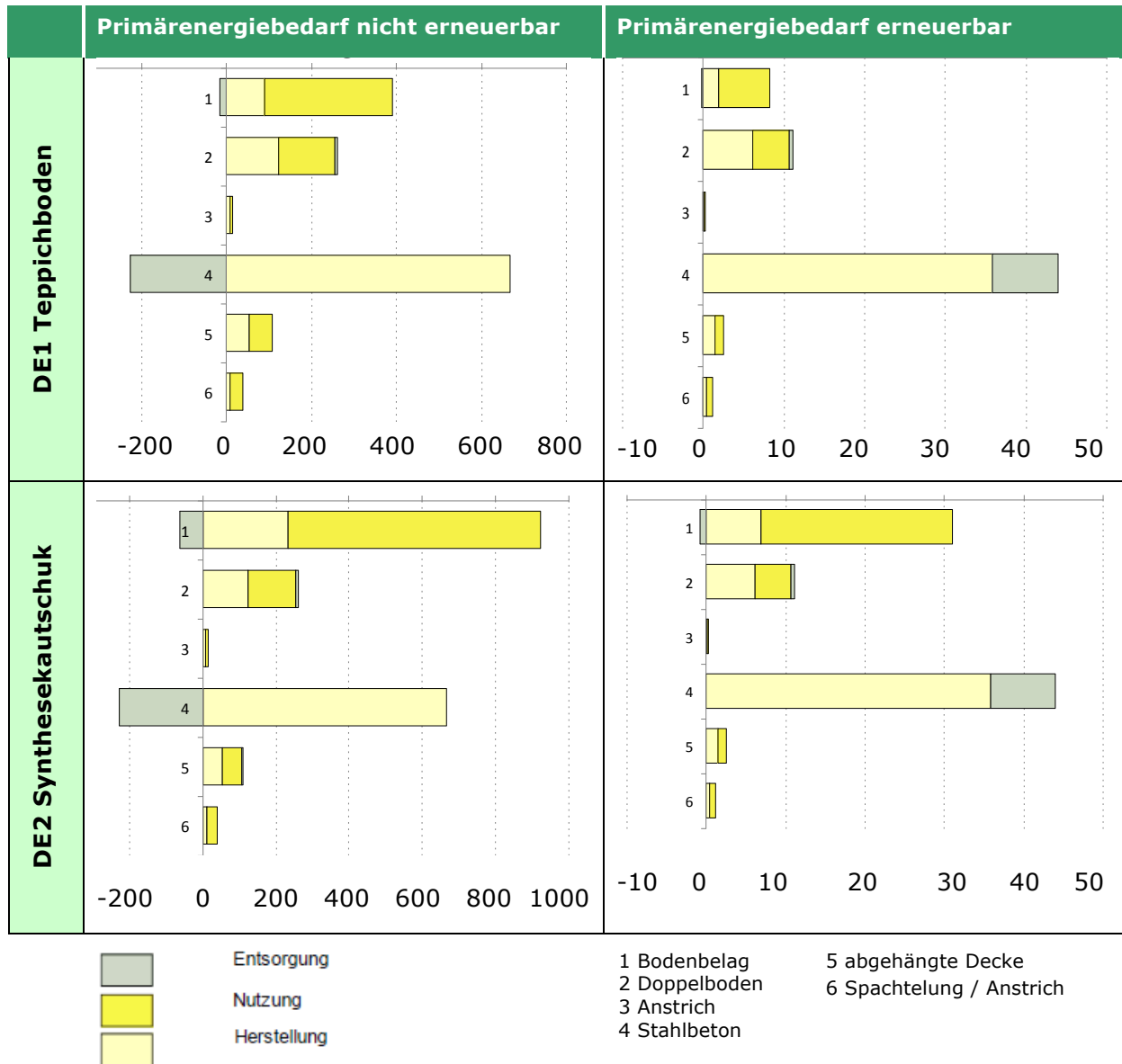
Bei dieser sehr theoretischen Betrachtung der Ökobilanzwerte ist allerdings zu bedenken, dass wesentliche für die Praxis relevante Entscheidungskriterien dabei nicht berücksichtigt werden können: die Kosten für Belagwechsel und Reinigung, die realen Zyklen des Auswechslens (unterschiedlicher technischer Verschleiß, vorzeitiges und damit häufigeres Auswechslen aus gestalterischen Gründen oder wegen Grundrissänderungen etc.). Es ist offensichtlich, dass bei bestimmten Nutzungsanforderungen auch nur jeweils geeignete Beläge in Betracht kommen können; entsprechend sind in der Praxis jeweils technisch geeignete Beläge miteinander zu vergleichen. Noch genauer wird die Ökobilanzierung als Entscheidungsgrundlage, wenn für die gewählten Bauprodukte Umweltproduktdeklarationen vorliegen, welche die Ökobilanzwerte der Produkte noch genauer abbilden.

## Sachbilanzen

Beim Primärenergieverbrauch (Tab. 3.4-4) ist der Teppichboden in der Gesamtbetrachtung gegenüber Synthesekautschukboden mit einem um knapp 30% geringeren Energieverbrauch vorteilhafter ( $18$  gegenüber  $25 \text{ MJ / m}^2 \cdot \text{a}$ ). Bei beiden Alternativen liegt der Anteil erneuerbarer Energie um die 5%. Beide Beläge erhalten wegen ihres Heizwertes bei der thermischen Verwertung zur Entsorgung eine Gutschrift für den Energiebedarf,

<sup>7</sup> Lebensdauern nach Datenbank des BMVBS „Nutzungsdauern von Bauteilen“, Zwischenauswertung, Stand 08.09.2008, [www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten/nutzungsdauern-von-bauteilen.html](http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten/nutzungsdauern-von-bauteilen.html); Bodenbeläge:  
730 Kautschuk: keine Angabe; 731 PVC und 734 Linoleum: min. 10 max. 25 mittel 20 Jahre;  
Teppichboden: 747 Synthetikfaser und 748 Wolle: min. 5 max. 15 mittel 10 Jahre

der Synthesekautschukbelag jedoch eine rund dreieinhalbmal höhere. Relativ hoch ist der Primärenergieverbrauch über den Lebenszyklus. Bei einer zum Vergleich gleich angenommenen Nutzungsdauer von nur 10 Jahren fallen bei beiden Belägen Herstellung und Entsorgung fünfmal an (Einbau und viermal Auswechseln). Über die Lebensdauer werden unter dieser Annahme bei Teppichböden zwei Drittel und bei Synthesekautschuk das Eineinhalbfache der Energie aufgewendet, die insgesamt für die Stahlbetonkonstruktion zu veranschlagen ist (s. Abb. 3.4-9).



Anmerkungen: Angaben in MJ/m²a; Betrachtungszeitraum 50 Jahre, gesamter Energiebedarf je m² Geschossdecken mit Doppelbodenaufbau; Nutzung beinhaltet Herstellung und Entsorgung im Betrachtungszeitraum; Gesamtfläche Geschossdecken mit Doppelbodenaufbau: 9.970 m²

**Abb. 3.4-9: Geschossdecke – Alternative Ausführungen des Bodenbelags: Vergleich Ökobilanzen von Synthesekautschuk und Teppichboden Primärenergiebedarf nicht erneuerbar/erneuerbar (MJ /m²)**

## **Leichte Trennwände / Innenwände**

Die untersuchten Innenwände sind Standardkonstruktionen des Verwaltungsbaus. Im konkreten Fall ergäbe sich allerdings bei der Holzständerkonstruktion ein Problem mit dem Brandschutz, auch wenn sie außen mit Gipskarton verkleidet ist. Ein Brandschutzwert von F 30 ist zwar normalerweise als Flurtrennwand innerhalb eines Brandabschnittes zulässig. Bei der Sanierung der Türme waren aber sehr hohe Anforderungen an den Brandschutz gestellt. Ebenfalls aus Gründen des Brandschutzes kam daher auch eine Dämmung mit Dämmmaterialien aus nachwachsenden Rohstoffen (z.B. Hanf oder Holzfasern) nicht in Frage. Kriterien für die Auswahl der Innenwände waren im Wesentlichen der Schallschutz, die Kosten und die Dimensionen. Schallschutzwerte und Konstruktionsstärken sind den Herstellerangaben entnommen. Standard beim Schallschutz sind 39 dB; für geistige Tätigkeit ist ein Minimum von 45 dB vorgesehen und soweit Vertraulichkeit erforderlich ist, werden 55 dB A verlangt. Im Vergleich der Innenwandkonstruktionen zeigt sich z. B., dass die Innenwand IW2 20 mm dünner ist als IW1 bei fast gleichem Schallschutz.

Eingebaut wurden keine Gipskartonwände üblicher Art, sondern Systemwände aus Glas. Die nichttragenden Innenwände bestehen mehrheitlich aus raumhohen Glaselementen oder akustisch aktiven und schallabsorbierenden Elementen. Insgesamt wurden im Gebäude leichte Trennwände mit einer Oberfläche von 7.460 m<sup>2</sup> eingebaut. Zunächst werden vier leichte Innentrennwände für die Anforderungen üblicher Büronutzung ohne erhöhte Anforderungen an Schallschutz und Feuerwiderstand verglichen. Betrachtet werden Ausführungen mit Metallständern und Holzständern sowie Beplankungen unterschiedlicher Dicke und Materialien. Die Schichtenaufbauten ergeben sich aus den Herstellerangaben für die Trennwandsysteme.

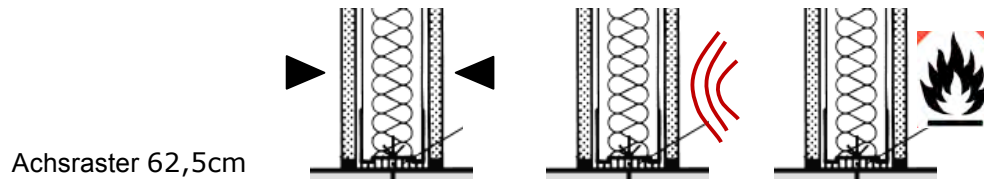
### **A Nicht tragende Innenwand ohne erhöhte Brandschutz-Anforderungen F30**

#### **Vergleich von Wirk- und Sachbilanzen der Innenwandalternativen IW 1 - 4**

Die Ökobilanz bezieht sich auf einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahre. Insgesamt wurden in den Deutsche-Bank-Türmen Innenwände als leichte Trennwände mit einer Gesamtfläche von 7.460 m<sup>2</sup> installiert. Die Ökobilanz wird jahres- und flächenbezogen (NGFa) verglichen.



**Tab. 3.4-6: Varianten nichttragende Innenwand Übersicht**



Bezeichnung	Ständerwerk	Bauteildicke	Schallschutz	Brandschutz
<b>IW1</b>	Metall: CW50	75 mm	45 dB	F30
<b>IW2</b>	Metall: CW50	80 mm	44 dB	F30
<b>IW3</b>	Metall: CW75	75 mm	49 dB	F30
<b>IW4</b>	Holz: 60/60 mm	85 mm	41 dB	F30

**Tab. 3.4-7: Innenwand nichttragend, Aufbau IW1**

Material	Schichtdicke (mm)	Rohdichte (kg/m <sup>3</sup> )	Stoffmasse kg/m <sup>2</sup>	Lebensdauer (a)	Austausch im Lebenszyklus
1 Gipskartonplatte	12,5	850	10,413	30	1
2 Glaswolle-Dämmplatte	45	22	0,941	30	1
3 Metallprofil CW50	50	-	1,314	30	1
4 Gipsbauplatte	12,5	850	10,413	30	1
5 Spachtelung und Anstrich	-	-	pauschal	15	3
<b>zusammen</b>	<b>75</b>				

**Tab. 3.4-8: Innenwand nichttragend, Aufbau IW2**

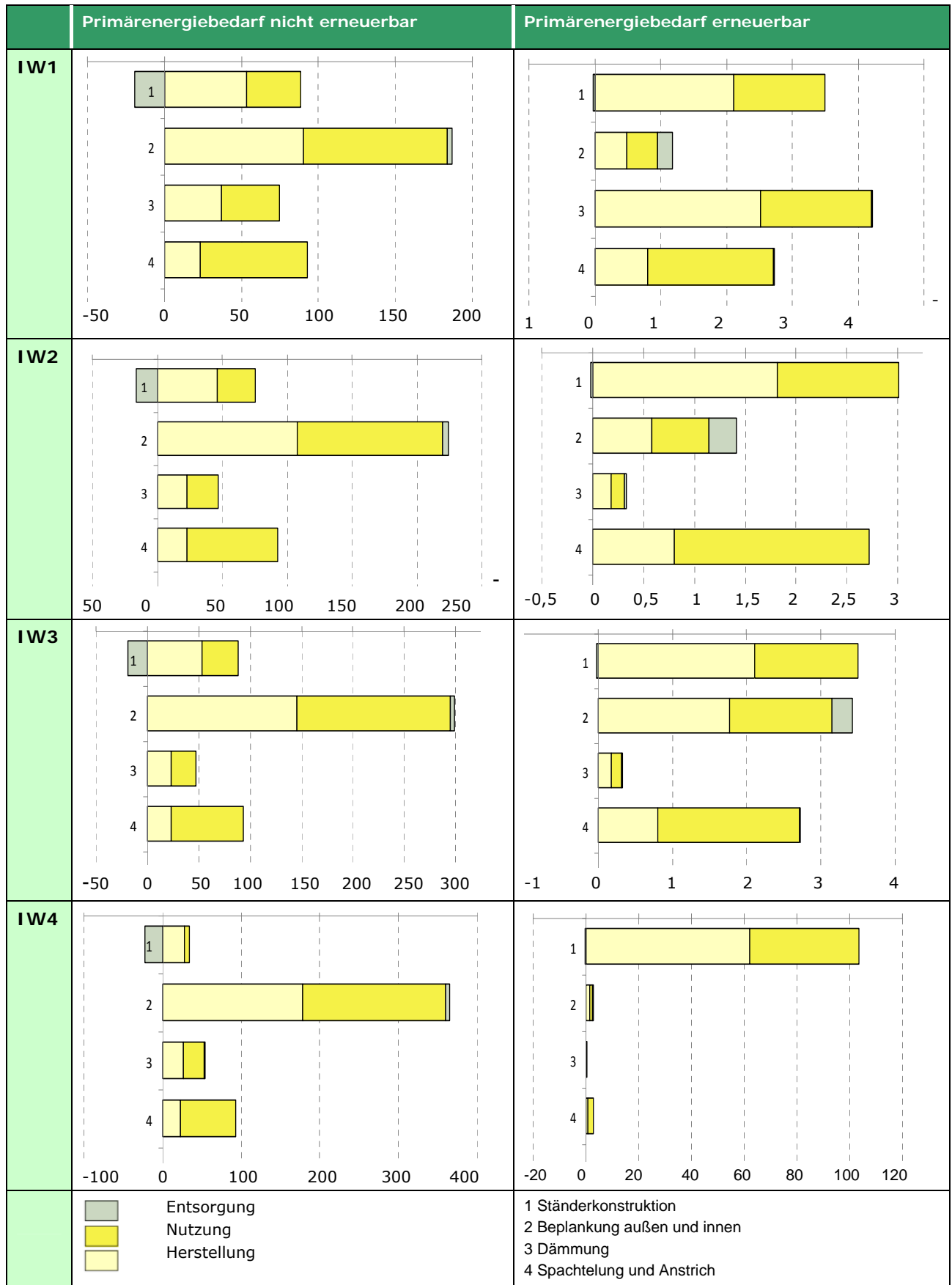
Material	Schichtdicke (mm)	Rohdichte (kg/m <sup>3</sup> )	Stoffmasse kg/m <sup>2</sup>	Lebensdauer (a)	Austausch im Lebenszyklus
1 Gipskartonplatte	15	850	12,495	30	1
2 Steinwolle-Dämmplatte	50	38	1,805	30	1
3 Metallprofil CW50	50	-	1,314	30	1
4 Gipsbauplatte	15	850	12,495	30	1
5 Spachtelung und Anstrich	-	-	pauschal	15	3
<b>zusammen</b>	<b>80</b>				

**Tab. 3.4-9: Innenwand nichttragend, Aufbau IW3**

Material	Schichtdicke (mm)	Rohdichte (kg/m <sup>3</sup> )	Stoffmasse kg/m <sup>2</sup>	Lebensdauer (a)	Austausch im Lebenszyklus
1 Gipsfaserplatte	12,5	1.100	13,475	30	1
2 Steinwolle-Dämmplatte	50	38	1,805	30	1
3 Metallprofil CW75	75	-	1,526	30	1
4 Gipsfaserplatte	12,5	1.100	13,475	30	1
5 Spachtelung und Anstrich	-	-	pauschal	15	3
<b>zusammen</b>	<b>100</b>				

**Tab. 3.4-10: Innenwand nichttragend, Aufbau IW4**

Material	Schichtdicke (mm)	Rohdichte (kg/m <sup>3</sup> )	Stoffmasse kg/m <sup>2</sup>	Lebensdauer (a)	Austausch im Lebenszyklus
1 Zementplatte	12,5	1.200	14,7	30	1
2 Steinwolle-Dämmplatte	60	38	2,052	30	1
3 Holzständer 60/60mm Vollholz Kiefer	60		3,411	30	1
4 Zementbauplatte, Innenbereich	12,5	1.200	14,7	30	1



Anmerkungen: Angaben in MJ/m<sup>2</sup> Gesamtverbrauch getrennt nach Herstellung, Nutzung und Entsorgung;  
Gesamtfläche 69.970 m<sup>2</sup>

**Abb. 3.4-10: Innenwände IW1 bis IW4, Primärenergieverbrauch nach Lebensphasen und Bauteilschichten (MJ/m<sup>2</sup>)**

**Tab. 3.4-11: Vergleich von Wirk- und Sachbilanzen der Innenwandalternativen**

	IW1	IW2	IW3	IW4	Dimension
<b>GWP</b>	0,033.4	0,034.5	0,041.5	0,046.6	kg CO <sub>2</sub> Äqu. / (m <sup>2</sup> *a)
<b>ODP</b>	0,000.000.001.62	0,000.000.038.4	0,000.000.039.1	0,000.000.043.7	kg R11 Äqu. / (m <sup>2</sup> *a)
<b>POCP</b>	0,000.032.3	0,000.032.3	0,000.033.5	0,000.037.2	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Äqu. / (m <sup>2</sup> *a)
<b>AP</b>	0,000.129	0,000.121	0,000.135	0,000.168	kg SO <sub>2</sub> Äqu. / (m <sup>2</sup> *a)
<b>EP</b>	0,000.006.52	0,000.038.3	0,000.041.1	0,000.049.3	kg PO <sub>4</sub> Äqu. / (m <sup>2</sup> *a)
<b>PEges</b>	0,64	0,63	0,76	0,93	MJ / (m <sup>2</sup> *a)
	65.998	65.370	78556	95.883	kWh, 50 a, Gesamtl.
<b>PEe</b>	0,02	0,01	0,01	0,16	MJ / (m <sup>2</sup> * a)
	1.756	1.130	1509	16.511	kWh 50 a Gesamtl.
<b>PEne</b>	0,62	0,62	0,74	0,77	MJ / (m <sup>2</sup> *a)
	64.242	64.240	77047	79.372	kWh 50 a Gesamtl.

Betrachtungszeitraum 50 Jahre, Jahresdurchschnittswerte über 50 Jahre  
Gesamtfläche Innenwände ausgeführt als leichte Trennwände 7.460 m<sup>2</sup>

### Wirkbilanzen

Die vier Alternativen unterscheiden sich in den fünf Kriterien der Ökobilanz mit spezifischen Schwächen und Stärken. So ist das Treibhauspotenzial - das eng mit dem Energieverbrauch korreliert - der IW3 und IW4 jeweils rund ein Drittel höher als das der IW1 und IW2.

IW1 hat das mit Abstand niedrigste Ozonzerstörungspotenzial, mit 1,62 □g rund 4% der übrigen IW-Varianten.

Das Potenzial der bodennahen Ozonbildung ist bei den Alternativen IW1 - IW3 nahezu gleich, nur IW4 liegt 10% höher.

Auch das Eutrophierungspotenzial der IW1 ist mit 6,52 mg am niedrigsten, bei den übrigen IW-Varianten ist es 6- bis 7,5-mal so hoch.

Beim Gesamtverbrauch an Energie liegen IW1 und IW2 dicht beieinander, IW3 rund 20% und IW4 rund 50% höher.

Insgesamt betrachtet schneidet IW1 vor IW2 am besten ab.

### Sachbilanzen

Durch den über die Lebensdauer angesetzten einmaligen Austausch aller Schichten der Innenwände verdoppelt sich Energieverbrauch der Herstellung durch den in der Nutzungsphase (s. Abb. 3.4-10). Der reine Energieverbrauch für die Entsorgung ist gering, für die Gipsfaserplatten gibt es eine Gutschrift bei der Entsorgung.

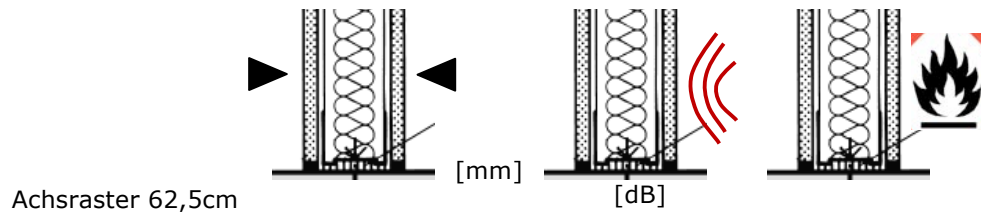
Da Spachtelung und Anstrich der Beplanung im Lebenszyklus dreimal anfallen, kommt der Energieverbrauch hierfür trotz der sehr dünnen Schicht auf etwa die Größenordnung der Beplankungen.

Alle Ständerkonstruktionen erhalten bei der Entsorgung eine Gutschrift, die Metallständer für den geringeren Energieaufwand beim Recycling, die Holzständer für die thermische Verwertung.

### B Nicht tragende Innenwand mit erhöhten Brandschutz-Anforderungen F90

In einer weiteren Untersuchung werden leichte Innentrennwände (GK-Ständerwände im Büronutzungsbereich) mit erhöhten Anforderungen an Schallschutz und Feuerwiderstand verglichen. Die Aufbauten ergeben sich aus Herstellerangaben für Trennwandsysteme mit den geforderten bauphysikalischen Eigenschaften.

**Tab. 3.4-12: Varianten nichttragende Innenwand, besondere Anforderungen, Übersicht**



Bezeichnung	Ständerwerk	Bauteildicke	Schallschutz	Brandschutz
<b>IW5</b>	Metall CW100	160	58	F90
<b>IW6</b>	Holz 60/60mm	110	48	F90-B

**Tab. 3.4-13: Innenwand nichttragend, Aufbau IW5**

Material	Schichtdicke (mm)	Rohdichte (kg/m <sup>3</sup> )	Stoffmasse (kg/m <sup>2</sup> )	Lebensdauer (a)	Austausch im Lebenszyklus
1 Gipskartonplatte (2*15mm)	30	850	24,99	30	1
2 Steinwolle-Dämmplatte	50	38	1,805	30	1
3 CW100 Profil	100	-	1,742	30	1
4 Gipskartonplatte (2*15mm)	30	850	24,99	30	1
5 Spachtelung und Anstrich	-	-	pauschal	15	3
<b>zusammen</b>	<b>160</b>				

Betrachtungszeitraum 50 Jahre, Jahresdurchschnittswerte über 50 Jahre  
Gesamtfläche Innenwände ausgeführt als leichte Trennwände 7.460 m<sup>2</sup>;

**Tab. 3.4-14: Innenwand nichttragend, Aufbau IW6**

Material	Schichtdicke (mm)	Rohdichte (kg/m <sup>3</sup> )	Stoffmasse (kg/m <sup>2</sup> )	Lebensdauer (a)	Austausch im Lebenszyklus
1 Zementplatte 2x12,5mm	25	1200	29,4	30	1
2 Steinwolle-Dämmplatte	60	38	2,052	30	1
3 Holzständerwerk	-	520	3,411	30	1
4 Zementplatte 2x12,5mm	25	1200	29,4	30	1
5 Spachtelung und Anstrich	-	-	pauschal	15	3
<b>zusammen</b>	<b>110</b>				

### C Vergleich

Die Ökobilanz bezieht sich auf einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren. Die Gesamtfläche der Innenwände, ausgeführt als leichte Trennwände im Gebäude, umfasst 7460 m<sup>2</sup>. Die Ökobilanz wird jahres- und flächenbezogen (NGFa) verglichen.

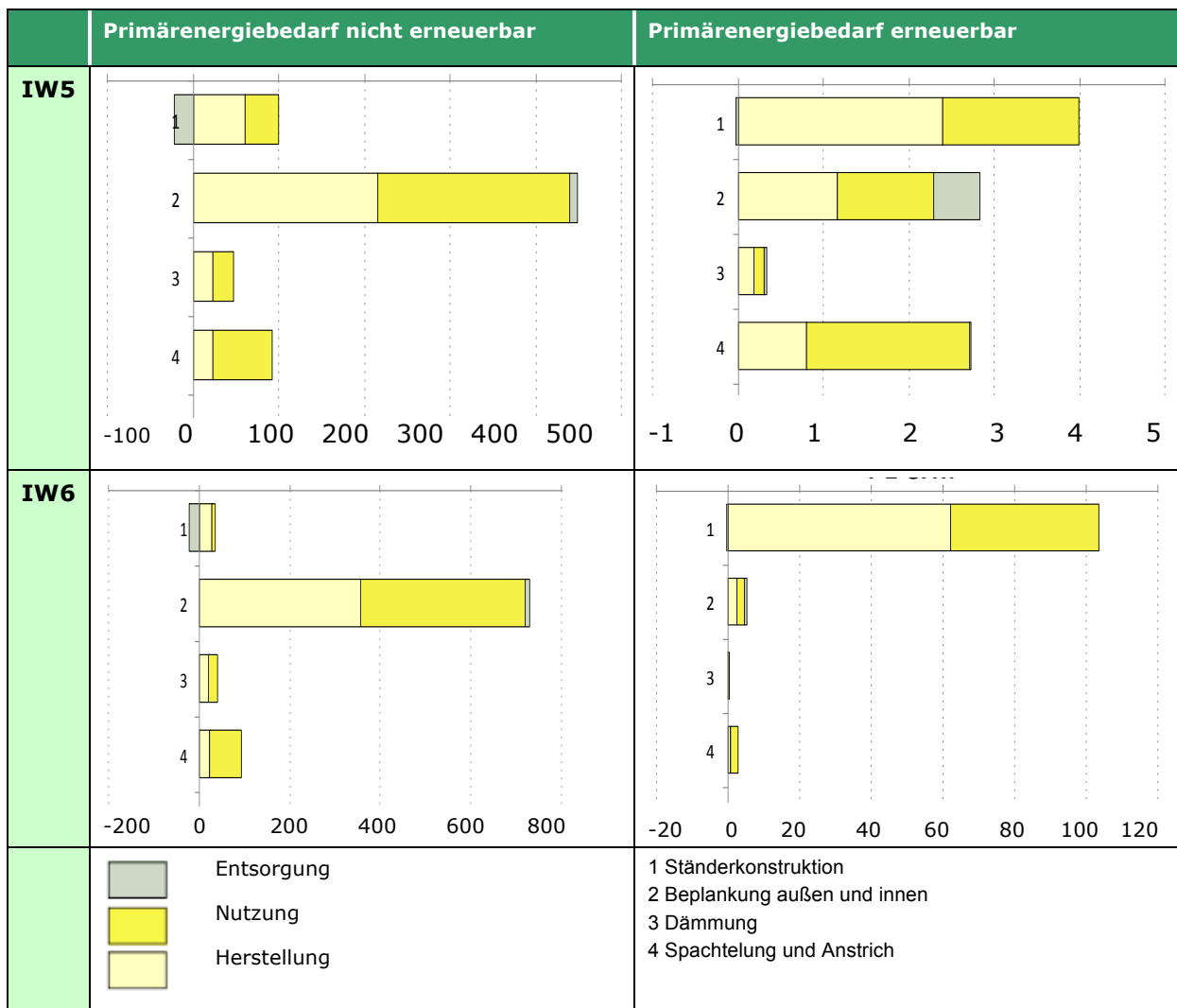
### Wirkbilanzen

Das Treibhauspotenzial der IW6 mit Zementplattenbeplankung ist mehr als anderthalbmal so groß wie das der IW5, entsprechend dem Verhältnis des gesamten Primärenergie-

bedarfs für die beiden Alternativen (Tab 3.4-15)). Die Potenziale für Ozonzerstörung bei- der Innenwandvarianten liegen nahe beieinander, die für bodennahe Ozonbildung, Ver- sauerung und Eutrophierung sind bei IW6 bis zu eineinhalbmal höher.

**Tab. 3.4-15: Vergleich von Wirk- und Sachbilanzen der Innenwandalternativen**

	IW5	IW6	Dimension
<b>GWP</b>	0,054.0	0,087.8	kg CO <sub>2</sub> Äqu. / (m <sup>2</sup> *a)
<b>ODP</b>	0,000.000.0389	0,000.000.0337	kg R11 Äqu. / (m <sup>2</sup> *a)
<b>POCP</b>	0,000.035.4	0,000.044.8	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Äqu. / (m <sup>2</sup> *a)
<b>AP</b>	0,000.147	0,000.242	kg SO <sub>2</sub> Äqu. / (m <sup>2</sup> *a)
<b>EP</b>	0,000.041.3	0,000.049.2	kg PO <sub>4</sub> Äqu. / (m <sup>2</sup> *a)
<b>PEges</b>	0,99	1,44	MJ / (m <sup>2</sup> *a)
	102.639	149.564	kWh 50 a Gesamtfläche
<b>PEe</b>	0,01	0,16	MJ / (m <sup>2</sup> *a)
	1.492	16.895	kWh 50 a Gesamtfläche
<b>PEne</b>	0,98	1,28	MJ / (m <sup>2</sup> *a)
	101.147	132.669	kWh 50 a Gesamtfläche



Anmerkungen: Angaben in MJ/m<sup>2</sup> Gesamtverbrauch getrennt nach Herstellung, Nutzung und Entsorgung

**Abb. 3.4-11: Innenwände IW5 bis IW6, Primärenergieverbrauch nach Lebensphasen und Bauteilschichten (MJ/m<sup>2</sup>)**

## **Sachbilanzen**

Die relativ meiste Energie wird für die Herstellung der Beplankung benötigt (rund 450 bzw. 700 MJ/m<sup>2</sup>), nur rund ein Fünftel bzw. Siebtel davon für die Ständerkonstruktion (s. Abb. 3.4-11). Der Energiebedarf für die Ständerkonstruktionen ist bei beiden Alternativen etwa gleich, die Holzständer der IW6 werden allerdings ganz überwiegend mit erneuerbarer Energie hergestellt. Der Energieverbrauch der Beplankung mit 30 mm starken Zementplatten der IW6 ist mehr als anderthalbmal so hoch wie der der 25 mm starken Gipskartonplatten der IW5.

## **Zusammenfassende Betrachtung**

Die zusammenfassenden Daten der Ökobilanz für die Sanierung der Deutsche-Bank-Türme der Tab. 3.3-12 beziehen sich allein auf die Konstruktion des Gebäudes über die Phasen des Lebenszyklus „Herstellung“, „Instandhaltung“ und „Rückbau“. Die Werte beinhalten nicht die Nutzungsphase für den Betrieb des Gebäudes (Strom und Wärme für Heizung, Lüftung und Beleuchtung). In der hier angewandten Ökobilanzversion der DGNB-„Komplettisanierung“ werden nur die mit der Sanierung neu eingebrachten Bauteile voll über alle Lebenszyklen angesetzt, verbleibende Bauteile lediglich über die Nutzungsphase. Bei der Erneuerung der Türme blieben das Tragwerk und alle Massivbauteile (Kerne und Massivinnenwände) im Bestand erhalten und sind dementsprechend in der hier wiedergegebenen Ökobilanz nicht erfasst.

Zielwerte der DGNB gibt es nur für die Kombination aus Herstellung, Nutzung (Ersatz und Gebäudebetrieb) und Entsorgung als ganzheitliche Betrachtung. Als Zielwerte von „Nutzung“ (Ersatz) und „Herstellung“ wurden daher hier die Referenzwerte der Konstruktion angesetzt. Es wird davon ausgegangen, dass eine Einsparung der Ressourcen gleichermaßen bei der Konstruktion als auch in der Nutzungsphase erreicht werden soll.

**Tab. 3.4-16: Übersicht Endwerte der untersuchten Bauteile**

		DE1	DE2	IW1	IW2	IW3	IW4	IW5	IW6
<b>GWP</b>	kg CO <sub>2</sub> -Äqu/ (m <sup>2</sup> x a)	1,86	2,25	0,0334	0,0345	0,041.5	0,0466	0,0540	0,0878
<b>ODP</b>	kg R11-Äqu/ (m <sup>2</sup> x a)	8,92E-08	13,6E-08	0,162E-08	3,84E-08	3,91E-8	4,37E-08	3,89E-08	3,37E-08
<b>POCP</b>	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu/ (m <sup>2</sup> x a)	0,000.477	0,000.712	0,000.032. 3	0,000.032.3	0,000.033.5	0,000.037.2	0,000.035.4	0,000.044.8
<b>AP</b>	kg SO <sub>2</sub> -Äqu/ (m <sup>2</sup> x a)	0,003.76	0,007.098	0,000.129	0,000.121	0,000.135	0,000.168	0,000.147	0,000.242
<b>EP</b>	kg PO <sub>4</sub> -Äqu/ (m <sup>2</sup> x a)	0,000.509	0,000.741	0,000.006. 52	0,000.038.3	0,000.041.1	0,000.049.3	0,000.041.3	0,000.049.2
<b>PE ges</b>	MJ/(m <sup>2</sup> x a)	17,95	24,94	0,64	0,63	0,76	0,93	0,99	1,44
<b>PEe</b>	MJ/(m <sup>2</sup> x a)	0,92	1,22	0,02	0,01	0,01	0,16	0,01	0,16
<b>PEne</b>	MJ/(m <sup>2</sup> x a)	17,03	23,72	0,62	0,62	0,74	0,77	0,98	1,28

**Anmerkungen:**

**C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>**, Ethen (Äthen, Ethylen, Äthylen), ein ungesättigter Kohlenwasserstoff, ist ein farbloses Gas.

**R 11**, CFCl<sub>3</sub> (Freon 11, Trichlorfluormethan, Trichlormonofluormethan, Fluortrichlormethan, Monofluortrichlormethan) nicht brennbare Flüssigkeit bzw. oberhalb 23,6 Grad C nicht brennbares Gas; schwer löslich in Wasser, sehr leicht flüchtig, umweltgefährlich.

**SO<sub>2</sub>**, Schwefeldioxid ist das Anhydrid der Schwefligen Säure H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>. Schwefeldioxid ist ein schleimhautreizendes giftiges Gas. Es ist sehr gut (physikalisch) wasserlöslich und bildet mit Wasser in sehr geringem Maße Schweflige Säure. Es entsteht vor allem bei der Verbrennung von schwefelhaltigen fossilen Brennstoffen wie Kohle oder Erdölprodukten, die bis zu 4 Prozent Schwefel enthalten. Es trägt erheblich zur Luftverschmutzung bei und verursacht **sauren Regen**. Dabei wird das Schwefeldioxid zunächst von Sauerstoff zu Schwefeltrioxid oxidiert und dann mit Wasser zu Schwefelsäure (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) umgesetzt.

**PO<sub>4</sub>**, Phosphate sind Salze und Ester der ortho-Phosphorsäure. Das Anion PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, sowie seine Kondensate (Polymere) und Phosphorsäureester werden Phosphate genannt. Phosphate werden vor allem als Dünger eingesetzt. Durch Erosion von landwirtschaftlichen Flächen gelangen sie an Tonminerale gebunden in Flüsse und Seen und können dort zur **Eutrophierung** beitragen.

	<b>Wirkungen</b>	<b>Dimension</b>
GWP	Treibhauspotenzial	kg CO <sub>2</sub> -Äquivalent
ODP	Ozonabbaupotenzial	kg R11-Äquivalent (R11 = CFCl <sub>3</sub> )
AP	Versauerungspotenzial	kg SO <sub>2</sub> -Äquivalent
EP	Eutrophierungs- / Überdüngungspotenzial (EP)	kg PO <sub>4</sub> -Äquivalent
POCP	Photooxidantienbildungspotenzial	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äquivalent
PE ges	Primärenergie gesamt	MJ/(m <sup>2</sup> *a) / kWh
PE e	Primärenergie erneuerbar	MJ/(m <sup>2</sup> *a) / kWh
PE ne	Primärenergie nicht erneuerbar	MJ/(m <sup>2</sup> *a) / kWh

Die kumulierten Werte der einzelnen betrachteten Bauteile dienen nur dem unmittelbaren Vergleich, entscheidend für die Gesamtbewertung des Gebäudes sind letztlich die eingebauten Massen.

### 3.4.5 Wasser und Abwasser

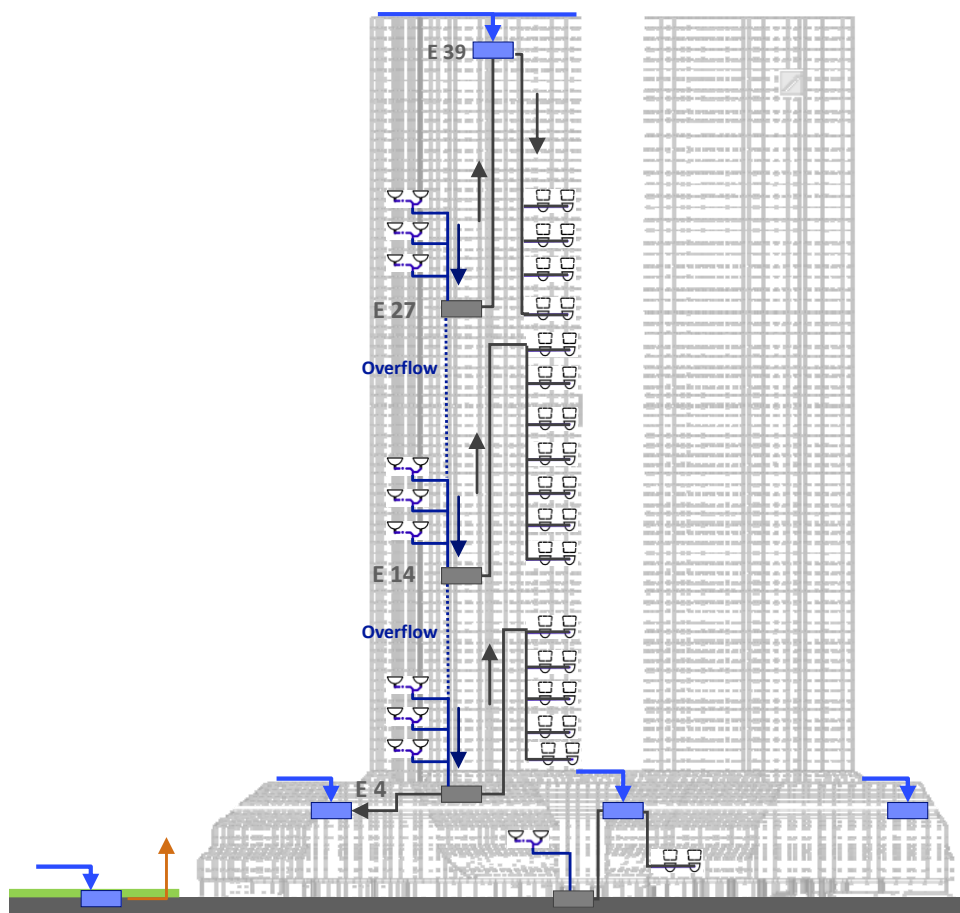
#### Das Wasserkonzept

Das Wasserkonzept für die Deutsche-Bank-Türme dient einem nachhaltigen Umgang mit Wasser am Standort und führt zu einem deutlich niedrigeren Verbrauch an Trinkwasser.

Im Zusammenspiel von

- Speicherung und Nutzung von Regenwasser
- Speicherung und Wiederverwendung von Grauwasser
- Wasserspararmaturen

werden insgesamt 44 Mio. l Trinkwasser jährlich eingespart. Die Anforderungen der LEED-Zertifizierung für effiziente Wassernutzung konnten dabei vollständig erfüllt werden.



Quelle: Deutsche Bank

Abb. 3.4-12: Schema von Regen- und Grauwassernutzung

#### Regenwasser

Regenwasser wird von den Dachflächen mit rund 4.000 m<sup>2</sup> abgeleitet, in mehreren Filtereinheiten gereinigt und in Zisternen gesammelt. Insgesamt stehen 7 Zisternen mit jeweils 25 – 30 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen zur Verfügung mit einem Gesamtvolumen von rund 200 m<sup>3</sup>. Jährlich ist mit etwa 1.700 m<sup>3</sup> Regenwasser zu rechnen.



Für das LEED Zertifikat<sup>8</sup> wird bei der Regenwasserableitung bei zu mehr als 50% überbauten Grundstücken eine Verringerung des Abwasserabflusses um 25% gefordert. Bei dem Konzept der Deutschen Bank wird das Regenwasser im Prinzip vollständig genutzt bzw. mit der Bewässerung der Außenanlagen versickert.

### **Grauwasser**

Das Abwasser der Handwaschbecken und der Ausgussbecken der Putzräume wird gesammelt, gereinigt und für WC und Urinal-Spülung verwendet. Im Gebäude gibt es insgesamt 7 Speichertanks mit einem Fassungsvermögen von jeweils 4 m<sup>3</sup>. Jährlich wird mit rund 4.500 m<sup>3</sup> Grauwasser gerechnet.

### **Speicherung und Aufbereitung**

Das Regenwasser von den Dachflächen der Türme wie des Sockelgebäudes wird in darunterliegenden Zisternen gespeichert, in die auch das aufbereitete Grauwasser eingeleitet wird. Aus diesen Behältern werden WC- und Urinalspülung gespeist. Die Regenwasserzisternen bzw. Grauwassertanks sind im Gebäude über verschiedene Höhenabschnitte verteilt (s. Abb. 3.4-12).

### **Wassersparende Armaturen**

Bei der Sanitärausstattung des Gebäudes wurden Armaturen und Sanitärobjekte mit modernster Wassersparteknik und mit Neuentwicklungen eingebaut, die zu weiteren Einsparungen gegenüber dem üblichen Standard bzw. Sanitärausstattungen nach dem Stand der Technik führen.

#### *Sensorkontrollierte Wasserhähne*

Die Handwaschbecken werden mit sensorkontrollierten Wasserhähnen ausgestattet. Der Wasserdurchfluss ist zwischen 0,2 und 9 l/Min einstellbar. Gegenüber einer Standarddurchflussrate von ungefähr 15 l/Min. wird diese auf nur 6 l/Min. eingestellt. Sie liegt damit noch unter der Anforderung von LEED mit 9 l/Min.

#### *Toiletten*

Bei dem neu entwickelten WC von Villeroy & Boch mit einem Spülvolumen von 3,5 l werden gegenüber dem Standardspülvolumen von 6 l bei gleicher Spülleistung mit jedem Spülvorgang 2,5 l Wasser eingespart (S. Abb. 3.4-13). Dies wird ohne Umstellung der Nutzungsgewohnheiten durch ein speziell entwickeltes Wasserverteilungssystem ermöglicht.



Quelle: Villeroy und Boch

**Abb. 3.4-13: GreenGain 3,5 l-WC von Villeroy & Boch**

<sup>8</sup> LEED Credit SS 6.1, stormwater management

## Urinale

Die Urinale verfügen über mehrere Steuerungsfunktionen, um den Wasserverbrauch an die Nutzung anzupassen und das Urinal aus hygienischen Gründen in regelmäßigen Abständen zu spülen. Steuerung und Technik liegt von außen nicht sichtbar hinter der Urinalkeramik (s. Abb. 3.4-14). Der Status der Batteriekapazität, des Magnetventils und des Radarsensors können durch die LED-Leuchte sowie ein akustisches Signal angezeigt werden. Das Urinal verfügt über drei Spüloptionen.



Quelle: Villeroy und Boch  
**Abb. 3.4-14: Urinal pro-Detect von Villeroy & Boch**

## Übereinstimmung mit den Anforderungen der LEED-Zertifizierung

Bei dem Zertifizierungssystem LEED (LEED for New Construction Version 2.2) werden für das Wasserkonzept (*water efficiency*) fünf Wertungspunkte (*credit points*) vergeben. Das Wasserkonzept der „Greentowers“ konnte die Anforderungen aller fünf möglichen Wertungspunkte<sup>9</sup> („*credit points*“) erfüllen. Zusätzlich gab es zwei Extrapunkte für exemplarische Lösungen:

- Water Efficiency Credit Point 1: Water Efficient Landscaping  
1 Punkt gibt es für einen um 50% verringerten Trinkwasserverbrauch.  
2 Punkte gibt es, wenn für Bewässerung kein Trinkwasser verbraucht wird.  
Die Bepflanzung wurde so gewählt, dass sie bei Trockenheit drei Wochen ohne Bewässerung auskommen kann. Für die Bewässerung der Außenanlagen wird nur Regenwasser oder Grauwasser verwendet.
- Water Efficiency Credit Point 2: Innovative Wastewater Technologies  
1 Punkt gibt es für eine Halbierung des Wasserverbrauchs gegenüber dem Verbrauch vor der Sanierung.  
Durch die Nutzung von Regenwasser und Grauwasser wird die Menge des benötigten Trinkwassers und auch die des in die Kanalisation abzuleitenden Abwassers entsprechend verringert.
- Water Efficiency Credit Point 3: Water Use Reduction  
20 bzw. 30% geringerer Trinkwasserverbrauch  
Der Verbrauch an frischem Trinkwasser wird durch effiziente Sanitärtechnologie verringert.

## Wasserverbrauch

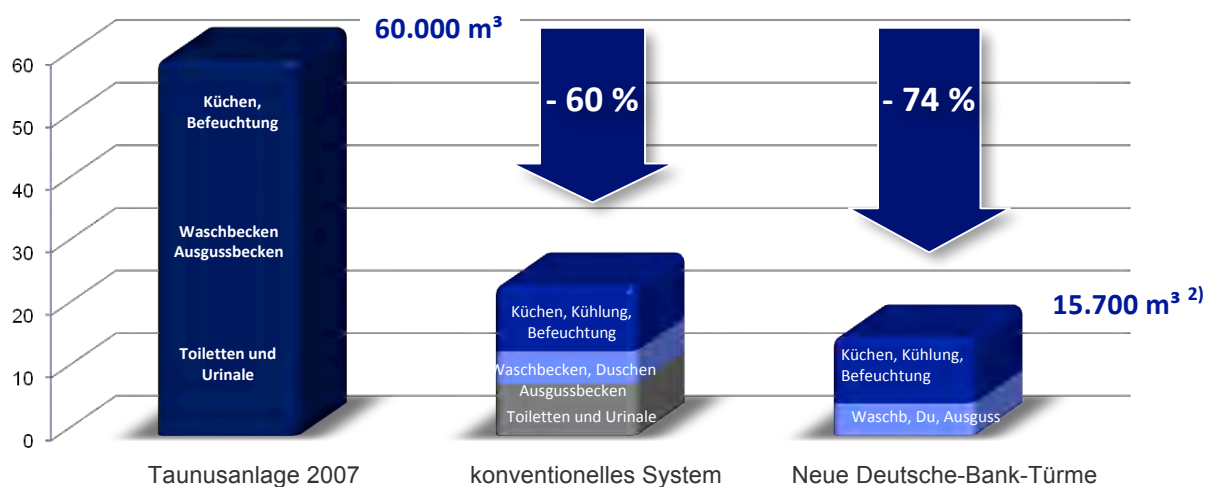
Der Trinkwasserverbrauch wird durch die Nutzung von Regenwasser und aufbereitetem Grauwasser für die WC-Spülung sowie durch wassersparende Sanitärobjekte und Armaturen auf ein Minimum reduziert. Zur WC-Spülung wird kein Trinkwasser verwendet. Im Vergleich mit einem herkömmlichen Wassersparkonzept nach Stand der Technik mit 5,8 l Toiletten und wasserlosen Urinalen werden weitere 35% Trinkwasser eingespart. Ansonsten für die sparsamere WC-Variante erforderliche 5.000 m<sup>3</sup> Trinkwasser werden durch

<sup>9</sup> LEED Credit Points für Water efficiency:  
WE Credit 1.1 Water efficiency Landscaping: Reduce by 50%  
WE Credit 1.2 efficiency Landscaping: No Potable Water Use or No Irrigation  
WE Credit 2 Innovative Wastewater Technologies  
WE Credit 3.1 Water Use Reduction: 20% Reduction  
WE Credit 3.1 Water Use Reduction: 30% Reduction.

Grauwasser substituiert, für die wassergeführten Urinale werden weitere 600 m<sup>3</sup> Grauwasser genutzt (s. Abb. 3.4-15).

**Tab. 3.4-17: Wasserverbrauch - Vergleich mit konventionellem System**

Sanitärobjekte	Konventionelles System	Realisiertes System
340 Handwaschbecken und 80 Abläufe	5.200 m <sup>3</sup>	5.200 m <sup>3</sup>
400 WCs	8.300 m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup>
170 Urinale	0 m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup>
Insgesamt	13.500 m <sup>3</sup>	5.200 m <sup>3</sup>
<i>Kühlung, Befeuchtung, Abläufe</i>	<i>10.500 m<sup>3</sup></i>	<i>10.500 m</i>
<b>Wasserverbrauch insgesamt</b>	<b>24.000 m<sup>3</sup></b>	<b>15.700 m<sup>3</sup></b>



Quelle: Deutsche Bank

**Abb. 3.4-15: Wassereffizienz vorher / guter heutiger Standard / Standard Neue Deutsche-Bank-Türme**

### 3.4.6 Abfallbeseitigung und Recycling

Die Verwertung von Baurestmassen dient ebenso wie der Einsatz von Recyclingmaterial oder die Nutzung nachwachsender Rohstoffe der Schonung nicht erneuerbarer Primärrohstoffe - nach dem Verständnis der DGNB ein wesentliches Ziel des nachhaltigen Bauens. Einen eigenen DGNB-Kriteriensteckbrief zum Abfallmanagement gibt es jedoch (noch) nicht. Dagegen hat die Nutzung von Baurestmassen im Bewertungssystem von LEED eine große Bedeutung. Bewertet wird die Weiterverwendung tragender und nicht tragender Bausubstanz, die Wiederverwendung von Baumaterialien, die Verwendung von Materialien mit Recyclinganteil sowie die Müll- und Baumülltrennung. Für Verwertung bzw. Wiederverwendung sind jeweils passende industrielle Abnehmer zu finden, die die Stoffe unmittelbar für ihre Produktion nutzen können. Bei der LEED-Zertifizierung werden dafür jeweils Punkte vergeben. Ziel ist durch das bessere Abfallmanagement Kosten zu reduzieren. Die Bewertung nach LEED erfolgt analog zur LEED-Bewertung der Energieeffizienz über Kosteneffekte. Um die für die Zertifizierung nach LEED vorgegebenen Kriterien zur Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen erfüllen zu können, war ein sorgfältiges geplantes Abfallmanagement erforderlich, das konsequent umgesetzt werden musste. Das dabei angestrebte Ziel war, die anfallenden Baurestmassen soweit wie möglich einer

Verwertung bzw. Weiterverwendung zuzuführen und den Anteil für eine endgültige Ablagerung auf einer Deponie auf ein Minimum zu reduzieren.



Foto: Deutsche Bank

**Abb. 3.4-16 : Rollcontainer auf den Etagen für unterschiedliche Abfallfraktionen**

Bereits bei der Planung der Sanierung des Hauptverwaltungsgebäudes der Deutschen Bank, die von dem zuvor bestehenden Gebäude im Grunde nur das Tragwerk und die massiven Innenbauteile übrig lassen würde, war klar, dass bei den beabsichtigten Abbrucharbeiten mit gewaltigen Mengen an Restmassen zu rechnen war (s. Tab. 3.4-18). Hinzu kam, dass die Baustelle am Standort mitten in der Frankfurter Innenstadt unter räumlich sehr beengten Verhältnissen zu organisieren war. Dies erwies sich insbesondere auch für die Beseitigung der Restmassen als große logistische Herausforderung.

Dreh- und Angelpunkt des Abfallkonzepts war die sortenreine Trennung der anfallenden Materialien als Voraussetzung, jeweils optimale Verwertungspfade nutzen zu können und ein aufwendiges Nachsortieren unterschiedlicher Materialien zu vermeiden. Gemischte Abfälle, wie sie üblicherweise zusammenkommen, wenn Bauabfälle unterschiedlicher Herkunft planlos zusammengeworfen werden, erzeugen zudem die höchsten Kosten für die Beseitigung. Bei der Abfallbeseitigung war daher oberstes Ziel, die jeweiligen unterschiedlichen Materialien sorgfältig getrennt zu halten.

Die Anforderungen der Deutschen Bank an eine sortenreine Trennung aller anfallenden Materialien waren bereits Bestandteil der Ausschreibung.

Die ausgewählte Logistikfirma führte ein System kleiner Rollcontainer ein, mit denen bereits auf den Etagen eine Trennung nach Baustoffen erfolgte (s. Abb. 3.4-16). Der regelmäßige Austausch erfolgte über die Personenaufzüge. Die Wertstoffe wurden zentral auf dem Vorplatz sortenrein in Mulden gesammelt (s. Abb. 3.4-17). Die korrekte Trennung der Materialien wurde auf der Baustelle durch die Mitarbeiter der Projektsteuerung und der Bauleitung der Architekten kontinuierlich überwacht.

Für die unterschiedlichen zurückzubauenden Teile des Gebäudes mit ihren spezifischen Abfallfraktionen wurden jeweils spezielle Verwertungswege gefunden (s. Tab. 3.4-19: Abfallmanagement Plan für die Fassade). Zum Beispiel wurden EPDM-Bahnen geschreddert und für die Herstellung eines neuen Kunststoffprodukts verwendet, das u.a. als Belagmaterial für Sportanlagen eingesetzt wird.

Ein günstiger Entsorgungsweg wurde z.B. auch für die bei der Sanierung anfallenden 500 t gebrauchte Mineralwolle gefunden. Mineralwollabfälle aus den Baujahrgängen vor 1990 gelten heute aufgrund ihrer Faserzusammensetzung als problematisch. Daher bestand hier das Verwertungskonzept darin, aus diesem Abfall einen Wertstoff zu machen, der wieder in die Produktion einfließt. Dies gelang in der Ziegelindustrie, wo die Mineralwolle bei 1 000 °C zum Schmelzen gebracht wird.

Ein Weg zur unmittelbaren Wiederverwendung wurde für die Kalziumsulfatplatten der Doppelböden gefunden (s. Abb. 3.4-18). Nach dem Abtrennen der Teppichboden- bzw. Kunststoffbeläge wurden die Kalziumsulfatplatten zur weiteren Verwendung vorgehalten; erste Mengen wurden bereits wiederverwendet.

Insgesamt 120 t Material an Bauteilen und Inventar, Schränke, WC-Einrichtung, Türen, Glaswände und Doppelbodenplatten, konnten unmittelbar wiederverwendet werden, u.a. bei sozialen Einrichtungen.



Foto: Deutsche Bank

**Abb. 3.4-17 : Mulden mit sortenrein getrennten Wertstoffen**



Ausbau auf der Baustelle



Sammeln auf den Etagen



Abfahren und Lagern

Quelle: Deutsche Bank

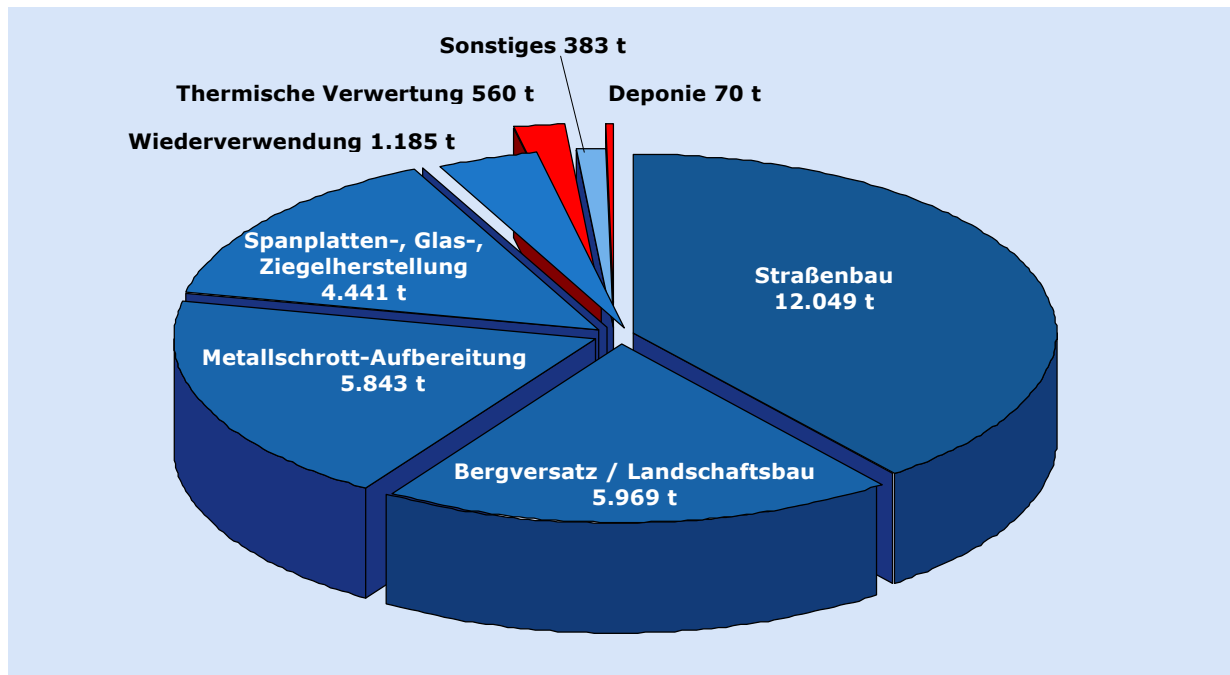
**Abb. 3.4-18: Durch sorgfältigen Ausbau der Kalziumsulfat-Bodenplatten können 25% wiederverwendet werden**

Lediglich 1,8 Prozent der geschätzten Abfallmenge (30.500 t) kam nur für eine thermische Verwertung in Frage, für einen verschwindenden Rest schließlich von 0,2 Prozent blieb nur die Deponie (s. Abb. 3.4-19).

**Tab. 3.4-18: Anfallende Wertstoffe**

Pos.	Wertstoffbeschreibung	geschätzte Menge (Tonnen)
5	Bauschutt rein bestehend aus Mörtel, Kalksandstein, Ziegel, Klinker, Steinzeugrohre ohne Verunreinigungen wie Ytong, Gips, Bims, Schrott, Holz bis 0,8 m Kantenlänge	1800
6	Bauschutt rein bestehend aus Mörtel, Kalksandstein, Ziegel, Klinker, Steinzeugrohre ohne Verunreinigungen wie Ytong, Gips, Bims, Schrott, Holz von 0,8 m bis 3,5 m Kantenlänge	
7	Doppelbodenstützen, Mörtel, Kalksandstein, Ziegel, Klinker, Steinzeugrohre u. s. w. incl. Verunreinigungen von max. 20 % des Containervolumens wie Kunststoff, Ytong, Gips, Bims, Schrott, Holz u.s.w.	
7a	inert Bauschutt rein aus den Pos. 5, 6 und 7	
8	Gipskartonplatten	80
9	Ytong, Bims, Poreton u.s.w.	100
10	unbeschichtetes Holz, nicht mit Holzschutzmitteln imprägniert	5
11	Holz aus lackiertem und beschichtetem u.s.w. nicht mit Holzschutzmittel imprägniert	390
12	verunreinigter Bauschutt, Holz, Kartonage, Papier, Folien, Kunststoff, Leichtbaustoff, Tapete u.s.w. keine Dach- oder Teerpappe,	100
12a	verunreinigter Bauschutt, Holz, Kartonage, Papier, Folien, Kunststoff, Leichtbaustoff, Tapete u.s.w. keine Dach- oder Teerpappe,	100
13	Calziiumsuffatplatte mit Laufflächen mit Teppich- bzw. Kunststoffbodenbelag	2500
13 a	Calziiumsuffatplatte mit Laufflächen mit Teppich- bzw. Kunststoffbodenbelag	625
14	Fermacellplatten, mit beidseitig beschichtetem Holzfurnier auf der Vorderseite, Kunststoffbeschichtung auf der Rückseite	100
14a	Fermacellplatten, mit beidseitig beschichtetem Holzfurnier auf der Vorderseite, Kunststoffbeschichtung auf der Rückseite mit Metallrahmen	900
15	Flachglas aus hochtemperaturfesten Pyran (Feuerwiderstandsklasse G 30)	200
15a	Flachglas aus hochtemperaturfesten Pyran (Feuerwiderstandsklasse G 30) mit Metallrahmen	400
16	Dämmstoffe (Mineralwolle)	300
18	Leuchtstoffröhren	8,5
20	Metall gemischt	150
20	Metall in Lampengehäusen (ohne Leuchtmittel)	20
21	Kabelschrott (40% CU)	10
22	Kabelschrott (70% CU)	10
22a	Elektrokabel, PC-Kabel(CU-Gehalt < 40%)	10
22b	Elektrokabel, PC-Kabel (CU-Gehalt > 40%)	10
23	Alueinbauten	20
24	Marmor- und Steingutplatten	100
25	Inventar zur Wiederverwendung bei der Fundatia Hans Lindner in Rumänien	120

Quelle: Lindner AG: Management Handbuch, Projekt Blue Deutsche Bank



Quelle: Deutsche Bank; Stand April 2009

**Abb. 3.4-19: Geschätzte Mengen und Anteile der Bauabfälle**

**Tab. 3.4-19: Fassade Deutsche Bank Wertstoffkonzept / Waste Management Plan**

Wertstoff	Demontageverfahren	Verwertungsverfahren	Verwendung	t	%
Isoglas Turm A+B + ESG Putzflügel	Demontage mit Rahmen. Trennung von Rahmen und Glas am Boden und Aufteilung in verschiedene Container.	Glas wird geschreddert und recyclet	Wiederverwendung in der Hohlglasindustrie	429.3	98%
ESG Brüstung Turm A+B	Demontage mit Rahmen. Trennung von Rahmen und Glas am Boden und Aufteilung in verschiedene Container.	Glas wird geschreddert und recyclet	Wiederverwendung in der Hohlglasindustrie	612.5	98%
Isoglas Breitfuß	Demontage mit Rahmen. Trennung von Rahmen und Glas am Boden und Aufteilung in verschiedene Container	Glas wird geschreddert und recyclet	Wiederverwendung in der Hohlglasindustrie	210.8	98%
ESG-Brüstung Breitfuß	Demontage und Entsorgung in Container.	Glas wird geschreddert und recyclet	Wiederverwendung in der Hohlglasindustrie	11.0	98%
Aluprofile Turm A+B	Demontage incl. Rahmen. Trennung von Rahmen und Glas am Boden und Aufteilung in verschiedene Container.	Der Rohstoff wird nach gründlicher Sortierung und anlagengerechter Aufbereitung an Stahl und Metallwerke sowie Gießereien abgegeben.	Recycletes Alu dient als Rohstoff. Verwendung in Gießereien	418.2	100%

Aluprofile Breitfuß	Demontage incl. Rahmen. Trennung von Rahmen und Glas am Boden und Aufteilung in verschiedene Container.	Der Rohstoff wird nach gründlicher Sortierung und anlagengerechter Aufbereitung an Stahl und Metallwerke sowie Gießereien abgegeben.	Recycletes Alu dient als Rohstoff. Verwendung in Gießereien	446,4	100%
Dämmstoffe Turm A+B	Anfeuchten der Isolierung vor Demontage. Tragen von Schutzausrüstung, Atemschutz (P2 Filter), Schutzhandschuhe u. -anzüge. Demontierte Isolierung wird in Folien-säcke verpackt und in bereitgestellte Container entsorgt. Die Reinigung des Arbeitsbereiches erfolgt mittels Industriesauger.	Dämmstoffe werden auf der Baustelle im Zuge der Demontage in Foliensäcke verpackt und in Container gesammelt. Dieser wird vom Entsorger abgeholt und anschließend weitertransportiert zum Verwerter. Mechanische Aufbereitung der Mineralfaserabfälle. Beimischung von Trägerstoffen wie Ton und organische Bindemittel zur Herstellung von Woolit	In der Verwertungsanlage der Wool.rec GmbH wird aus Mineralfaserabfällen das Produkt Woolit hergestellt. Woolit dient als Zuschlagstoff in der tonverarbeitenden Industrie.	270.2	100%
Stahl	Demontage der Stahlfassade und Sammlung in Extra-Container	Der Rohstoff wird nach gründlicher Sortierung und anlagengerechter Aufbereitung an Stahl- und Metallwerke sowie Gießereien abgegeben.	Recycleter Stahl dient als Rohstoff. Verwendung in Gießereien	93.2	100%
EPDM Turm A+B	Demontage incl. Rahmen. Trennung von Rahmen und Glas am Boden und Aufteilung in verschiedene Container.	Angeliefertes Gummi wird mechanisch zerkleinert und anschließend gesiebt.	Wiederverwertung: Sportbahnenbau, Fallschutzmatten, Pferdestallmatten, Trittschalldämmung, Bautenschutzmatten für Flachdächer	38.1	100%
EPDM Breitfuß	Demontage incl. Rahmen. Trennung von Rahmen und Glas am Boden und Aufteilung in verschiedene Container.	Angeliefertes Gummi wird mechanisch zerkleinert und anschließend gesiebt.	Wiederverwertung: Sportbahnenbau, Fallschutzmatten, Pferdestallmatten, Trittschalldämmung, Bautenschutzmatten für Flachdächer	47,1	100%
Blei / Motoren	Demontage und Sammlung in Extra-Container	Der Rohstoff wird nach gründlicher Sortierung und anlagengerechter Aufbereitung an Stahlwerke sowie Gießereien abgegeben.	Dient als Rohstoff. Verwendung in Gießereien.	58.0	100%
Restmüll	Anfallender Restmüll wird in Extra-Container gesammelt.	Angelieferter Restmüll wird getrennt, sortiert und zu Ersatzbrennstoff verarbeitet.	Info von Bauserve	9.4	100%

Quelle: Lindner AG: Management Handbuch, Projekt Blue Deutsche Bank



Anhang

**Verzeichnisse**

## Abkürzungen Rechtsgrundlagen

AbfAbIV	Abfallablagerungsverordnung
AbW-V	Abwasserverordnung
ATV	Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen
ATV Abbruch	ATV DIN 18459 Abbruch- und Rückbauarbeiten (VOB, Teil C)
AVV	Abfallverzeichnis-Verordnung
BauPG	Bauproduktengesetz
BauPVO	EU-Bauproduktenverordnung
BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
4. BImSchV	4. Bundes-Immissionsschutzverordnung
BPRL	Bauproduktenrichtlinie
ChemVerbotsV	Chemikalien-Verbotsverordnung
DepV	Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts
DepVerwV	Deponieverwertungsverordnung
DIBt	Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin
ErsatzbaustoffV	Ersatzbaustoffverordnung
FLL	Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.
GewAbfV	Gewerbeabfall-Verordnung
HBO	Hessische Bauordnung
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
KrW-/ AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
LAGA	Länderarbeitsgemeinschaft Abfall
PCP-V	Pentachlorphenolverbotsverordnung
RAL	RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V.
REACH- Verordnung	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals; Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulas- sung und Beschränkung chemischer Stoffe
StLB	Standardleistungsbuch
TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe
VOB	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen
VOB/Teil A	Vergabe von Bauleistungen
VOB/Teil B	Ausführung von Bauleistungen
VOB/Teil C	Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV)
ZTV	Zusätzliche technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen

## Literatur

### Teil 1

#### „Grundlagen“, Abschnitte 2.4 „Baustoffe“ und 3.1 „Erfahrungen Zertifizierung“

ADEME / Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie: Bâtiment et Démarche HQE. [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr); Angers 2007

Adriaans, Richard, Bernd Leuters, und Hans Löfflad: AKÖH Positivliste Baustoffe. Der Ratgeber zur Baustoffauswahl im Holzhausbau. Herford 1998

Air Quality Sciences (Hrsg.): Building Rating Systems (Certification Programs): A Comparison of Key Programs. [www.aeris.org/uploads/2009.12.09\\_Green\\_Building\\_Programs\\_Comparison\\_publication.pdf](http://www.aeris.org/uploads/2009.12.09_Green_Building_Programs_Comparison_publication.pdf); retr. 10.01.2011; Marietta, Georgia, USA 2009

ARGE kdR / Arbeitsgemeinschaft kontrolliert deklarierte Rohstoffe: Erstellung einer internetbasierten Datenbank zur Volldeklaration von Bauprodukten für Hersteller und Konsumenten. Forschungsarbeit im Auftrag der Deutschen Bundesstiftung Umwelt; Bearbeitung: ARGE kdR mit Agentur 21 Karlsruhe, Katalyse Institut Köln, Universität Karlsruhe (TH) und verschiedenen Herstellern. Frankfurt am Main 2008

Baden-Württemberg, Finanzministerium (Hrsg.): Stärkung der Nachhaltigkeit im Staatlichen Hochbau. Ziele, Strategien und Handlungsleitlinien. Stuttgart 2009

Baden-Württemberg, Finanzministerium, Vermögen und Bau (Hrsg.): Betriebskosten und Verbräuche. Kennwerte von Hochbauten. Staatliche Gebäude ohne Universitäten und Universitätskliniken. Stuttgart 2004

Baden-Württemberg, Finanzministerium, Vermögen und Bau (Hrsg.): Gebäudemanagement in den Polizeidirektionen des Landes Baden-Württemberg. Stuttgart 2009

Bahr, Carolin; Realdatenanalyse zum Instandhaltungsaufwand öffentlicher Hochbauten. Ein Beitrag zur Budgetierung. Karlsruhe 2008

Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern / BKI (Hrsg.): BKI Baukosten 2009. Teil 2 Statistische Kennwerte für Bauelemente. Stuttgart 2009

BDEW Bundesverband der Energie und Wasserwirtschaft e. V. (Hrsg.): Benchmarking: „Lernen von den Besten“. Leistungsvergleiche in der deutschen Wasserwirtschaft. Berlin Februar 2010

Benke, Georg / Österreichische Energieagentur: Benchmarking. The European Green Building Programme; [www.eu-greenbuilding.org](http://www.eu-greenbuilding.org) (2010)

BINE Informationsdienst, FIZ Karlsruhe (Hrsg.): Gebäude energieeffizient betreiben. Den Anspruch der Planung einlösen. Themeninfo I/2010, Karlsruhe 2010

BINE Informationsdienst, FIZ Karlsruhe (Hrsg.): Thermoaktive Bauteilsysteme. Nichtwohngebäude effizient heizen und kühlen auf hohem Komfortniveau. Themeninfo I/2007, Karlsruhe 2007

BREAM: Scheme Document SD 5055. BREEAM Offices 2008. Ausgabe 4.0; [http://www.breeam.org/filelibrary/SD5055\\_4\\_0\\_BREEAM\\_Offices\\_2008.pdf](http://www.breeam.org/filelibrary/SD5055_4_0_BREEAM_Offices_2008.pdf); retr. 10.01.2011 (nur digit.); Watford 2010

- Borutta, Andreas: Bewertung von „Green Buildings“ – Versuch einer Zusammenfassung. in: Immobilien und Finanzierung (2010) H.2, S.50 f.
- Buchholz, Ulrich: Green Buildings gehört die Zukunft. In: dpn, Deutsche Pensions- und Depeschennachrichten, April 2010
- Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.): Leitfaden Nachhaltiges Bauen; hrsg. im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (vgl. auch BMVBS 2011). Berlin 2001
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft / BUWAL (Hrsg.): Bewertung in Ökobilanzen mit der Methode der ökologischen Knappheit. Ökofaktoren 1997. Schriftenreihe Umwelt Nr. 297, Ökobilanzen. Bearbeitung: Gabriele Brand, Adrian Scheidegger, Othmar Schwank (INFRAS) und Arthur Braunschweig; [www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00436/index.html?lang=de](http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00436/index.html?lang=de); Bern 1998
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft / BUWAL (Hrsg.): Auswirkungen des Umweltschutzes auf BIP, Beschäftigung und Unternehmen. Umweltmaterialien Nr. 197 Ökonomie, Bearbeitung: R. Iten, M. Peter, R. Walz, S. Menegale und M. Blum; [www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00307/index.html?lang=de](http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00307/index.html?lang=de); Bern 2005
- Bundesamt für Umwelt / BAFU (Hrsg.): Methode der ökologischen Knappheit - Ökofaktoren 2006. Methode für die Wirkungsabschätzung in Ökobilanzen. Umwelt-Wissen Nr. 0906; Bearbeitung: Rolf Frischknecht und Roland Steiner und Niels Jungbluth (ESU-services GmbH); online publ.: [www.umwelt-schweiz.ch/uw-0906-d](http://www.umwelt-schweiz.ch/uw-0906-d); Bern 2009
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung / BBSR (Hrsg.): Deutsches Gütesiegel nachhaltiges Bauen – Evaluierung und Fortschreibung des Systems. Bearbeitung: Kati Herzog und Alice Omet, Bilfinger Berger Hochbau GmbH, in Zusammenarbeit mit Ascona König-Jama GbR, Holger König; BBSR Online Publikation Nr. XX/2010
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung / BBSR (Hrsg.): Nachhaltiges Bauen. Strategien – Methodik – Praxis. BBSR-Berichte KOMPAKT, Heft 14 2010
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft et al. / Republik Österreich (Hrsg.): Check it! Kriterienkatalog zur Berücksichtigung des Umweltschutzes im Beschaffungs- und Auftragswesen. Gesamtedaktion: Ines Oehme, BeschaffungServiceAustria (am IFZ / IFF - Interuniversitäres Forschungszentrum für Technik, Arbeit und Kultur (IFZ) / Fakultät für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung (IFF), Graz); online: Ökoeinkauf. Österreichs Internetportal zur Umweltfreundlichen Beschaffung; [www.ifz.tugraz.at/oekoeinkauf](http://www.ifz.tugraz.at/oekoeinkauf); Wien 2001
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit / BMUNR (Hrsg.): Agenda 21. Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro. Dokumente. Bonn 1993
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bundesverband der Deutschen Industrie e.V., Umweltbundesamt (Hrsg.): Umweltinformationen für Produkte und Dienstleistungen. Bearbeitung: Martin Prösler, Proesler Kommunikation, [www.proesler.com](http://www.proesler.com); [http://www.blauer-engel.de/\\_downloads/publikationen/BMU\\_BDI\\_UBA\\_DE\\_2008\\_12\\_11.pdf](http://www.blauer-engel.de/_downloads/publikationen/BMU_BDI_UBA_DE_2008_12_11.pdf) Berlin 2008
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.): Umweltbewusstsein in Deutschland 2010. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Bearbeitung: Silke Borgstedt und Tamina

- Christ (Sinus-Institut, Heidelberg) sowie Fritz Reusswig (Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung); Berlin und Dessau 2010
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung / BMVBS (Hrsg.): CO<sub>2</sub>-Gebäudereport 2007. Bearbeitung: Malte Friedrich (Projektleitung), Daniela Becker, Andreas Grondey und Franziska Laskowski / co2online gemeinnützige GmbH co2online, sowie Hans Erhorn Heike Erhorn-Kluttig, Gerd Hauser, Christina Sager und Hannah Weber / Fraunhofer-Institut für Bauphysik. Berlin 2007
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung / BMVBS (Hrsg.): Weichen stellen für morgen. Nachhaltigkeitsbericht des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Berlin 2009
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und Bundesinstitut für Bau-Stadt- und Raumforschung (Hrsg.): Benchmarks für die Energieeffizienz von Nichtwohngebäuden. Vergleichswerte für Energieausweise. Bearbeitung: ARGE Benchmarks, Andreas Klöffel et al.; Anlage zum Endbericht: Grafische Datenauswertung; BBSR online Publikation Nr. 09/2009
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung / BMVBS(Hrsg.): Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen - Anwendung des Zertifizierungssystems und der Kriteriensteckbriefe. Bearbeitung: Gerd Hauser, Natalie Eßig et al., Technische Universität München, Lehrstuhl für Bauphysik in Zusammenarbeit mit Integrale Planung GmbH (Intep), München, und Fraunhofer Institut für Bauphysik, Echterdingen; BBSR-Online Publikation Nr. 18/2010, Berlin 2010
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung / BMVBS (Hrsg.): Leitfaden Nachhaltiges Bauen. (vgl. BBR 2001) Berlin 2011
- Bundesregierung: Perspektiven für Deutschland. Unserer Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Berlin 2002
- Bundesverband öffentlicher Banken Deutschlands, VÖB: VÖB-Immobilienanalyse Instrument zur Beurteilung des Chance-/Risikoprofils von Immobilien. www.voeb.de, Berlin 2006
- Carus, Michael, et al. / nova Institut: Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern und Naturfaser-Werkstoffen (Deutschland und EU). Gülzower Fachgespräche Band 26, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Gülzow 2008
- Center for Corporate Responsibility and Sustainability an der Universität Zürich CCRS (Hrsg.): ESI Immobilienbewertung – Nachhaltigkeit inklusive. Bearbeitung: Erika Meins und Hans-Peter Burkhard, Zürich 2009
- Center for Corporate Responsibility and Sustainability an der Universität Zürich CCRS / Meins, Erika (Hrsg.): Der Nachhaltigkeit von Immobilien einen Wert geben – Minergie macht sich bezahlt. Bearbeitung: Marco Salvi, Andrea Horehajova und Ruth Müri, Zürich 2008
- Cesarz, Michael: How do you eat an elephant? Ein Gespräch über grüne Technologien und Shopping Center. in: Polis Jhg. 17 (2010) H.2, S. 64 f.
- Danner, Herbert: Ökologische Wärmedämmstoffe im Vergleich. Leitfaden zur Dämmstoffwahl für den normgerechten Einsatz. Gutachten im Auftrag der Landeshauptstadt München. 2008

Deutsche Bank Research: Bauen als Klimaschutz. Warum die Bauwirtschaft vom Klimawandel profitiert. Aktuelle Themen 433; Frankfurt am Main 09. Oktober 2008

Deutsche Bank Research: Nachhaltige Gebäude: Von der Nische zum Standard. Aktuelle Themen 483; Frankfurt am Main 11. Mai 2010

Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen / DGNB (Hrsg.): DGNB Handbuch Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude. Version 2009. Stuttgart 2009

Deutscher Bundestag: Umsetzung des Aktionsplans zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe im Baubereich. Antwort der Bundesregierung vom 04.08.2010. BT-Drs. 17/2697

Draeger, Susan / Happold Ingenieurbüro, Berlin: Vergleich des Systems des deutschen Gütesiegels Nachhaltiges Bauen mit internationalen Systemen. Referat DEUBAU, Berlin 02/2010

Draeger, Susan / Happold Ingenieurbüro, Berlin: Vergleich des Systems des deutschen Gütesiegels Nachhaltiges Bauen mit internationalen Systemen. Forschungsarbeit im Auftrag des BBSR für das BMVBS, Berlin 10/2010

Ebert, Thilo, Nathalie Eßig und Gerd Hauser: Zertifizierungssysteme für Gebäude. Nachhaltigkeit bewerten, Internationaler Systemvergleich, Zertifizierung und Ökonomie. München 2010

Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ des 11. Deutschen Bundestages:

Erster Zwischenbericht (Drucksache 11/3246 vom 02.11.1988);

Zweiter Bericht „Schutz der tropischen Wälder“ (Drucksache 11/7220 vom 24.05.1990);

Dritter Bericht „Schutz der Erde“ (Drucksache 11/8030 vom 24.05.1990);

Schlussbericht „Mehr Zukunft für die Erde; nachhaltige Energiepolitik für dauerhaften Klimaschutz“ (Drucksache 12/8600 vom 30.10.1994) Bonn

Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 12. Deutschen Bundestages:

Erster Bericht: Klimagefährdung gefährdet die globale Entwicklung. Zukunft sichern – jetzt handeln. Bonn 1992;

Verantwortung für die Zukunft - Wege zum nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen. Bonn 1993;

Die Industriegesellschaft gestalten – Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen. Bonn 1994

Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung" des 13. deutschen Bundestages / Deutscher Bundestag (Hrsg.): Konzept Nachhaltigkeit. Vom Leitbild zur Umsetzung. Abschlussbericht. Bundestagsdrucksache 13/11200; Bonn 1998

Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages (Hrsg.):

Konzept Nachhaltigkeit - Fundamente für die Gesellschaft von morgen. Bonn 1997;

Stoffströme und Kosten in den Bereichen Bauen und Wohnen. Hrsg. von Nikolaus Kohler, Uta Hassler und Herbert Paschen; Bonn 1999

Ernst & Young: Green for go. Supply chain sustainability.2008

- Eßig, Natalie: Die Bemessung der Nachhaltigkeit. Das Zertifizierungssystem „Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen“. In db 142 (2009) 5, S -
- Europäische Kommission: Grünbuch über die Modernisierung der europäischen Politik im Bereich des öffentlichen Auftragswesens. Wege zu einem effizienteren europäischen Markt für öffentliche Aufträge. (KOM(2011) 15), Brüssel 2011
- European Commission: Creating an Innovative Europe. Report of the Independent Expert Group on R&D and innovation appointed following the Hampton Court Summit and chaired by Esko Aho ("Aho-Report"), EUR 22005. Luxemburg 2006
- European Commission: Guide on dealing with innovative solutions in public procurement – 10 elements of good practice. Luxemburg 2007
- Ewen, Inse: Green. Ökolabels und Umweltproduktdeklaration der Bauwirtschaft. AIT - Architektur, Innenarchitektur, Technischer Ausbau, 117 (2009) 4, S. 146-149
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. / fnr (Hrsg.): Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen. Bearbeitung: Jörg Brandhorst. Gülzow, 2006
- Fahay et al.: Twenty questions and answers about the ozone layer. 2006 Update; Teilbericht zu: Scientific assessment of ozone depletion: 2006; Global Ozone Research and Monitoring Project—Report No. 50; final release February 2007  
<ftp://ftp.nilu.no/pub/NILU/geir/assessment-2006/10%20Q&AChapter.pdf>;  
 World Meteorological Organization, Genf (Schweiz) 2007
- Feifel, S.; W. Walk, S. Wursthorn und L. Schebek (Hrsg.): Ökobilanzierung 2009. Ansätze und Weiterentwicklungen zur Operationalisierung von Nachhaltigkeit. Karlsruhe 2009
- FondsMedia: Green Building: Immobilienökonomie der Zukunft oder kurzlebiger Öko-trend?  
[www.fondsmedia.com/html/Asset\\_Research/Marktstudien/Marktstudie\\_Green\\_Building\\_2010.php](http://www.fondsmedia.com/html/Asset_Research/Marktstudien/Marktstudie_Green_Building_2010.php); s.auch [www.cash-online](http://www.cash-online) 14.04.2010
- Forest Stewardship Council A.C.: Leitfaden FSC CoC. Zertifizierung von holz- und papierverarbeitenden Unternehmen. [www.sqs.ch/921.pdf](http://www.sqs.ch/921.pdf); Ausgabe Februar 2006
- Fraunhofer Informationszentrum Benchmarking /IZB, online, [www-izb.ipk.fhg.de](http://www-izb.ipk.fhg.de), 2010
- Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung / ISI (Hrsg.): Innovation and Public Procurement. Review of Issues at Stake. Study for the European Commission No ENTR/03/24; [cordis.europa.eu/innovation-policy/studies/full\\_study.pdf](http://cordis.europa.eu/innovation-policy/studies/full_study.pdf), retr. 2010; Brüssel, Dezember 2005
- Fries, Stefan: The Solarwind Project – DGNB im internationalen Kontext und im Vergleich mit den Zertifizierungssystemen BREEAM und HQE. Referat consense Juni 2010; [www.dgnb.de/fileadmin/consense/Vortraege\\_2010/Plenum\\_100623/StefanFries\\_GrenzenlosGleich\\_Consense2010.pdf](http://www.dgnb.de/fileadmin/consense/Vortraege_2010/Plenum_100623/StefanFries_GrenzenlosGleich_Consense2010.pdf), retr. 04.04.2011
- Fritzenwallner, Christine: Nachhaltiges Bauen. Nachhaltigkeitszertifikat der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen. In: db 142 (2009) 3, S. 68
- Führungsakademie der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft / FWI und Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung / IZT (Hrsg.): Nachhaltigkeit des „Bauens und Wohnens“. Handlungsfelder für die Wohnungswirtschaft. Bearbeitung: Michael Scharp, Jürgen Galonska, Michael Knoll, Siegfried Behrendt, Rolf Kreibich; Berlin 2002

- Gertis, Karl; Gerd Hauser, Karl Sedlbauer und Werner Sobek: Was bedeutet „Platin“? Zur Entwicklung von Nachhaltigkeitsverfahren. in: Bauphysik 30 (2008) H. 4, S. 244 - 256
- Gesamtverband Schadstoffsanierung (Hrsg.): Schadstoffe in Innenräumen und an Gebäuden. Köln 2009
- Golder Associates: Klimawandel. Herausforderungen und Potenziale für hessische Umwelttechnologieanbieter. Studie im Auftrag der Aktionslinie Umwelttech des Hessischen Ministers für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung. [www.hessen-umwelttech.de](http://www.hessen-umwelttech.de), Wiesbaden Januar 2009
- Graubner, Carl-Alexander und Katja Hüske: Nachhaltigkeit im Bauwesen. Grundlagen - Instrumente - Beispiele. Berlin 2003
- Graubner, Carl-Alexander; Thomas Lützkendorf, Carmen Schneider und Zak: Grundlagen für die Entwicklung eines Zertifizierungssystems zur Beurteilung der Nachhaltigkeit von Gebäuden. Darmstadt / Karlsruhe 2007
- Graubner, Carl-Alexander; und Thomas Lützkendorf: Bewertung und Zertifizierung der Nachhaltigkeit von Gebäuden. In: Mauerwerk 12 (2008) 2, S. 53 - 60
- Graubner et al.: Studie zur Nachhaltigkeitszertifizierung von Gebäuden. Bearbeitung: Sandy Reinhardt, Carmen Schneider und Carolin Hock unter Mitwirkung von Thomas Lützkendorf. retr. 2010  
[http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/forschungsprojekte/studie\\_nachhaltigkeitszertifizierung.pdf](http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/forschungsprojekte/studie_nachhaltigkeitszertifizierung.pdf) , Berlin, 2007.
- Graubner, Carl-Alexander und Alexander Renner: BauLoop: ein Softwaretool für die Nachhaltigkeitsanalyse von Gebäuden. In: Ökologische und ökonomische Lebenszyklusbetrachtung von Gebäuden: Darmstädter Nachhaltigkeitssymposium Juli 2003, S. XXI-1-16, Darmstadt 2003
- Greiff, Rainer, und Peter Werner / Institut Wohnen und Umwelt (Hrsg.): Ökologischer Mietwohnungsbau. Konzepte für eine umweltverträgliche Baupraxis. C.F. Müller Verlag, Karlsruhe 1991
- Greiff, Rainer, und Wolfgang Kröning / Institut Wohnen und Umwelt (Hrsg.): Bodenschutz beim Bauen. Grundlagen und Handlungsempfehlungen für den Hochbau. Karlsruhe 1993
- Greiff, Rainer; Wolfgang Kröning; Tobias Loga; Peter Werner / Institut Wohnen und Umwelt: Ökologischer Mietwohnungsbau. Auswertung vorliegender Erfahrungen des ökologischen Bauens für den Mietwohnungsbau, Darmstadt, 1993
- Greiff, Rainer / Institut Wohnen und Umwelt: Soziale Indikatoren des nachhaltigen Bauens. Unveröff. Manuskript; Bonn und Darmstadt 2005
- Haas, Martin: Nachhaltigkeit ist auch vermarktbar. in: db deutsche bauzeitung 142 (2008) H. 3, S. 69 -71
- Haefele, G. u. Oed, W. u. Sambeth, B.M. (Hrsg.): Baustoffe und Ökologie. Bewertungskriterien für Architekten und Bauherren. Tübingen/Berlin 1996
- Hauff, Volker (Hrsg.): Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtlandbericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. (Titel der englischen Originalausgabe: Our Common Future. Oxford 1987) Greven 1987



- Hegger, Manfred; Volker Auch-Schwelk, Mathias Fuchs und Thorsten Rosenkranz: Baustoff Atlas. München 2005
- Herzog, Kati: Lebenszykluskosten von Baukonstruktionen. Entwicklung eines Modells und einer Softwarekomponente zur ökonomischen Analyse und Nachhaltigkeitsbeurteilung von Gebäuden. Dissertation am Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie der TU Darmstadt 2005
- Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung / HMWVL und Hessen Agentur (Hrsg.): Unternehmenskooperationen am Beispiel des Recyclings gemischter Bau- und Abbruchabfälle. Bearbeitung: Uwe Görrisch GmbH, Karlsruhe; Schriftenreihe der Aktionslinie Hessen-Umwelttech Band 4; Wiesbaden 2007
- Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung / HMWVL und Hessen Agentur (Hrsg.): Einsatz von Nanotechnologien in Architektur und Bauwesen. Bearbeitung: Wolfgang Luther, VDI Technologiezentrum Düsseldorf; Schriftenreihe der Aktionslinie Hessen-Nanotech, Band 7; Wiesbaden 2008
- Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung / HMWVL und Hessen Agentur (Hrsg.): Umwelttechnologie-Anbieter in Hessen. Bestandsaufnahme 2007. Bearbeitung: AMCG Unternehmensberatung GmbH, München. Wiesbaden 2008
- Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung / HMWVL (Hrsg.): „Barrierefreies – Universales Bauen“. Bearbeitung: Brigitte Schneider und Regina Werle, Wiesbaden 2011
- Holzabsatzfonds, Absatzförderungsfonds der deutschen Forst- und Holzwirtschaft (Hrsg.): Energieeffiziente Bürogebäude in Holzbauweise. Holzbau Handbuch, Reihe 1, Teil 2, Folge 4; Bearbeitung: Ludger Dederich, Hermann Kaufmann, Stefan Mayerhofer, Frank Lattke und Wolfgang Huß; Bonn 2009
- Institut Bauen und Umwelt e.V. / IBU: Leitfaden für die Formulierung der Anforderungen an die Produktkategorien der Umweltdeklarationen (Typ III) für Bauprodukte. Allgemeiner Leitfaden. [www.bau-umwelt.com](http://www.bau-umwelt.com), vorläufige Fassung Stand 20.01.2006, Königswinter 2006
- Institut für Wirtschaftsforschung Halle (IWH), Halle (Saale): Energieeffizienz in Wohngebäuden: Osten vorn, Westen holt auf. IWH-Pressemitteilung 16/2010
- IPCC / Intergovernmental Panel on Climate Change: Klimaänderung 2007. Wissenschaftliche Grundlagen. Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (IPCC). Bearbeitung: Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor und H.L. Miller, Cambridge, United Kingdom und New York, NY, USA. Deutsche Übersetzung durch ProClim, österreichisches Umweltbundesamt, deutsche IPCC-Koordinationsstelle, Bern/Wien/Berlin, 2007.  
<http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/deutch/IPCC2007-WG1.pdf>
- IW Consult: INSM Abwassermonitor 2008. Abwassergebühren im Vergleich - Die 100 größten deutschen Städte. Köln, 18. August 2008
- Jörissen, Juliane; Reinhard Coenen und Volker Stelzer: Zukunftsfähiges Bauen und Wohnen. Herausforderungen, Defizite, Strategien. Berlin 2005
- Kaldschmidt, Susanne: Benchmarking zur Messung und Steigerung der Nachhaltigkeit. In Mertins / Kohl 2009

- Klinge, Martina und Udo Jeske, ITAS-ZTS: Ökologische Bauprodukte. in: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis. Hrsg.: Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) 18 (2009) 2, S. 56-62
- Klöpffer, Walter, und Birgit Grahl: Ökobilanz (LCA). Weinheim 2009
- Kloft, Harald: Untersuchungen zu den Material- und Energieströmen im Wohnungsbau. Dissertation am Institut für Statik der TU Darmstadt 1998
- König, Holger (Hrsg.): Handbuch Legep. Planen – Berechnen - Betreiben. WEKA Medien. [www.legep-software.de/wp-content/uploads/2009/10/HB\\_LEGEP\\_Original\\_Korr\\_090909.pdf](http://www.legep-software.de/wp-content/uploads/2009/10/HB_LEGEP_Original_Korr_090909.pdf); Oktober 2009
- König, Holger: Lebenszyklusdaten für Industriebauten: Top-Down oder Bottom-up? Aufsatz veröffentlicht am 25.07.2008 auf [www.ilmforum.de](http://www.ilmforum.de)
- Kopfmüller, Jürgen; Volker Brandl, Juliane Jörissen, Michael Paetau, Gerhard Banse, Reinhard Coenen, Armin Grunwald: Nachhaltige Entwicklung integrativ betrachtet. Konstitutive Elemente, Regeln, Indikatoren. Berlin 2001 Mertins, Kai, und Holger Kohl (Hrsg.): Benchmarking. Leitfaden für den Vergleich mit den Besten. Düsseldorf 2009
- Kreissig, J.; E. Schmincke, M. Klinge, U. Jeske: Umweltdeklarationen von Bauprodukten: Branchenspezifische Realisierung einer Typ III-Kennzeichnung. UBA FKZ 203 95 314; [http://www.pe-international.com/fileadmin/user\\_upload/images/downloads/Endbericht\\_UBA\\_Umweltdeklaration\\_von\\_Bauprodukten.pdf](http://www.pe-international.com/fileadmin/user_upload/images/downloads/Endbericht_UBA_Umweltdeklaration_von_Bauprodukten.pdf) (download 27.5.09) 2006
- Krusche, Per; Dirk Althaus, Ingo Gabriel und Maria Weig-Krusche / Umweltbundesamt (Hrsg.): Ökologisches Bauen. Wiesbaden und Berlin 1982
- Kurz, Peter: Dämmstoffe richtig eingesetzt. Informationen zur Auswahl von Dämmstoffen. "die umweltberatung" Österreich, Pölsen, Österreich, 2004
- Lamp, Hans; und Thomas Grundmann / Stat. Bundesamt: Neue Entgeltstatistik in der Wasser- und Abwasserwirtschaft. in : Wirtschaft und Statistik, S. 596 – 601, H.6, 2009
- Landesinstitut für Bauwesen des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Baustoffe unter ökologischen Gesichtspunkten. Ziele, Planungshinweise, Baustoffe und Schadstoffe. Aachen 1999
- Landor, Cohn & Wolfe und Benn, Schoen, Berland (pres.): 2010 Green Brands Global Insight. [landor.com/go/greenbrands2010germany](http://landor.com/go/greenbrands2010germany); retr Juli.2010
- Lehrstuhl für Technologie biogener Rohstoffe, Technische Universität München: Analyse, Bewertung und Management von Roh- und Baustoffströmen in Bayern. Bearbeitung: Weber-Blaschke, Gabriele (Projektleitung), Martin Faulstich (Projektleitung), Amaya Garijo, Ingo Hölzle, Amar Jadhav, Christian Pacher und Sabine Zettel; Freising 2005
- Lützkendorf, Thomas: Beiträge zur Umsetzung von Prinzipien einer Nachhaltigen Entwicklung im Baubereich. Habilitationsschrift; Bauhaus-Universität Weimar 2000
- Lützkendorf, Thomas: Nachhaltiges Planen, Bauen und Bewirtschaften von Bauwerken. Ziele, Grundlagen, Stand und Trends. Bewertungsmethoden und –hilfsmittel. Karlsruhe und Weimar 2002

- Mantau, Udo: Holzrohstoffbilanz Deutschland: Szenarien des Holzaufkommens und der Holzverwendung bis 2012. Hamburg 2008
- Mantau, Udo: Deutschland: Szenarien des Holzaufkommens und der Holzverwendung bis 2012. in: Waldstrategie 2020. Tagungsband zum Symposium des BMELV 10. – 11. Dez. 2008 in Berlin, für das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz hrsg. von Björn Seintsch und Matthias Dieter, Sonderheft 327; S. 27 – 36; Berlin 2009
- Michelsen, Claus / Institut für Wirtschaftsforschung Halle, iwh: Der lange Weg zur Energieeffizienz von Immobilien – Ergebnisse des ista-IWH-Energieeffizienzindex. In: Wirtschaft im Wandel 3/2010, S.136 – 141
- Miller, Norm G. und Dave Pogue: Do Green Buildings Make Dollars and Sense? San Diego 2009
- Miller, Norm G.: Does Green Still Pay Off? V.P. Analytics, Costar Group; <http://www.costar.com/josre/pdfs/DoesGreenStillPayOff.pdf>; retr. 13.04.2011; 2010
- Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Landwirtschaft des Landes Schleswig-Holstein: Umweltverträglichkeit von Gebäudedämmstoffen. Bearbeitung: Katalyse, Institut für angewandte Umweltforschung, Köln; Kiel 2003
- Ortleb, Holger / Bundesverband Baustoffe Steine und Erden e.V.: EPD zu Bauprodukten. Ziele, Motivation und Sachstand aus Sicht der Bauindustrie. Statusseminar 2006 Netzwerk Lebenszyklusdaten. [www.fona.de/pdf/forum/2006/doku/061023\\_11\\_nlz\\_Ortleb.pdf](http://www.fona.de/pdf/forum/2006/doku/061023_11_nlz_Ortleb.pdf); Berlin 2006
- Penning, Jutta: EPDs und die Umweltkommunikation von Bauprodukten. Dessau 2006
- PEFC: Alles, was Sie über PEFC wissen wollen. [www.pefc.de/images/download/mkb/pefc\\_in\\_kuerze.pdf](http://www.pefc.de/images/download/mkb/pefc_in_kuerze.pdf); Juli 2010
- Ploetz, Christiane; Günter Reuscher und Axel Zweck / VDI Technologiezentrum: Mehr Wissen – weniger Ressourcen. Potenziale für eine ressourceneffiziente Wissenschaft. Düsseldorf 2009
- Puls, Christian: Green Buildings. Nachhaltiges Bauen auf dem deutschen und amerikanischen Gewerbeimmobilienmarkt. Hamburg 2009
- Reiche, Katja: Nachhaltigkeitsanalyse demontagegerechter Baukonstruktionen. Entwicklung eines Analysemodells für den Entwurf von Gebäuden. Dissertation am Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie der TU Darmstadt 2001
- Renner, Alexander: Energie- und Ökoeffizienz von Wohngebäuden. Entwicklung eines Verfahrens zur lebenszyklusorientierten Bewertung der Umweltwirkungen unter besonderer Berücksichtigung der Nutzungsphase. Dissertation am Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie der TU Darmstadt 2007
- Reyer, Eckhard; Kai Schild und Stefan Völkner: Kompendium der Dämmstoffe Stuttgart 2002
- Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (ISI), Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) und Bundesanstalt für Geowissenschaften (BGR): Trends der Angebots- und Nachfragesituation bei mineralischen Rohstoffen. Forschungsprojekt Nr. 09/05 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWI). Online Ressource; Bearbeitung: Manuel Frondel (Projektleiter); Peter Grö-

- sche, Dirk Huchtemann, Andreas Oberheitmann, Jörg Peters, Gerhard Angerer, Christian Sartorius, Peter Buchholz, Simone Röhling und Markus Wagner; Essen 2007
- Richter, Eike, Cordula Loidl-Reisch, Karen Brix, Jennifer Zelt und Astrid Zimmermann / LA.BAR Landschaftsarchitekten, Berlin, und Technische Universität Berlin, Fachgebiet Landschaftsbau – Objektbau: Leitfaden Nachhaltiges Bauen – Außenanlagen. [www.bbsr.bund.de](http://www.bbsr.bund.de), Berlin 2011
- Riegel, Gert Wolfgang: Ein softwaregestütztes Berechnungsverfahren zur Prognose und Beurteilung der Nutzungskosten von Bürogebäuden. Dissertation am Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie der TU Darmstadt 2004
- Rose, Wulf-Dietrich: Wohngifte. Handbuch zur kritischen Auswahl der Materialien für gesundes Bauen und Einrichten. Oldenburg 1984 (Neuaufgabe: Kur, Friedrich: Wohngifte. Handbuch für gesundes Bauen und Einrichten. 3., erweiterte und vollständig überarbeitete Neuausgabe, Frankfurt am Main 1993)
- Saunders, Thomas / British Research Establishment BRE: A Discussion Document Comparing International Environmental Assessment Methods for Buildings. [http://www.breeam.org/filelibrary/International%20Comparison%20Document/Comparison\\_of\\_International\\_Environmental\\_Assessment\\_Methods01.pdf](http://www.breeam.org/filelibrary/International%20Comparison%20Document/Comparison_of_International_Environmental_Assessment_Methods01.pdf); Watford 2008
- Schawinski, Roger: Vergiftet. Wie wir ein Haus bauten, das uns krank machte. Unions-Verlag, Zürich 1986
- Schneider, Carmen; und Charlotte Baumann-Lotz: Über eine Zertifizierung muss schon die Planung entscheiden. Das nachhaltige Planen und Bauen im Spiegel der Bewertungssysteme und ihrer praktischen Anwendung. In: Deutsches Ingenieurblatt , (2009) 10, S. 18 - 24
- Schulze Darup, Burkhard: Bauökologie. Wiesbaden und Berlin 1996
- Schwarz, J.: "Ökologie im Bau". Bern, Stuttgart, Wien 1998
- Sedlbauer, Klaus et al.: Potenziale des Nachhaltigen Bauens in Deutschland. Analyse der internationalen Strukturen. Bearbeitung: Anna Braune und Klaus Sedlbauer / Uni Stuttgart, Siegrun Kittelberger und Johannes Kreissig / PE International, Stuttgart 2007
- Spritzendorfer, Josef: Nachhaltiges Bauen mit "wohngesunden" Baustoffen. Heidelberg 2007
- Stadt Frankfurt am Main , Energiereferat: Das Passivhaus: Kostengünstig – bewährt – komfortabel. [www.frankfurt.de/sixcms/media.php/738/Vorteile\\_Passivhaus.pdf](http://www.frankfurt.de/sixcms/media.php/738/Vorteile_Passivhaus.pdf); online 2010
- Stadt Frankfurt am Main, Hochbauamt: Leitlinie zum wirtschaftlichen Bauen 2010. Frankfurt am Main 2010
- Stadt Heidelberg, Amt für Umweltschutz und Gesundheitsförderung: Leitfaden der umwelt- und gesundheitsverträglichen Baustoffe. Heidelberg 1998
- Stadt Nordhorn: Richtlinien zur Förderung des Wohnungsbaus in der Stadt Nordhorn vom 9.10.2003, mit dem Teil A<sub>2</sub> Förderung der Verwendung von ökologischen Baustoffen. Dazu: Katalog der Baustoffe. Nordhorn 2003

- Starzner, Sepp; und Petra Wurmer-Weiß: ECOBIS 2000. Ökologisches Baustoffinformationssystem des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Wohnungswesen und der Bayerischen Architektenkammer mit Unterstützung des bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen, München 2000
- Statistisches Bundesamt Deutschland (Hrsg.): Energie auf einen Blick. Wiesbaden 2009
- Statistisches Bundesamt Deutschland (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch 2009. Wiesbaden 2009
- Statistisches Bundesamt Deutschland (Hrsg.): Umsatz mit Waren, Bau- und Dienstleistungen, die ausschließlich dem Umweltschutz dienen. Fachserie 19 Reihe 3.3; Wiesbaden 2005
- Statistisches Bundesamt Deutschland: Rückläufiger Energieverbrauch der privaten Haushalte für Wohnen. Pressemitteilung Nr.055 vom 18.02.2009
- Statistisches Bundesamt Hrsg.: Gesamtwirtschaftlicher Rohstoffeinsatz im Rahmen der Materialflussrechnungen. Wirtschaft und Statistik 3, Bearbeitung Ursula Lauber; Wiesbaden 2005
- Statistisches Bundesamt: Rückläufiger Energieverbrauch der privaten Haushalte für Wohnen. Pressemitteilung Nr.055 vom 18.02.2009
- Statistisches Bundesamt: Umweltnutzung und Wirtschaft. Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen. November 2009, Wiesbaden
- Stern, Nicholas (Hrsg.): Stern Review on the Economics of Climate Change / Stern Report. [www.hm-treasury.gov.uk/sternreview](http://www.hm-treasury.gov.uk/sternreview) / London 2006
- Streck, Stefanie, und Karsten Wischhof: Leitbild Bau. Materialien zum Leitbild Bau. Wuppertal / Hamburg 2009
- Todd, Joel Ann: Market Transformation in the United States. Vortrag auf der Jahresversammlung der „Sustainable Building Alliance“, [www.sballiance.biz/batimat/Presentations.htm](http://www.sballiance.biz/batimat/Presentations.htm), 2009
- Tomm, Arwed: Ökologisch planen und bauen. Das Handbuch für Architekten, Ingenieure, Bauherren, Studenten, Baufirmen, Behörden, Stadtplaner, Politiker. Braunschweig 1994
- Umweltbundesamt / UBA (Hrsg.): Leitfaden zum ökologisch orientierten Bauen. Karlsruhe 1991
- Umweltbundesamt / UBA: Handbuch umweltfreundliche Beschaffung. Empfehlungen zur Berücksichtigung des Umweltschutzes in der öffentlichen Verwaltung und im Einkauf. Bearbeitung: Harald Neitzel et al. Westermann, 4. Auflage Berlin 1999
- Umweltbundesamt / UBA (Hrsg.): Bewertung in Ökobilanzen. Methode des Umweltbundesamtes zur Normierung von Wirkungsindikatoren, Ordnung (Rangbildung) von Wirkungskategorien und zur Auswertung nach ISO 14042 und 14043. Bearbeitung: Stefan Schmitz und Inge Pauli. Berlin 12/1999
- Umweltbundesamt: Hintergrundpapier „Handreichung Bewertung in Ökobilanzen“. [/www.probas.umweltbundesamt.de/download/uba\\_bewertungsmethode.pdf](http://www.probas.umweltbundesamt.de/download/uba_bewertungsmethode.pdf); retr. 12.04.2011; August 2000

- Umweltbundesamt / UBA (Hrsg.): Ökobilanz für Getränkeverpackungen II / Phase 2. Forschungsbericht 103 50 504 UBA-FB 000363. Bearb.: Martina Schonert, Gunther Motz, Herrmann Meckel, Prognos AG, Basel; Andreas Detzel, Jürgen Giegrich, Axel Ostermayer, Achim Schorb, IFEU-Institut, Heidelberg; Stefan Schmitz, Umweltbundesamt; Berlin 2002
- Umweltbundesamt / UBA (Hrsg.): Nachhaltiges Bauen und Wohnen in Deutschland. Stofffluss-bezogene Bausteine für ein nationales Konzept der nachhaltigen Entwicklung - Verknüpfung des Bereiches Bauen und Wohnen mit dem komplementären Bereich "Öffentliche Infrastruktur". Texte - Umweltbundesamt; 01/04; Bearbeitung: Matthias Buchert (Projektleiter), U. Fritsche, W. Jenseit, L. Rausch, C. Deilmann, G. Schiller, S. Siedentop und A. Lipkow; Berlin 2004
- Umweltbundesamt / UBA (Hrsg.): Wie private Haushalte die Umwelt nutzen – höherer Energieverbrauch trotz Effizienzsteigerungen. Hintergrundpapier November 2006
- Umweltbundesamt / UBA (Hrsg.): Beschäftigungswirkungen des Umweltschutzes in Deutschland: Methodische Grundlagen und Schätzung für das Jahr 2006. Bearbeitung: Dietmar Edler; Jürgen Blazejczak; Johann Wackerbauer; Tilmann Rave; Harald Legler; Ulrich Schasse. UBA Texte Nr. 26/2009; Dessau 2009
- Umweltbundesamt / UBA (Hrsg.): Weiterentwicklung des direkten Materialinputindicators. Verbesserung von Rohstoffproduktivität und Ressourcenschonung. Dessau 2009
- Umweltbundesamt / UBA (Hrsg.): Umweltzeichen für schadstoffarme Lacke, RAL-UZ 12a, Laufzeit ab 1980. Erfolgsgeschichte des Blauen Engels für schadstoffarme Lacke. [www.blauer-engel.de/de/blauer\\_engel/bilanz/erfolgsgeschichte.php](http://www.blauer-engel.de/de/blauer_engel/bilanz/erfolgsgeschichte.php) retr. 26.07.2010
- Umweltbundesamt / UBA: Umweltzeichen für schadstoffarme Lacke. RAL-UZ 12a, Laufzeit ab 1980. Der Blaue Engel, Presseinformation; [www.blauer-engel.de](http://www.blauer-engel.de); retr. 2010
- United Nations Framework Convention on Climate Change / UNFCCC (Hrsg.): Das Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpger.pdf>, 1997/1998
- US Green Building Council / USGBC (Hrsg.): Sustainable Building, Technical Manual. Green Building Design, Construction and Operations. Bearbeitung: Annette Osso. Taly Walsh et al. / Public Technology Inc.; Gefördert durch das U.S. Department of Energy (DOE) und der U.S. Environmental Protection Agency (EPA); 1996
- Wallbaum, Holger: Gebäudetechnologien im 21. Jahrhundert – Anforderungen, Marktfaktoren und Trends. Vortrag zum Swiss Equity cleantech day 2010. [http://www.sustainabilityday.ch/media/cleantechday/download%20pdfs/cleantech\\_day\\_referat\\_wallbaum\\_101012\\_final.pdf](http://www.sustainabilityday.ch/media/cleantechday/download%20pdfs/cleantech_day_referat_wallbaum_101012_final.pdf); retr 10/2010 Zürich 2010
- Weber-Blaschke, Gabriele, Martin Faulstich et al.: Analyse, Bewertung und Management von Roh- und Baustoffströmen in Bayern. Forschungsprojekt F 237, TU München 2005
- Wittstock, Bastian; Stefan Albrecht, Cecilia Makishi Colodel und Jan Paul Lindner: Gebäude aus Lebenszyklusperspektive – Ökobilanzen im Bauwesen. in: Bauphysik 31. Jhg. (2009) H. 1, S. 9 - 17
- Zellweger, C. u. Hill, H. u. Gehrig, R. u. Hofer, P.: Schadstoffemissionsverhalten von Baustoffen. Zürich 1995

Zwiener, Gerd: Ökologisches Baustoff-Lexikon. Daten, Sachzusammenhänge, Regelwerke. Heidelberg 1994

Zwiener, Gerd; und Hildegund Mötzl: Ökologisches Baustoff-Lexikon. Bauprodukte, Chemikalien, Schadstoffe, Ökologie, Innenraum. Köln 2006

## Teil 2

### Abschnitt 2.1 „Baurestmassen“

- ALOIS / Abfall Online Informationssystem. Verantwortlich für die beteiligten Bundesländer: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen, und Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf; [www.alois-info.de](http://www.alois-info.de)
- Appenzell, Bau- und Umweltdepartment (Hrsg.): Merkblatt Bauabfälle, (retr. 25.08.2010) [www.ai.ch/de/onlinedienste/publikationen/?pubid=2466#pu2466](http://www.ai.ch/de/onlinedienste/publikationen/?pubid=2466#pu2466)
- Arbeitsgemeinschaft Kreislaufwirtschaftsträger Bau: 5. Monitoring-Bericht Bauabfälle. Erhebung 2004. Berlin, [www.arge-kwtb.de](http://www.arge-kwtb.de)
- Arendt, Markus: Kreislaufwirtschaft im Baubereich: Steuerung zukünftiger Stoffströme am Beispiel von Gips. Diss. Heidelberg 2000
- Bayrisches Landesamt für Umweltschutz: Arbeitshilfen Kontrollierter Rückbau. Kontaminierte Bausubstanz. Erkundung, Bewertung, Entsorgung. Augsburg 2009
- Bilitewski, Bernd, und Klaus Lipsmeier: Bauabfallentsorgungssysteme in der baubetrieblichen Praxis unter besonderer Berücksichtigung gewerkespezifischer Aspekte des Hochbaus. in: Müllhandbuch, Band 4, 8531.6, o.J.
- Braungart, M., und W. McDonough: Cradle to Cradle. Remaking the Way We Make Things. New York 2002
- Bundesgütegemeinschaft Recycling-Baustoffe e.V.: REACH – Leitfaden für Recycling-Baustoffe, [www.recycling-bau.de](http://www.recycling-bau.de), Berlin, Mai 2010
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): EQUAR Meeting 2008; Referat Rüdiger Wagner: „Nationale und europäische Rahmenbedingungen für die Verwertung qualitätsgeprüfter Recyclingbaustoffe im Wandel“ Bonn 2008
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Novelle des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes. Eckpunkte des Referentenentwurfes; 06.08.2010; [www.bmu.de](http://www.bmu.de)
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und Bundesministerium der Verteidigung (Hrsg.): Arbeitshilfen zum Umgang mit Bau- und Abbruchabfällen sowie zum Einsatz von Recycling-Baustoffen auf Liegenschaften des Bundes. online-Publikation: [www.arbeitshilfen-recycling.de](http://www.arbeitshilfen-recycling.de); Berlin, Stand: 31.10.2008
- Bundesverband der Altholzaufbereiter und -verwerter e.V. (BAV): Leitfaden der Gebrauchtholzverwertung. 6. Auflage (2009).
- Bundesvereinigung Recycling-Baustoffe e.V. / BRB: Richtlinien Recycling-Baustoffe. Aufgestellt vom Arbeitsausschuss Technik und Umwelt der BRB. [www.recyclingbaustoffe.de/pdf/BRBRichtlinien-neu.pdf](http://www.recyclingbaustoffe.de/pdf/BRBRichtlinien-neu.pdf); Duisburg 2006
- Denner, Monika, Elisabeth Schachermayer und Martin Scheibengraf: Baurestmassen. Grundlagen zur Charakterisierung und Beurteilung des potenziellen Risikos bei der Ablagerung. Berichte BE-273, [www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/BE273.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/BE273.pdf), Wien, 2005
- Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): Grundsätze zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser. Berlin, Mai 2008



- Graubner, Carl-Alexander und Katja Hüske: Nachhaltigkeit im Bauwesen. Grundlagen - Instrumente – Beispiele. Berlin 2003
- Keßler Hermann, 2011 – Urban Mining – Ressourcenschonungspotenziale einer hochwertigen Nutzung des anthropogenen Lagers im Gebäudebestand, in: K. Wiemer, M. Kern, Bio- und Sekundärrohstoffverwertung VI 2011
- Knopf, U.: Kreislaufprozesse und Produktinnovationen bei Mineralwolle. 7. Fachtagung über Abfall- und Sekundärrohstoffwirtschaft, Weimar 1999
- LAGA / Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall: Merkblätter. [www.laga-online.de/index.php?option=com\\_content&view=article&id=22&Itemid=35](http://www.laga-online.de/index.php?option=com_content&view=article&id=22&Itemid=35)
- Land Steiermark (Hrsg.): Richtiger Umgang mit Baurestmassen. Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung 19D - Abfall- und Stoffflusswirtschaft (Hrsg.)2. Auflage 2009;  
[www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/10024917\\_45536/c1c23a9a/Brosch\\_BRM\\_V2\\_1\\_Standard\\_A4\\_\(3\).pdf](http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/10024917_45536/c1c23a9a/Brosch_BRM_V2_1_Standard_A4_(3).pdf)
- Landmann / Rohmer: Umweltrecht; Kommentar. Hrsg.: Martin Beckmann, Wolfgang Durner, Thomas Mann und Marc Röckinghausen; Loseblattsammlung, 60. Ergänzungslieferung; München 2011
- Lipsmeier, K. und Bilitewski, B.: Bauabfallentsorgungssysteme in der baubetrieblichen Praxis unter besonderer Berücksichtigung gewerkespezifischer Aspekte des Hochbaus. In: Müllhandbuch, Band 4 Nr. 8531.5, Berlin 2000
- Matyschik, Jan / Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM): Rückbau- und Aufbereitungsverfahren von Bauschutt. Eine ökobilanzielle Betrachtung. Referat Ökobilanzwerkstatt 2010, [www.netzwerk-lebenszyklusdaten.de](http://www.netzwerk-lebenszyklusdaten.de), Darmstadt 2010
- Mettke, Angelika / BTU Cottbus: Chancen und Potenziale baulicher Ressourcen. Referat zum Workshop im Umweltbundesamt Dessau-Roßlau am 14.11.2007,  
[http://www.umweltdaten.de/abfallwirtschaft/demographischer-wandel/07\\_mettke\\_btu\\_cottbus.pdf](http://www.umweltdaten.de/abfallwirtschaft/demographischer-wandel/07_mettke_btu_cottbus.pdf)
- Mocker, Mario, Klaus Fricke et al.: Urban Mining – Rohstoffe der Zukunft. in: Müll und Abfall (2009) H.10
- Pladerer, C., E. Ganglberger, B. Funder et al.: Vermeidung von Baustellenabfällen in Wien. Magistratsabteilung 48, [www.abfallvermeidungwien.at](http://www.abfallvermeidungwien.at), Wien 2004
- Prognos AG: Berücksichtigung der Geringfügigkeitsschwellenwerte bei der Rechtssetzung und ihrer Auswirkungen auf das Bauwesen. Endbericht; Basel 08.06.2010
- Regierungspräsidium Darmstadt, Gießen und Kassel; Abteilung Umwelt (Hrsg.): Merkblatt „Entsorgung von Bauabfällen“, Stand: 15.05.2009;  
[www.hessen.de/irj/RPDA\\_Internet?cid=e9e0b99a456c1b62dd7ff810a991abf7](http://www.hessen.de/irj/RPDA_Internet?cid=e9e0b99a456c1b62dd7ff810a991abf7)
- Regierungspräsidium Darmstadt (Hrsg.): Merkblatt „Umgang mit mineralischen Abfällen (z. B. Bauschutt)“, Stand: 13.09.2007; Bearbeitung: Gerd Hofmann und Eugen Thielen: [www.hessen.de/irj/RPDA\\_Internet?cid=9708c4ecf4f403e59f425678cb57488f](http://www.hessen.de/irj/RPDA_Internet?cid=9708c4ecf4f403e59f425678cb57488f)
- Uken, Marlies: Die Stadt als Rohstoffquelle. in: Zeit Online, 11.03.2010;  
[www.zeit.de/wirtschaft/2010-03/urban-mining](http://www.zeit.de/wirtschaft/2010-03/urban-mining)

Umweltbundesamt (Hrsg.): Aufkommen, Qualität und Verbleib mineralischer Abfälle. Endbericht, Dessau, Mai 2008

Umweltbundesamt (Hrsg.): Ermittlung von Ressourcenschonungspotenzialen bei der Verwertung von Bauabfällen und Erarbeitung von Empfehlungen zu deren Nutzung. Bearbeitung Georg Schiller, Clemens Deilmann, Karin Gruhler, Patric Röhm / Institut für Ökologische Raumentwicklung, Dresden; u.a. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes; Dessau November 2010

Umweltbundesamt: Abfallbilanzen 1999-2007; Grafiken.  
[http://www.umweltbundesamt.de/abfallwirtschaft/abfallstatistik/dokumente/Abfallbilanzen\\_1999-2007\\_Grafiken.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/abfallwirtschaft/abfallstatistik/dokumente/Abfallbilanzen_1999-2007_Grafiken.pdf) retr. 21.02.2011; Dessau 2010

Verordnung zur Festlegung von Anforderungen für das Einbringen und das Einleiten von Stoffen in das Grundwasser, an den Einbau von Ersatzbaustoffen und für die Verwendung von Boden und bodenähnlichem Material (Verordnung der Bundesregierung) Arbeitsentwurf, Stand 06.01.2011;  
[www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/entw\\_mantelverordnung.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/entw_mantelverordnung.pdf)

Weber, Thomas, Büttel GmbH, Worms; und Ludger Benson, Industrieverband Steine und Erden e.V. Neustadt/Weinstrasse: Recyclingbaustoffe in Ausschreibungsverfahren - Erfahrungen, Probleme, Hinweise. Tagung Innovative, wirtschaftliche und umweltschonende Verfahren - Modernes Baustoffrecycling - am 14. März 2006 in Bad Kreuznach;  
[www.mwvlw.rlp.de](http://www.mwvlw.rlp.de)

Wollensak, Martin: Nachhaltige Konstruktionen. Planung und Entwurf, Wismar 2006

### **Abschnitte 2.2 „Trinkwasser“ und 2.3 „Regenwasser“**

Bayerisches Landesamt für Umwelt / LfU(Hrsg.): Regenwasserversickerung - Gestaltung von Wegen und Plätzen. Praxisratgeber für den Grundstückseigentümer. Bearbeitung: Bullermann Schneble GmbH, Darmstadt; Augsburg 2009

Bullermann, Martin, und Peter Moche: Praxisratgeber Entsiegeln und Versickern in der Wohnbebauung. Hrsg.: Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz; Wiesbaden Februar 2005

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. / DWA (Hrsg.): Arbeitsblatt DWA-A138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. April 2005

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. / DWA (Hrsg.): Wirtschaftsdaten der Abwasserbeseitigung 2009. Ergebnisse einer gemeinsamen Umfrage der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) und des Deutschen Städtetages sowie des Deutschen Städte- und Gemeindebundes. Hennef 2009

DIN 1989-1: Regenwassernutzungsanlagen – Planung, Ausführung, Betrieb und Wartung, Berlin, April 2002

Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. / fbr (Hrsg.): Projektbeispiele zur Betriebs- und Regenwassernutzung - Öffentliche und gewerbliche Anlagen. fbr-Schriftenreihe Band 6; Darmstadt 2007

- Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. / fbr (Hrsg.): Regenwasserbewirtschaftung - Synergien mit der Regenwassernutzung. fbr-Schriftenreihe Band 13; Darmstadt 2009
- Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. / fbr (Hrsg.): Kombination der Regenwassernutzung mit der Regenwasserversickerung. fbr-top 10; Darmstadt September 2010
- Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. / fbr (Hrsg.): Grauwasser-Recycling - Wasser zweimal nutzen. fbr-Schriftenreihe Band 12, Darmstadt 2009
- Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. / fbr (Hrsg.): Marktübersicht Regenwassernutzung und Regenwasserversickerung. 2009/2010; Darmstadt 2009
- Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. / fbr (Hrsg.): Grauwasser-Recycling. fbr-top 4; Darmstadt, September 2010
- Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. / FLL (Hrsg.): Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen – Dachbegrünungsrichtlinie, (Hrsg.);, Bonn 2008
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz / HMULV (Hrsg.): Wasser im Gewerbe – Wasser in wirtschaftlichen Unternehmen und Betrieben. Juli 2003
- Lamp, Hans, und Thomas Grundmann: Neue Entgeltstatistik in der Wasser- und Abwasserwirtschaft – Methodik und Ergebnisse. in: Wirtschaft und Statistik; Statistisches Bundesamt (Hrsg.), 2009 H.6 S. 596 - 601
- Liesecke, Hans-Joachim: Die Wasserrückhaltung bei extensiven Dachbegrünungen. Das Gartenamt 42 (1993), S. 728 – 735
- Sieker, Friedhelm, Mathias Kaiser und Heiko Sieker: Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung im privaten, gewerblichen und kommunalen Bereich. Grundlagen und Ausführungsbeispiele. Stuttgart 2006
- Statistisches Bundesamt: Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche. Wiesbaden 2009; <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Grafiken/Umwelt/Diagramme/Flaechennutzung.psml> (2009 95 ha/d); sowie Pressemitteilung Nr. 426 vom 11.11.2009: Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche: 104 Hektar pro Tag (Durchschnitt 2005 – 2008)
- Statistisches Bundesamt: Umwelt. Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 2007. Fachserie 19 Reihe 2.1 Wiesbaden 2009  
und: Pro-Kopf-Wasserverbrauch 2007 auf 122 Liter je Tag gesunken. Pressemitteilung Nr.377 vom 02.10.2009, Wiesbaden 2009;  
<http://www.destatis.de>
- Umweltbundesamt (Hrsg.): Versickerung und Nutzung von Regenwasser. Vorteile, Risiken, Anforderungen. Dessau 2005

### Teil 3

#### **Abschnitt 3.2 Neubau des Fachbereichs Bauingenieurwesen und Geodäsie, L506, Technische Universität Darmstadt**

Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. / fbr (Hrsg.): Projektbeispiele zur Betriebs- und Regenwassernutzung. Öffentliche und gewerbliche Anlagen. Darmstadt 2007

#### **Abschnitt 3.3 Zentrum für Umweltbewusstes Bauen Kassel**

BINE Informationsdienst: Forschen energetisch optimiert. projektinfo 05/05, Hrsg. FIZ Karlsruhe; Mai 2005;  
[www.bine.info/hauptnavigation/publikationen/publikation/forschen-energetisch-optimiert/](http://www.bine.info/hauptnavigation/publikationen/publikation/forschen-energetisch-optimiert/)

Bindeglied zwischen Theorie und Praxis: Zentrum für Umweltbewusstes Bauen (ZUB), Bauphysik Jhg. 25 (2003) Nr. 4, S. 231

Ebert, Thilo, Nathalie Eßig und Gerd Hauser: Zertifizierungssysteme für Gebäude. Nachhaltigkeit bewerten, Internationaler Systemvergleich, Zertifizierung und Ökonomie. München 2010

Eßig, Natalie: Anwendung der DGNB-Software am Zentrum für umweltbewusstes Bauen (ZUB), Kassel. Vortrag, Consense, Internationaler Kongress und Fachausstellung für Nachhaltiges Bauen, Messe Stuttgart, 23. - 24. Juni 2009

Hauser, Gerd; Gerhard Hausladen, Michael de Saldanha und Christina Sager: Forschung drin, Forschung dran. Zentrum für Umweltbewusstes Bauen Kassel. Konzept - Planung - Bau. Teilbericht „SolarOpt“; Kassel 2002

Hauser, Gerd, Jan Kaiser, Martin Rösler und Dietrich Schmidt / Universität Kassel: Solaroptimiertes Bauen, Teilkonzept 3: Energetische Optimierung, Vermessung und Dokumentation für das Demonstrationsgebäude des Zentrums für Umweltbewusstes Bauen. Forschungsvorhaben 0335006Z im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, Kassel 2004

Hauser, Gerd; Jan Kaiser und Dietrich Schmidt: Das energieeffiziente Bürogebäude - Zentrum für Umweltbewusstes Bauen. Direkt-Magazin Architektur. Themenausgabe (2005), Nr. 2, S. 5-8

Minke, Gernot; Frank Otto und Rolf Gross: Ermittlung des Wärmedämmverhaltens von Gründächern. Kassel 2009

Schmidt, Dietrich, Jan Kaiser und Anton Maas: Energieeffizienz in der Universität Kassel - Das ZUB-Gebäude an der Universität Kassel. Referat zum Kongress auf der Bau 2005 "Energie einsparen im Gebäudebestand - mehr Wert entwickeln", Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen. [www.uni-kassel.de/fb6/bpy/de/forschung/veroeffentlichungen/Publikationen05/Maa7.pdf](http://www.uni-kassel.de/fb6/bpy/de/forschung/veroeffentlichungen/Publikationen05/Maa7.pdf): Januar 2005

Links: [www.solarbau.de](http://www.solarbau.de)

[www.bine.info/hauptnavigation/publikationen/projektinfos/publikation/forschen-energetisch-optimiert](http://www.bine.info/hauptnavigation/publikationen/projektinfos/publikation/forschen-energetisch-optimiert)

[www.bpy.uni-kassel.de/solaropt](http://www.bpy.uni-kassel.de/solaropt)

**Abschnitt 3.4 „Greentowers“ - Sanierung der Unternehmenszentrale der Deutschen Bank AG, Frankfurt am Main**

Kloft, Harald und Florian Mühl: Modernisierung von nachhaltig das Stadtbild prägenden Bauten. Ressource Hochhaus. In: greenbuilding 2008 H.02 S. 324 – 43

Rocky Mountain Institute / RMI / ENSAR Built Environment Team: Why Build Green? Snowmass, Colorado, 2005

Think and do. Rocky Mountains Institute Annual Report 2008-2009, S. 22: "Deutsche Bank: Demonstrating Leadership in Europe" / [www.rmi.org](http://www.rmi.org)

Links:

[www.greentowers.de](http://www.greentowers.de)

[www.banking-on-green.com/de/content/greentowers.html](http://www.banking-on-green.com/de/content/greentowers.html)

# Schriftenreihe

der Aktionslinie **Hessen-Umwelttech** des  
Hessischen Ministeriums für Wirtschaft,  
Verkehr und Landesentwicklung

- Band 1 Einsatz von Nanotechnologie in der hessischen Umwelttechnologie**  
Innovationspotenziale für Unternehmen  
(gemeinsam mit der Aktionslinie  
Hessen-Nanotech)
- Band 2 Mittel- und Osteuropa – Zukunftsmärkte für hessische Umwelttechnologie**  
Beispiel Abwassermarkt der Slowakei
- Band 3 Auslandsmärkte – Zukunftspotenziale für hessische Umwelttechnologieunternehmen**
- Band 4 Unternehmenskooperation am Beispiel des Recyclings gemischter Bau- und Abbruchabfälle**
- Band 5 Produktionsintegrierter Umweltschutz (PIUS) für KMU in Hessen**  
Umwelt schützen – Kosten senken
- Band 6 Umwelttechnologie-Anbieter in Hessen Bestandsaufnahme 2007 – Zusammenfassung**
- Band 7 Umwelttechnologieforschung für die Unternehmenspraxis – Beispiele anwendungsnaher Forschung an hessischen Hochschulen**
- Band 8 Praxisleitfaden – Energieeffizienz in der Produktion**
- Band 9 Strömungssimulation in der Umwelttechnologie Effiziente Versuchsplanung mit CFD (Computational Fluid Dynamics)**
- Band 10 Kompetenzatlas Wasser Wassertechnologie und Wassermanagement in Hessen**
- Band 11 Kompetenzatlas Abfall Abfallwirtschaft, Abfalltechnologie und Ressourceneffizienz in Hessen**
- Band 12 Nachhaltiges Bauen Umwelttechnologieeinsatz und Ressourceneffizienz bei Sanierung und Neubau**



Hessen

Umwelttech

[www.hessen-umwelttech.de](http://www.hessen-umwelttech.de)

managed by:



**HessenAgentur**

HA Hessen Agentur GmbH



EUROPÄISCHE UNION:  
Investition in Ihre Zukunft  
– Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung

Das Projekt wird kofinanziert aus  
Mitteln der Europäischen Union.