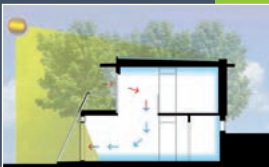


Thomas Duzia, Rainer Mucha

# Energetisch optimiertes Bauen

Technische Vereinfachung –  
nachhaltige Materialien –  
wirtschaftliche Bauweisen



Fraunhofer IRB  Verlag

Thomas Duzia, Rainer Mucha

# **Energetisch optimiertes Bauen**



Thomas Duzia, Rainer Mucha

# Energetisch optimiertes Bauen

Technische Vereinfachung –  
nachhaltige Materialien –  
wirtschaftliche Bauweisen

Fraunhofer IRB Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über [www.dnb.de](http://www.dnb.de) abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-8167-9507-0

ISBN (E-Book): 978-3-8167-9508-7

Herstellung: Angelika Schmid

Umschlaggestaltung: Martin Kjer

Satz: Satzpunkt Ursula Ewert GmbH, Bayreuth

Druck: Konrad Triltsch GmbH, Ochsenfurt-Hohestadt

Die hier zitierten Normen sind mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e. V. wiedergegeben. Maßgebend für das Anwenden einer Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften. Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

© Fraunhofer IRB Verlag, 2016

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Telefon +49 7 11 970-2500

Telefax +49 7 11 970-2508

[irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

## Inhaltsverzeichnis

Danksagung	7
Hintergrund	9
<b>1 Energetische Grundlagen</b>	<b>11</b>
<b>2 Bautradition</b>	<b>19</b>
2.1 Bauen im regionalen Bezug	20
<b>3 Umweltwärme – Umweltkälte</b>	<b>31</b>
3.1 Klima und regionale Besonderheiten	32
3.1.1 Normative klimatische Bedingungen Deutschlands	32
3.2 Umweltmeteorologie	34
3.3 Globalstrahlung und Strahlungsangebot	35
3.3.1 Der Einfluss des Windes	38
3.3.2 Sonnenstände und Raumausrichtung	40
3.3.3 Trübungsfaktoren und solare Gewinne	42
3.3.4 Azimut $\beta$ und die Ausrichtung des Bauwerks	44
3.4 Geothermie – Erdwärme und Grundwasser	46
<b>4 Behaglichkeit, Komfortanspruch und Raumhygiene</b>	<b>51</b>
4.1 Oberflächentemperaturen im Innenraum	53
4.2 Materialien und Ansätze zur Behaglichkeitsbeurteilung	55
<b>5 Grundlagen der Materialeigenschaften</b>	<b>61</b>
5.1 Reflexion, Absorption und Albedo	62
5.2 Einfluss der Innenwandkonstruktion auf den Wärmefluss	65
5.2.1 Wärmegewinne bei opaken Bauteilen	67
5.2.2 Wärmedurchgang und Phasenverschiebung	70
5.2.3 Wärmegewinne bei transparenten Bauteilen	73
5.3 Konstruktionen und Materialeinsatz	75
5.3.1 Betonkernaktivierung	75
5.3.2 Klimatisierung über Pfahlgründungen	83
5.4 Beton und Stahlbeton – energieeffiziente Variationen	85
5.4.1 Einsatz von Leichtbeton	85
5.4.2 Dämmbeton	92

5.5	Ökologische Betrachtungsmöglichkeiten von Baustoffen . . . . .	95
5.5.1	Graue Energie von Baustoffen . . . . .	95
5.5.2	Wartung und Recycle-Fähigkeit . . . . .	99
5.5.3	Lehm und Stroh – Rückgriff auf regionale Baustoffe . . . . .	100
<b>6</b>	<b>Maßnahmen im sommerlichen Wärmeschutz . . . . .</b>	<b>107</b>
6.1	Einflussfaktor Strahlungseintrag . . . . .	112
6.1.1	Strahlungsverhalten von Glasflächen . . . . .	114
6.1.2	Gesamtenergiedurchlassgrad für Verglasungen . . . . .	116
6.2	Einflussfaktoren auf die Wärmeentwicklung im Raum . . . . .	120
6.2.1	Raumgröße (Nettogrundfläche) . . . . .	122
6.2.2	Raumverhältnis und Fenstergrößen (Fensteranteil) . . . . .	123
6.2.3	Wärmespeicherfähigkeit von Bauteilen . . . . .	123
6.3	Sommerliche Wärmeschutzmaßnahmen . . . . .	125
6.3.1	Wirksamkeit von Verschattungsanlagen . . . . .	125
6.3.2	Einbaulage von Fensterelementen . . . . .	126
6.3.3	Energiearme Gebäudekühlung und natürliche Ventilation . . . . .	129
6.3.4	Integrative Lüftungskonzepte . . . . .	130
<b>7</b>	<b>Maßnahmen im winterlichen Wärmeschutz . . . . .</b>	<b>133</b>
7.1	Prinzipien des Wandaufbaus . . . . .	134
7.2	Gedämmte Außenbauteile – Wand, Dach, Bodenplatte . . . . .	134
7.3	Potenzial monolithischer Wandkonstruktionen . . . . .	137
7.4	Eigenschaften von begrünten Dächern und Fassaden . . . . .	141
7.5	Dach- und Wandabsorber . . . . .	145
<b>8</b>	<b>Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Dämmmaßnahmen . . . . .</b>	<b>155</b>
8.1	Energieeffizienz, Energieerhalt und Energiegewinne . . . . .	155
8.2	Wirtschaftlichkeit und Einsparpotenzial . . . . .	155
<b>9</b>	<b>Perspektiven . . . . .</b>	<b>159</b>
<b>10</b>	<b>Anhang . . . . .</b>	<b>163</b>
	Literaturverzeichnis . . . . .	163
	Normenverzeichnis . . . . .	165
	Abbildungsverzeichnis . . . . .	166
	Tabellenverzeichnis . . . . .	172
	Stichwortverzeichnis . . . . .	174

## Danksagung

Für die inhaltliche Unterstützung und Übergabe von Unterlagen möchten wir uns bei den Architekten Baumschlager Eberle aus Österreich, Valentina Maini aus Katalonien, Traverso-Vighy aus Padua, Boltshauser Architekten AG aus Zürich, den Arquitectos Martín y Abarca aus Granada sowie TAC Arquitectes aus Barcelona, den Architekten MBA/S aus Stuttgart, der Ingenieurgesellschaft Team für Technik GmbH aus München, der HeidelbergCement AG und dem Industrieverband Polyurethan-Hartschaum bedanken.

Weiterer Dank gilt Institutionen, wie der Universität von Padua, dem Gründach-Verband aus Österreich, dem Pionier des solaren Bauens John Perlin aus Kalifornien, dem Stadtarchiv Wuppertal mit der Unterstützung durch Markus Teubert und Margret Wagner, unseren studentischen Hilfskräften Moritz Haider, Jaqueline Peter, Jasmin Otto, den Korrekturlesenden Birit Fiebig, Karen Wimmel und Tabitha Görz.





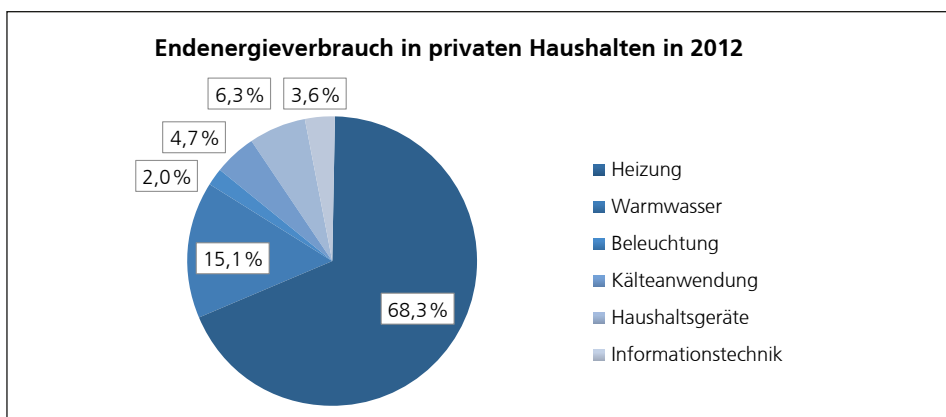
## Hintergrund

Ziel des ökologischen Bauens ist es, umweltfreundliche und energiesparende Gebäude zu realisieren, die schonend mit den natürlichen Ressourcen sowie verantwortungsvoll mit Primärenergien umgehen und gleichzeitig alle Anforderungen an das Wohlbefinden des Menschen erfüllen. Dabei ist grundsätzlich eine optimale Raumkonditionierung unter Nutzung aller zur Verfügung stehenden planerischen Maßnahmen bei gleichzeitigem schonenden Umgang mit den Ressourcen umzusetzen.

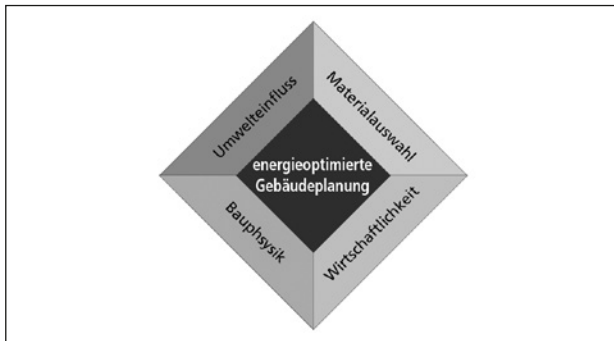
Als 1983 Wolfgang Peht das Buch »Das Ende der Zuversicht« veröffentlichte, erschien dies im Kontext einer immer deutlicher werdenden skeptischen Haltung gegenüber der Lebensweise der industriellen Gesellschaft. Die Folgen der Ölkrisen und der Umweltverschmutzung wurden deutlich. Aus diesen Folgen entwickelte sich ein neuer Geist. Man entdeckte die Sonnenenergie wieder und stellte die Reduzierung des Energieverbrauchs in den Mittelpunkt von ökonomischen und ökologischen Betrachtungen. Im Nachhinein betrachtet stellte dieses Ende der Zuversicht jedoch nicht wirklich das Ende der modernen Architektur dar. Auch heute und damit 30 Jahre später steht das energetische Bauen stärker denn je im Mittelpunkt der Planung. Aufgrund einer ganzheitlichen Betrachtungsweise sind nicht nur die Verbrauchswerte im Betrieb eines Gebäudes von Interesse. Ebenso muss der Energieaufwand vom Abbau der Ressource, über die Produktion und Lieferung auf die Baustelle, wie auch die Recyclingfähigkeit betrachtet werden.

Folgt man heute den aktuellen technophilen Visionen der Anbieter von Telekommunikations- und Steuerungstechnik, so soll das Wohnen zukünftig ein individuelles Smart-Steuern und Programmieren aller technischen Komponenten eines Gebäudes sein. Häuser sollen intelligent und bedarfsgerecht den Energieverbrauch senken. Damit begibt man sich zugleich in die Abhängigkeit einer Technik, die zusätzliche Kosten für Installation und Wartung nach sich ziehen wird.

Eine Umfrage des Instituts für Demoskopie Allensbach ging der Frage nach, ob sich die Nutzer über technische Geräte ärgern, weil sie unnötig kompliziert sind? Von den



**Abb. 1:** Der Endenergieverbrauch in privaten Haushalten in Deutschland in 2012 ohne KFZ-Nutzung (Quelle: BDEW)



**Abb. 2:** Einflussfaktoren auf die energieoptimierte Gebäudeplanung

8000 Befragten antworteten 16 %, dass sie sich noch nie über die Technik geärgert hätten. Bis auf 2 % der Befragten, die sich zu der Frage nicht äußerten, entfiel auf den Rest von 82 % eine Bejahung der Verärgerung mit unterschiedlich tiefer Ausprägung.<sup>1</sup>

Die fortschreitende Tendenz, die technische Gebäudeausstattung immer aufwendiger auszuführen, erscheint wie eine zeitliche Verzögerung von dem, was die Automobilindustrie schon lange vollzogen hat. Was regelmäßig als Innovation gefeiert wird, sorgt nun dafür, dass die Wartung an Fahrzeugen nur noch von spezialisierten Betrieben übernommen werden kann, die über die notwendige Auslesetechnik verfügen. An diesem Punkt kommt der schon 1974 von Burckhardt formulierte Anspruch ins Spiel, dass es darauf ankommt haustechnische Installationen zu entwickeln, die nicht nur das Klempner- und Elektrohandwerk bereichern. Vielmehr muss es darauf ankommen, Installationen zu entwickeln, die selbst auf eine einfache Weise von den Nutzern selbst gewartet und repariert werden können.<sup>2</sup>

Um eine energetisch optimierte Gebäudeplanung innerhalb des Planungsprozesses zu realisieren und alle Faktoren über die Nutzungsdauer zu berücksichtigen, ist ein ganzheitliches Wissen über den Gebäudeentwurf, die Konzeption der technischen Gebäudeausstattung und die bauphysikalischen und materialtechnischen Eigenschaften notwendig. Hinzu kommen Betrachtungen und Auslegungen zum Bedarf an Ressource und den Energieaufwand zur Erzeugung, zur Umnutzung und Recyclingfähigkeit von Gebäuden und Konstruktionen.

Bedingt durch diese Vielzahl an Einflüssen kann kein pauschaler Richtwert mehr für die ökologische und ökonomische Effizienz eines Gebäudes angegeben werden. Aufgrund der Einzigartigkeit und Besonderheit muss jedes Gebäude vielmehr gesondert betrachtet werden. Die Abbildung 2 stellt schematisch die vier wesentlichen Einflussfaktoren dar, die in einer frühen Phase in den Planungsprozess einfließen müssen.

Der Aufbau des vorliegenden Buches ist daher in die Themenbereiche Klima, Behaglichkeit, Materialeigenschaften und Konstruktionsweisen und die Folgen im winterlichen wie sommerlichen Wärmeschutz unterteilt. Für eine energieoptimierte Gebäudeplanung sind Kenntnisse in allen Bereichen notwendig, um die richtigen Schlüsse im Planungsalltag ziehen zu können.

<sup>1</sup> vgl. Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung, 19. Oktober 2014, Nr. 42, S.19

<sup>2</sup> vgl. [8], S. 179