

Michael Bauer
Peter Mösle
Michael Schwarz

Green Building

Leitfaden für
nachhaltiges Bauen

2. Auflage

 Springer Vieweg



Michael Bauer
Peter Mösle
Michael Schwarz

Green Building

Leitfaden für
nachhaltiges Bauen

2. Auflage

 Springer Vieweg



Michael Bauer
Peter Mösle
Michael Schwarz

Drees & Sommer
Stuttgart, Deutschland
www.dreso.com

ISBN 978-3-642-38296-3
DOI 10.1007/978-3-642-38297-0

ISBN 978-3-642-38297-0 (eBook)

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

Springer Vieweg

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007, 2013

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

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

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer VS ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.
www.springer-vieweg.de

Michael Bauer, Peter Mösle, Michael Schwarz

Green Building Leitfaden für nachhaltiges Bauen

2. Auflage

Inhalt

A

Motivation für Green Buildings

Nachhaltigkeit und Energieeffizienz im Blickpunkt der Öffentlichkeit 10

Unterstützende Rahmenbedingungen 12

CO₂-Emissionshandel 13

Zertifizierungssysteme für nachhaltige Gebäude 15

Ganzheitliche Betrachtungsweise bei Green Buildings – Life-Cycle-Engineering 20

B

Anforderungen an Green Buildings

B1 Bedarfsgerechtes Design 24

Die Nutzung bestimmt die Konzeption 25

Wohlbefinden und gesundes Raumklima 26

Behaglichkeit und Leistungsfähigkeit 27

Empfundene Temperatur in Aufenthaltsräumen 28

Empfundene Temperatur in Atrien 30

Raumluftfeuchte 32

Luftgeschwindigkeit und Draft-Risk 34

Bekleidung und Aktivitätsgrad 35

Visueller Komfort 36

Akustik 40

Luftqualität 42

Elektromagnetische Verträglichkeit 45

Individueller Eingriff in die Regulierung des Raumklimas 47

B2 Bewusster Umgang mit Ressourcen 50

Energiekennzahlen als Zielwerte für die Planung 51

Fossile und regenerative Energieressourcen 52

Heutige Energiekenngroße – Primärenergieaufwand für die Raumkonditionierung 53

Heizenergieaufwand 54

Energieaufwand für die Trinkwassererwärmung 55

Kühlenergieaufwand 56

Stromaufwand für den Lufttransport 57

Stromaufwand für Kunstlicht 58

Zukünftige Kenngroße – Primärenergieaufwand über den Lebenszyklus eines Gebäudes 59

Kumulierter Primärenergieaufwand von Baumaterialien 60

Nutzungsbezogener Primärenergieaufwand 61

Wasserbedarf 62

C

Konzeption, Bau und Betriebsoptimierung von Green Buildings

C1 Gebäude 66

Klima 67

Städtebauliche Entwicklung und Infrastruktur 69

Gebäudeform und -ausrichtung 71

Gebäudehülle 74

Wärmeschutz und Gebäudedichtigkeit 74

Sonnenschutz 80

Blendschutz 85

Tageslichtnutzung 86

Schallschutz 88

Qualität der Fassadenkonstruktion 90

Gebäudematerial und -ausstattung 92

Raumakustik 94

Smart Materials 97

Natürliche Ressourcen 100

Moderne Werkzeuge 105

C2 Gebäudetechnik 108

Nutzenübergabe 109

Konzeption und Bewertung von Raumklimasystemen 110

Heizung 112

Kühlung 113

Lüftung 114

Energieerzeugung 120

Systeme zu Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung 121

Sonnenenergie 124

Windenergie 126

Geothermie 127

Biomasse 128

C3 Inbetriebnahme und Nachweisführung 130

Erforderliche Verfahren für energieeffiziente Gebäude 131

Blower-Door-Test – Nachweis der Luftdichtigkeit 132

Thermografie – Nachweis des baulichen Wärmeschutzes und der aktiven Systeme 133

Nachweis des Raumkomforts 134

Luftqualität 135

Schallschutz und Schallabminderung 136

Tageslichtqualität und Blendfreiheit 137

Emulation 138

C4 Betriebsbegleitendes Energiemanagement 140

D

Nachgefragt – Green Buildings im Detail

D1 Dockland in Hamburg 146

D2 SOKA-BAU in Wiesbaden 154

D3 KSK Tübingen 160

D4 LBBW Stuttgart 166

D5 Kunstmuseum in Stuttgart 172

D6 EIB in Luxemburg 178

D7 Nycomed in Konstanz 184

D8 DR Byen in Kopenhagen 190

D9 Drees & Sommer Gebäude in Stuttgart 196

D10 SPIEGEL in Hamburg 202

D11 Roche Bau 1, Basel 214

D12 Deutsche Bank-Türme, Frankfurt 228

Anhang 234

Vorwort



Die wesentlichen Herausforderungen der Zukunft sind ein verantwortlicher Umgang mit der Natur, eine umweltfreundliche, ressourcen- und klimaschonende Energieversorgung und ein ausreichender Zugang zu sauberem Trinkwasser. Neben neuen und effizienteren Technologien wird daher der Schwerpunkt auf der Minimierung des Energie- und Ressourcenverbrauchs liegen, ohne dabei den Komfort und den Lebensstandard zu verringern. Durch den Bau und den Betrieb von Gebäuden werden weltweit immerhin 17 % des Wasserverbrauchs, 25 % des Holzverbrauchs,

33 % der CO₂-Emissionen, 30-40 % des Energie- und 40-50 % des Rohstoffverbrauchs verursacht. In Deutschland werden im Gebäudebereich bis zu 40 % des Primärenergie- und ein wesentlicher Teil des Trinkwasserverbrauchs verursacht. Die Nutzungsdauer von Neubauten und sanierten Gebäuden reicht weit in die Zukunft. Daher beeinflussen diese Gebäude den Energie- und Ressourcenverbrauch in den nächsten 50 bis 80 Jahren maßgeblich. Sie müssen bereits heute zielgerichtet unter energie- und ressourceneffizienten sowie klimaschonenden Prämissen geplant, gebaut und

betrieben werden, wenn wir die global formulierten Klimaschutzziele erreichen wollen. In Deutschland fordert zudem die Energiewende hin zu einer regenerativen Energieversorgung, dass unsere Gebäude Energie effizient nutzen und gegebenenfalls einen Beitrag zur Energieversorgung durch eine eigene Energieerzeugung leisten. Neben den Neubauten kommt hier dem Bestand eine wesentliche Rolle zu, da nur durch ein gezieltes Optimieren im Bestand die Klimaschutzziele erreicht werden. Gebäude, die diese Attribute nachhaltig aufweisen, werden Green Buildings

genannt. Green Buildings können Niedrigenergiehäuser, Nullenergiehäuser oder Plusenergiehäuser sein. Sie vereinen einen hohen Komfort, eine optimale Nutzungsqualität und einen minimierten Energie- und Ressourcenbedarf unter wirtschaftlichen Bedingungen. Dass diese Gebäude zudem höchsten ästhetischen und architektonischen Ansprüchen genügen können, zeigen die Beispiele, die in diesem Buch vorgestellt werden. Solche Gebäude in einem integrativen Prozess zu planen, erfordert die Bereitschaft aller Beteiligten, die zahlreichen Schnittstellen eher als Nahtstellen der Gewerke zu verstehen, deren Synergien noch lange nicht ausgeschöpft sind. Hierzu wird ein spezielles ganzheitliches Know-how zu den wesentlichen klimatologischen, energetischen, thermischen, aero- und bauphysikalischen Vorgängen einschließlich des Know-hows zu ressourcenschonenden, umweltverträglichen Konstruktionen und Materialien benötigt. Zudem werden moderne Berechnungs- und Simulationswerkzeuge eingesetzt, die die Auswirkungen auf den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes bereits in der Planung detailliert aufzeigen. Die Beispiele in diesem Buch verdeutlichen zudem, dass ein Gebäude nur dann erfolgreich energie- und ressourcensparend betrieben werden kann, wenn – aufbauend auf einem ganzheitlichen Energiekonzept – der Verbrauch im Betrieb konsequent gemessen und optimiert wird. Neben dem Planen, Bau-

en und Betreiben von einzelnen Green Buildings zeigt sich vermehrt, dass auch strategische Ansätze gefragt sind, wie man ein ganzes Immobilienportfolio für die Zukunft nachhaltig ausrichtet. Die hierfür neu entstandenen Tätigkeitsfelder werden Energiedesign, Energiemanagement, Life-Cycle-Engineering und Portfolio Sustainability Management genannt.

Das Buch basiert auf weitreichenden Praxiserfahrungen der Autoren und deren Kollegen aus der Planung, dem Bau und dem Betrieb von Gebäuden und der strategischen Beratung von Immobilienportfoliobesitzern. Es dokumentiert beispielhafte innovative Lösungen aus der Architektur und der Technik und den zielgerichteten Einsatz von modernen Werkzeugen für die Planung, den Bau, die Betriebsführung und das Managen ganzer Portfolios. Es richtet sich an alle Immobilienbesitzer, Bauherren, Architekten, Planer und Gebäudebetreiber, die einen ressourcenschonenden Umgang mit Energie und Materialien anstreben, und dient als Leitfaden für das Planen, Bauen und Betreiben nachhaltiger und energieeffizienter Gebäude.

An dieser Stelle sei den zahlreichen namhaften Bauherren und Architekten herzlich gedankt, für die und mit denen wir in den vergangenen Jahren innovative und attraktive Gebäude planen, realisieren und betreiben durften. Das entgegengebrachte Vertrauen und die gute Zusammenarbeit werden unterstrichen durch die Dokumentation der promi-

nenten Bauten mit den Statements der Bauherren und der Architekten. Für die freundliche Geste, einen Beitrag für dieses Buch zu leisten, sei an dieser Stelle besonders gedankt.

Wir würden uns freuen, wenn wir mit diesem Buch mithelfen könnten, die Motivation zum Errichten von Green Buildings – als Neubauimmobilie oder saniertes Objekt – zu steigern. Die technischen Lösungen hierfür sind verfügbar und wirtschaftlich umsetzbar. Unser Nachhaltigkeitsansatz geht sogar soweit, dass wir die CO₂-Belastung, die bei der Produktion und dem Versand des Buches entstanden ist, durch den Erwerb von CO₂-Zertifikaten für CO₂-reduzierende Maßnahmen kompensieren. Sie können somit Ihre ganze Energie uneingeschränkt dem Lesen widmen. Tauchen Sie ein in die Welt der Green Buildings, haben Sie Spaß beim Lesen und entdecken Sie Neues, was Sie für Ihre Gebäude nutzen können.

Heubach, Gerlingen, Nürtingen

Michael Bauer
Peter Möhle
Michael Schwarz

A

B



Motivation für Green Buildings

C

D



Nachhaltigkeit und Energieeffizienz im Blickpunkt der Öffentlichkeit

Das menschliche Streben nach mehr Komfort und finanzieller Unabhängigkeit, die Verdichtung der Ballungsräume, die starke Zunahme des Verkehrs und der wachsende Elektromog durch neue Kommunikationstechniken führen zu immer größer werdenden Belastungen im unmittelbaren Umfeld jedes Einzelnen. Die Lebensqualität wird eingeschränkt und die Gesundheit belastet. Dies führt, verstärkt durch die häufigen Nachrichten über globale Klimaveränderungen, allmählich zu einem Umdenken in der Gesellschaft.

Letztendlich müssen auch die volkswirtschaftlichen Schäden durch Klimaveränderungen von der Gesellschaft getragen werden. Sie lagen aufgrund der steigenden Anzahl von Umweltkatastrophen in den Jahren 1990 bis 2000 um 40 % über der Summe der Schäden in den Jahren 1950 bis 1990. Ohne wirkungsvolle Maßnahmen lassen sich diese zu erwartenden Schäden kaum begrenzen. Trauriger Höhepunkt dieser

Entwicklung war sicherlich 2011 die Nuklearkatastrophe in Fukushima in Japan, die sogar die Politik in Deutschland zu einer Kehrtwende weg von der nuklearen hin zu einer regenerativen Energieversorgung veranlasst hat. Auch Unternehmen quer durch alle Wirtschaftszweige erkennen mittlerweile, dass nur ein verantwortungsbewusster Umgang mit Ressourcen langfristig zum Erfolg führt. Nachhaltige, ressourcen- und umweltschonende Lösungen genießen damit mehr und mehr Wertschätzung vor nur vordergründig wirtschaftlich ausgerichteten Lösungen.

Neben den gesellschaftlichen und volkswirtschaftlichen Rahmenbedingungen begünstigen die in den letzten Jahren stark gestiegenen Energiepreise die Tendenz zur Nachhaltigkeit. Der Ölpreis hat sich in den vergangenen 10 Jahren mehr als verdoppelt, die Steigerung in den Jahren 2004 bis 2006 betrug 25 % jährlich. Unter Berücksichtigung des heutigen Energiepreises und

der Preissteigerungen sind daher energiesparende Maßnahmen heute unabdingbar. Ein weiterer Grund für einen bewussten Umgang mit Energie ist die starke Abhängigkeit vom Energie-Import. So müssen in der Europäischen Union über 60 % der erforderlichen Primärenergie importiert werden, Tendenz steigend. Die Abhängigkeit verunsichert die Verbraucher und die Energiepolitik der Länder wird hinterfragt. Mit der Energiewende hat Deutschland nun ein Zeichen gesetzt und möchte diese Abhängigkeit zurückdrehen. Da ohne Energie nichts geht, setzen viele Investoren und Betreiber auf neue Techniken und Ressourcen, um unabhängiger von den globalen Entwicklungen zu werden.

Auch in der Immobilienbranche ist ein Umdenken erkennbar. Eigennutzer orientieren sich an nachhaltigen Gebäudekonzepten mit niedrigen Energie- und Betriebskosten bei hohem Komfort, an sozial verträglichen, kommunikationsfördernden, offenen Strukturen und an

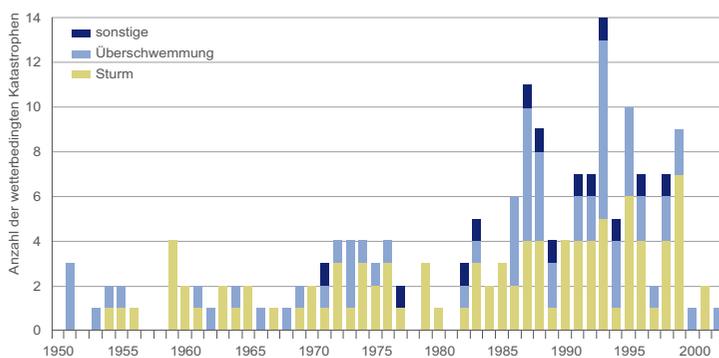


Abb. A1 Große wetterbedingte Naturkatastrophen von 1950 bis 2000

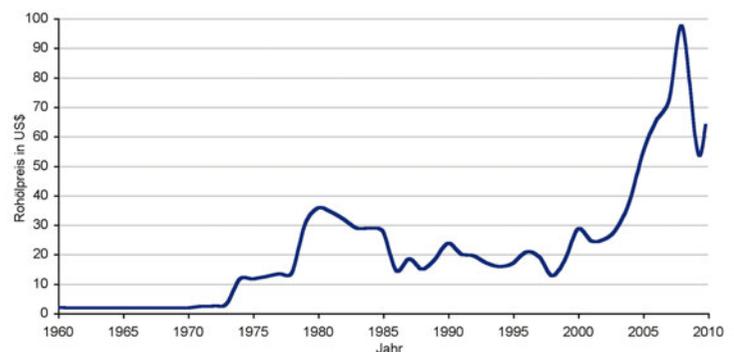


Abb. A2 Nominelle Entwicklung des Rohölpreises seit 1960



bauökologisch unbedenklichen, möglichst naturbelassenen Baustoffen. Sie analysieren ihre zu erwartenden Betriebskosten bis zum Rückbau der Gebäude und wirtschaften nachhaltig. Neben den Energie- und Betriebskosten wird mit steigendem Interesse die Leistungsfähigkeit am Arbeitsplatz bewertet, da der Leistungsumfang für die Arbeitenden in Europa wächst. Nur wer sich wohlfühlt und gesund ist, kann Leistung in vollem Umfang erbringen.

Zwangsläufig steigen so die Ansprüche an den Komfort und an ein gesundheitszuträgliches Umfeld. Aber auch Investoren wissen nachhaltige Konzepte als Vermiet- und Verkaufsargument zu nutzen, da Mieter mittlerweile niedrige Energie- und Betriebskosten und bauökologisch verträgliche Materialien als Entscheidungskriterium heranziehen.

Green Buildings bieten stets einen hohen Komfort, ein gesundes Raumklima und setzen auf regenerative Ener-

gien und Ressourcen mit möglichst geringen Energie- und Betriebskosten. Sie werden unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten entwickelt, wobei der gesamte Lebenszyklus des Gebäudes von der Konzeption und Planung über den Bau und Betrieb bis zum Rückbau berücksichtigt wird. Green Buildings basieren daher auf einem ganzheitlichen, zukunftsorientierten Gebäudekonzept.

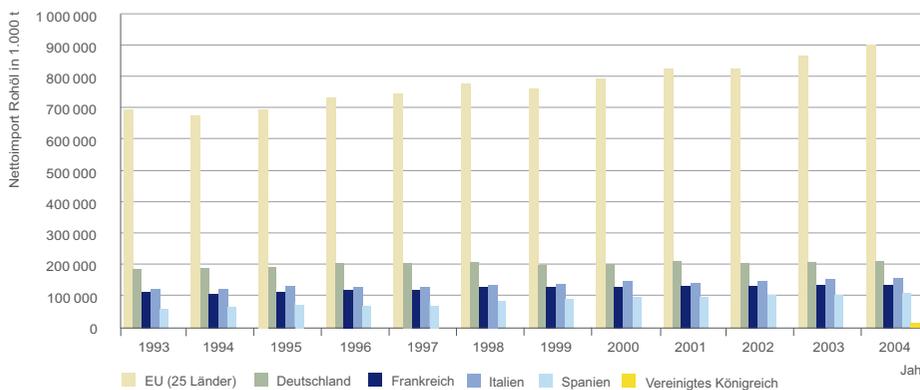


Abb. A4 Abhängigkeit der Europäischen Union vom Energie-Import

Unterstützende Rahmenbedingungen

Durch das steigende Interesse der Öffentlichkeit an ökologischen, nachhaltigen Lösungen sind in den letzten Jahren viele Rahmenbedingungen geschaffen worden, die den Einsatz von energiesparenden Techniken, ressourcenschonenden Energiequellen und nachhaltigen Produkten im Immobilienbereich unterstützen.

Grundlage einer nachhaltigen Energiepolitik sind hierbei nationale, europaweite und internationale Gesetze, Verordnungen, Normen und Richtlinien, die messbare Standards für die Energieeffizienz von Gebäuden und Anlagen vorgeben. Des Weiteren beschreiben Normen den Mindeststandard für den thermischen Komfort, die Luftqualität und den visuellen Komfort. Europaweit wird derzeit versucht, diese Standards zu vereinheitlichen. Auf internationaler Ebene gibt es jedoch in fast jedem Land eigene Ansätze und Standards, die nicht unmittelbar miteinander vergleichbar sind. Diese Standards werden unterstützt durch gezielte Fördermaßnahmen für aussichtsreiche, aber aktuell noch nicht wirtschaftliche regenerative Techniken. Beispiele in Deutschland sind die Förderung der Photovoltaik, der oberflächennahen Geothermie, der Solarthermie, der Biogasanlagen und der Energiesparmaßnahmen bei der Sanierung von Altbauten.

In den aktuellen Gesetzen, Normen und Richtlinien werden bisher jedoch noch nicht alle wesentlichen Gebäude- und Anlagenbereiche behandelt.

Vor allem beim Optimieren im Bestand tun sich Gesellschaft und Politik schwer, richtungsweisende Vorgaben für eine zukunftsorientierte Entwicklung im Bestand zu beschließen. Damit bleiben viele, auch maßgebliche Bereiche hinter den Möglichkeiten einer energetischen Optimierung zurück. Zudem liegen die gesetzlichen Grenzwerte für den Energieverbrauch in der Regel unter den Anforderungen für Green Buildings. Die Grenzwerte werden in der Regel so gewählt, dass marktfähige Produkte eingesetzt werden können. Gesetze und Verordnungen werden daher immer hinter den Möglichkeiten des Marktes für

maximale Energieeffizienz zurückbleiben. Diese Lücke kann durch vorhandene Ökolabels, Leitfäden und Gütesiegel geschlossen werden, da diese höhere Anforderungen empfehlen können. Die höheren Anforderungen an die Energieeffizienz sind auch dadurch begründet, dass die Gebäude- und Anlagentechnik eine hohe Lebensdauer hat. Somit wirken sich die heutigen Entscheidungen hinsichtlich der CO₂-Emissionen langfristig aus. Sie sind daher für die zukünftigen Emissionen maßgeblich.



CO₂-Emissionshandel

Seit Februar 2005 ist das Kyoto-Protokoll in Kraft, das die globale Menge an emittierten Treibhausgasen einschränken soll. Der Ursprung des Protokolls geht auf das Jahr 1997 zurück. Es bezeichnet ein internationales Klimaschutzabkommen, in dem sich die beteiligten 39 Industriestaaten verpflichten, den Ausstoß klimaschädlicher Gase, wie zum Beispiel Kohlendioxid (CO₂), bis 2012 um insgesamt 5 % gegenüber dem Niveau von 1990 zu senken. Innerhalb der EU beträgt das Reduktionsziel 8 %, in Deutschland 21 %. Wie die *Abbildungen A6* und *A7* zeigen, sind die meisten Weltstaaten noch weit von ihren Zielen entfernt.

Weiterführend hat sich die Europäische Union auf die sogenannten 20-20-20-Ziele verständigt. Dabei sollen, bezogen auf die Jahre 1990 bis 2020, 20 % der CO₂-Emissionen reduziert, 20 % der Energieeffizienz der Gebäude gesteigert und 20 % der Energieerzeugung durch erneuerbare Energien erreicht werden. Bis 2050 soll der Primärenergiebedarf im Gebäudebestand sogar um 80 % reduziert werden.

Mit dem CO₂-Handel soll eine langfristige Korrektur des menschlich erzeugten Treibhauseffekts erreicht werden. Die Umwelt wird dabei als Gut angesehen, dessen Erhaltung durch finanzielle Anreize gesichert werden kann. Die Politik hat erkannt, dass Umweltzerstörung, resultierend aus der Klimaerwärmung, zum einen nur mit volkswirtschaftlichen Methoden vermieden wer-

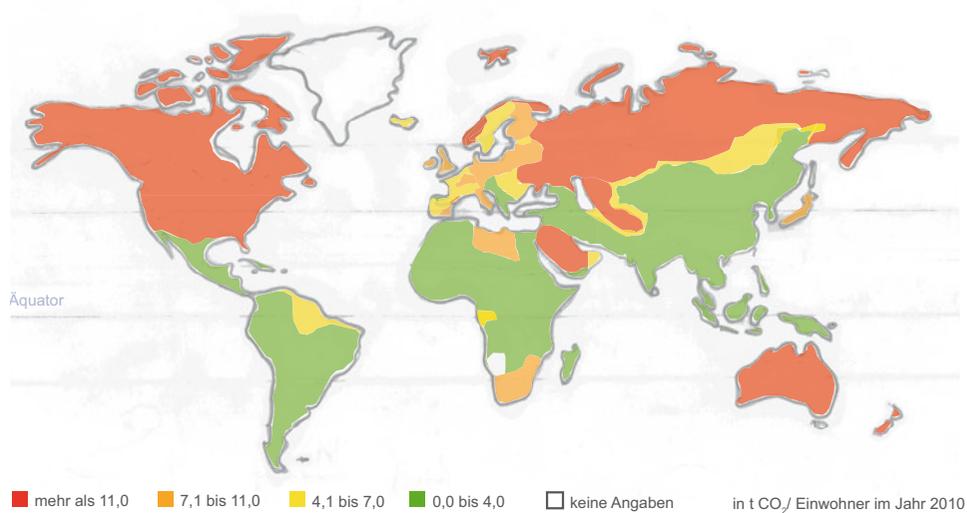


Abb. A5 Verteilung der CO₂-Emissionen pro Kopf auf die Weltbevölkerung im Jahr 2010

den kann und zum anderen als globales Problem angenommen werden muss. Die Methode des CO₂-Handels verbindet zum ersten Mal nachweisbar Ökologie mit Ökonomie.

Wie funktioniert der CO₂-Emissionshandel? Jedem Staat, der das Kyoto-Protokoll ratifiziert hat, wird eine maximale Menge an klimaschädlichen Treibhausgasen zugewiesen. Die zugewiesene Menge entspricht dem maximalen, erlaubten Verbrauch. Bei dem Treibhausgasbudget, das auf dem Jahr 1990 basiert, wird die zukünftige Entwicklung jedes Staats berücksichtigt. Volkswirtschaften, die sich gerade erst im Aufschwung befinden, wie in Osteuropa, wird ein steigender CO₂-Ausstoß erlaubt. Industriestaaten müssen hingegen jedes Jahr mit einem reduzierten Treibhausgasbudget auskommen.

In jedem Land werden die so genannten Emissionszertifikate auf der Basis des Zuteilungsgesetzes auf die teilnehmenden Firmen entsprechend ihres CO₂-Ausstoßes verteilt. Sind die CO₂-Emissionen eines Unternehmens geringer als die zugeteilten Emissionszertifikate, zum Beispiel in Folge von CO₂-Emissionsminderungen durch Energiesparmaßnahmen, können nicht benötigte Zertifikate am Markt verkauft werden. Alternativ kann das Unternehmen Zertifikate am Markt zukaufen, falls eigene Minderungsmaßnahmen teurer ausfallen würden. Ebenso können Berechtigungen für Emissionszertifikate erworben werden, wenn Unternehmen in anderen Industrie- oder Entwicklungsländern in nachhaltige Energieversorgungsanlagen investieren. Damit findet Klimaschutz dort statt, wo er zu