

## Globaler Energieverbrauch

Die Biosphäre der Erde wird wohl noch eine Milliarde Jahre überdauern, bis die Sonne höheres Leben beenden wird [1]. Vor dem Hintergrund dieses für menschliche Maßstäbe äußerst langen Zeitraums besteht ein nationenübergreifender Konsens darin, die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen, für heutige sowie nachfolgende Generationen zu erhalten und sogar zu verbessern.

Die Realität sieht anders aus: Nicht erneuerbare Energieträger decken heute fast 87 % des weltweiten Primärenergieverbrauchs [2]. Die Endlichkeit von Erdöl, Erdgas und Kohle stellt jedoch nur einen Teil des Problems dar, daneben ist es in erster Linie ihre Verbrennung, bei der vor allem Kohlendioxid entsteht, das als Hauptverursacher des bereits stattfindenden Klimawandels gilt. Eine Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur, der Anstieg des Meeresspiegels und extreme Wetterverhältnisse sind vermutete Folgen dieses Effekts. Die Förderung und der Transport vor allem flüssiger fossiler Energieträger birgt zusätzliche Gefahren für das Ökosystem.

Die Atomkraft scheidet als umweltfreundlicher und langfristiger Energielieferant, und damit als Alternative aus. Denn auch sie ist weder klimaneutral noch unbegrenzt verfügbar – außerdem birgt sie äußerst hohe Risiken für Mensch und Natur in allen Prozessphasen. Die Vorketten aus Abbau, Anreicherung und Transport des Urans benötigen Energie aus fossilen Quellen, zerstören ganze Landschaften und lassen vergiftete Böden zurück. Die Unfallserie des japanischen Reaktors Fukushima-Daiichi im Frühjahr 2011 zeigt, dass selbst technisch hochentwickelte Staaten die mit dem Betrieb von Kernreaktoren verbundenen Gefahren keineswegs sicher beherrschen. Und

schließlich wirft die Zwischen- und Endlagerung der radioaktiven Abfälle weitere Fragen auf.

### Energie und Ressourcenverbrauch im Bauwesen

In Deutschland entfallen fast 30 % des gesamten Endenergieverbrauchs auf den Raumwärmeerhalt. Den Sektor mit dem mit Abstand höchsten Endenergieanteil für Heizenergie bilden mit etwa 70 % die privaten Haushalte, gefolgt von Gewerbe, Handel und Dienstleistungen mit 22 % (Abb. 1.2). Dieser Wirtschaftszweig verbraucht außerdem mehr als die Hälfte der gesamten zur Beleuchtung benötigten Endenergie. Die Effizienzsteigerungen fielen in den privaten Haushalten im Zeitraum von 1991 bis 2007 geringer aus als in den übrigen Sektoren [3]. Ein Blick auf den nach Baujahren differenzierten Heizenergieverbrauch von Wohngebäuden in Deutschland zeigt, dass gerade die vor etwa 1980 gebauten Gebäude besonders hohe Werte aufweisen. Ein großes Potenzial zur Verringerung des bundesweiten Energieeinsatzes liegt somit in der energetischen Bestandssanierung. Zwar ist seit Ende der 1970er-Jahre ein Abwärtstrend im bundesdeutschen Pro-Kopf-Primärenergieverbrauch zu verzeichnen (Abb. 1.3), der bei gleichzeitigem Anstieg der Wirtschaftsleistung unter anderem Ausdruck bedeutender Steigerungen der technischen Energieeffizienz ist. Jedoch liegt Deutschlands flächenbezogener und an das EU-Durchschnittsklima angepasster Heizenergieverbrauch deutlich über dem EU-Mittelwert [4].

Es wäre allerdings falsch, die Energieeffizienz von Gebäuden ausschließlich anhand des Heizenergieverbrauchs zu bewerten [5]:

- Effizienz ist definiert als das Verhältnis von Nutzen zu Aufwand. Der Nutzen von Gebäuden umfasst aber neben der thermischen Behaglichkeit viele weitere funktionale Aspekte wie den akustischen und visuellen Komfort, die Innenraumhygiene und die gestalterische Qualität. Zahlreiche unsachgemäß sanierte Bauten zeigen, welcher baukulturelle Verlust droht, wenn bei der Steigerung der Effizienz das Erscheinungsbild vernachlässigt wird.
- Die Heizenergie ist zwar im Wohnbau eine wichtige Größe, bei modernen Bürogebäuden wird hingegen vergleichsweise viel Energie für Beleuchtung und den Betrieb elektrischer Geräte aufgewendet. Daher müssen die Innenräume nicht nur im Hochsommer zunehmend gekühlt werden. Der Klimawandel wird diesen Trend verstärken.
- Die Qualitäten verschiedener Energieformen bleiben häufig unberücksichtigt. Hochwertige elektrische Endenergie erfordert einen hohen Primärenergieeinsatz. Das Verhältnis von aufgewendeter Primärenergie zu Endenergie, der Primärenergiefaktor, ist bei elektrischem Strom etwa zweieinhalb Mal ungünstiger als bei Heizöl aus fossilen Quellen.
- Der Energieverbrauch während der Nutzungsphase stellt nur ein einzelnes – wenn auch sehr wichtiges – Kriterium

### Handlungsstrategien der nachhaltigen Energienutzung

Kriterium	Ökologie	Ökonomie	Soziokultur
Strategie	Konsistenz	Effizienz	Suffizienz
Bedeutung	Vereinbarkeit von Technik und Natur	Verhältnis von Nutzen zu Aufwand	(Selbst-)begrenzung der Nachfrage
energetischer Grundsatz	Einsatz erneuerbarer Energien	wirtschaftliche Energienutzung	Einsparen von Energie

bei der Bewertung des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes dar. Je weiter sich sein Anteil verringert, desto schwerer wiegt die für die Herstellung und Montage benötigte und in der Gebäudemasse gebundene sogenannte graue Energie.

**Handlungsstrategien der nachhaltigen Energienutzung**

Theoretisch ließen sich alle heutigen und zukünftigen Energieprobleme einzig nach dem Prinzip der Konsistenz lösen, wenn die Menschheit ausschließlich erneuerbare Energien und naturverträgliche Technologien nutzen würde (Abb. 1.1). Immerhin liefert die Sonne konstant etwa die 2300-fache Menge der heutigen weltweit benötigten Energie. Selbst das technisch nutzbare Potenzial wird konservativ auf das Viereinhalbfache des aktuellen Verbrauchs geschätzt. [6] Doch sind die Erschließung erneuerbarer Energiequellen und das moderne Leben derzeit an teils endliche Ressourcen – darunter auch Flächen – gebunden, deren Bereitstellung, Nutzung oder Wiederverwendung nicht immer ökologisch neutral möglich ist. Das bedeutet, dass die Konsistenz als alleinige Maßnahme nicht zum umweltverträglichen Bauen ausreicht und von weiteren Prinzipien flankiert werden muss.

**Effizienz: Wirkungen und Nebenwirkungen**

Am einfachsten scheint es, zunächst nach der Effizienz als »der tief hängenden Frucht des Energiebaums« [7] zu greifen, da sie in der Lage ist, zu geringen Kosten verschiedene Parameter gleichzeitig positiv zu beeinflussen. Das betrifft beispielsweise die Themen Versorgungssicherheit, Umweltverträglichkeit, Wettbewerbsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit, Außenhandelsbilanz, Investitionsbedarf, soziale Auswirkungen und geopolitische Stabilität.

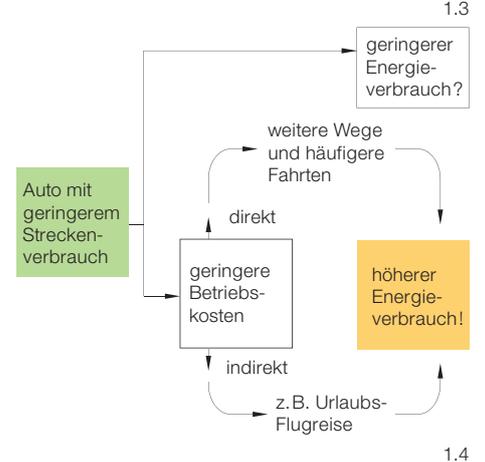
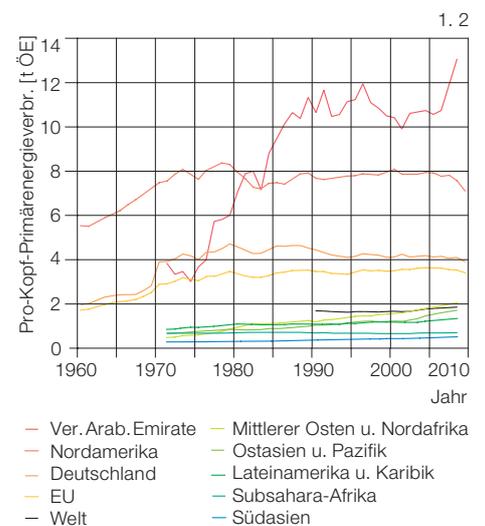
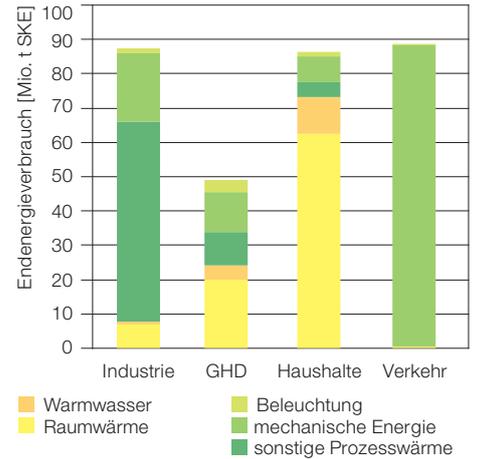
In der Praxis zeigt sich jedoch, dass Effizienzsteigerungen an einer Stelle oft einen höheren Verbrauch in einem anderen Bereich verursachen (Abb. 1.4). Bleibt der zusätzliche Energieverbrauch unterhalb der durch Effizienzsteigerungen eingesparten Menge, so spricht man von einem Rebound-Effekt, bei Überschreitung von »Backfire«. Dass diese Effekte existieren, bestreitet kaum jemand; allerdings lassen sie sich nur schwierig quantifizieren. Ein Ansatz beruht darauf, die Grenzen des betrachteten Systems zu

erweitern. Ökonomen ziehen daher als Indikator für die Energieeffizienz die Energieintensität einer Volkswirtschaft heran, die das Verhältnis von Energieeinsatz zur Wirtschaftsleistung (gemessen in Geldeinheiten des Bruttoinlandsprodukts) beschreibt (Abb. 1.5, S. 8). Diese wird zur besseren Vergleichbarkeit von weiteren Einflüssen wie z. B. strukturellen Veränderungen bereinigt. Erst eine globale Betrachtungsweise kann die zentrale Frage, ob eine höhere Energieeffizienz auf Mikroebene zu einem geringeren Energieverbrauch auf Makroebene führt [8], beantworten. In den meisten Regionen der Welt verringert sich die Energieintensität stetig [9]. Hätte sich die weltweite Energieintensität seit 1990 dagegen nicht reduziert, so hätte der weltweite Primärenergieverbrauch im Jahr 2008 den tatsächlichen Konsum um 3,6 Gigatonnen Öleinheiten bzw. um fast 30% übertroffen (Abb. 1.6, S. 8).

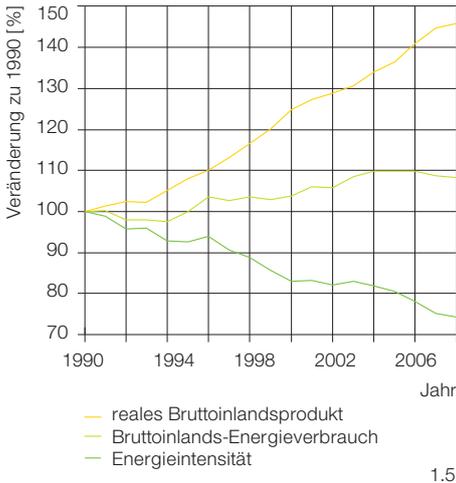
**Suffizienz: Wie viel ist genug?**

Trotz stark sinkender Energieintensität wächst der weltweite Primärenergieverbrauch jährlich (Abb. 1.3). Offensichtlich reichen für dessen Reduzierung Energieeffizienzstrategien ebenfalls nicht aus. Eine Beschränkung auf der Nachfrageseite muss daher als dritte Komponente die Konsistenz- und Effizienzprinzipien unterstützen. Dies gilt besonders für die Bevölkerung wohlhabender Staaten, da ein Großteil der in den sogenannten Entwicklungsländern lebenden Menschen mehr Energie und Ressourcen benötigt als heute, um das Existenzminimum erreichen zu können. Der als Öko-Suffizienz bekannte Grundsatz setzt bei einer neuen Denkweise an, die zu einem Wertewandel und damit wiederum zur Verhaltensänderung der Menschen führt, um über eine andere Art und Höhe der Güter- und Leistungsnachfrage Ressourcen zu schonen. [10]

Das Prinzip der Suffizienz ist auf unterschiedliche Bereiche anwendbar. Das Thema dieses Buchs betreffend bieten Fassaden, die eine natürliche Belüftung und individuelle Regelungsmöglichkeiten vorsehen, oft einen höheren Nutzerkomfort bei geringerem Energie- und Materialverbrauch als vollklimatisierte Alternativen. Im privaten Bereich meint Suffizienz keineswegs einen asketischen Lebenswandel, sondern im Wesentlichen den Verzicht auf unnötigen materiellen Luxus. Der drohenden Gefahr des sinkenden Lebensstandards begegnet die Suffizienz mit der Aussicht auf eine steigende Lebensqualität. Denn der Lebensstan-



- 1.1 Konsistenz, Effizienz und Suffizienz als Teilaspekte nachhaltigen Bauens
- 1.2 Endenergieverbrauch 2008 in Deutschland nach Sektoren und Anwendungsbereichen (bereinigt)
- 1.3 Entwicklung des jährlichen weltweiten Pro-Kopf-Primärenergieverbrauchs nach Regionen
- 1.4 Illustration des Rebound-Effekts aus Konsumentensicht: Beim Umstieg auf ein effizienteres Auto spart der Besitzer bei sonst gleichen Bedingungen gegenüber dem alten Fahrzeug Kraftstoff – und somit Geld – ein. Dieser Überschuss wird nun teilweise kompensiert: Bei der direkten Variante erhöhen weitere Strecken oder häufigere Fahrten die Gesamtfahrleistung. Im indirekten Fall werden die Einspareffekte an anderer Stelle aufgewogen. Eine zuvor aus Kostengründen nicht angetretene Flugreise z. B. wird nun bezahlbar – und der Einspareffekt dadurch abgeschwächt.



dard bildet nur den objektiven – hauptsächlich materiellen und finanziellen – Teilbereich der Lebensqualität ab. Über die persönliche, subjektive Zufriedenheit trifft er keine Aussage.

**Politische Instrumente**

Die Nachhaltigkeitsfrage und hierbei besonders der Klimaschutz stellt die Welt vor große Aufgaben. Zu ihrer Lösung bedarf es auf lokaler, nationaler und internationaler Ebene eines ganzen Katalogs an Einzelmaßnahmen, um »das Raumschiff Erde« [11] wieder auf den richtigen Kurs zu führen. Denn einerseits kann jedes noch so kleine Mittel einen wichtigen Beitrag zur Nachhaltigkeit leisten, andererseits braucht es in einer globalisierten Welt verbindliche, internationale Absprachen, um ein Gesamtkonzept zu erarbeiten und einen fairen Wettbewerb zu ermöglichen.

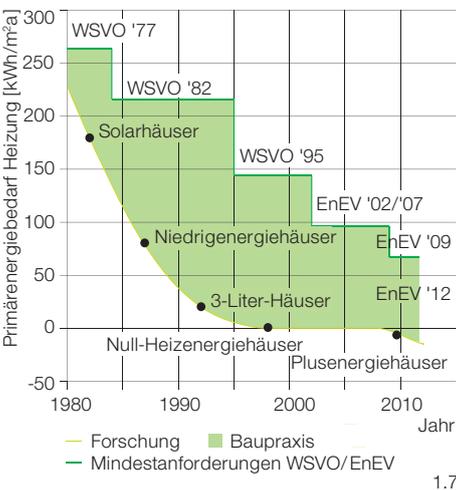
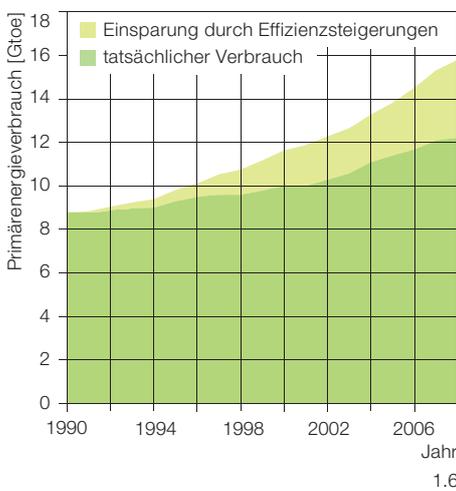
Die übergeordneten energiepolitischen Ziele Deutschlands bestehen darin, die Allgemeinheit mit sicherer, preisgünstiger und umweltverträglicher Energie zu versorgen [12]. Das 1976 erlassene und seither mehrfach novellierte »Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden« (EnEG), das drei Jahre nach der ersten Ölkrise vor allem die Abhängigkeit der Bundesrepublik von importierten Energieträgern beschränken sollte, bildet die rechtliche Grundlage für eine Vielzahl von weiteren Gesetzen und Verordnungen. Bereits 1977 folgte die erste Auflage der Wärmeschutzverordnung (WSVO), die zunächst ausschließlich die Begrenzung des Wärmeverlusts über Transmission und Undichtigkeiten beinhaltet (Abb. 1.7). Seitdem sie 2002 in der Energieeinsparverordnung (EnEV) aufgegangen ist, wird die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden bewertet. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG; seit 2000) und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG; 2009) wurden eingeführt, um den Anteil der erneuerbaren Energien zu erhöhen. Mit Ausnahme des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes, auf dessen Basis die natürlichen Ressourcen geschont und Abfälle umweltverträglich beseitigt werden sollen, beziehen sich die aufgeführten Gesetze und Verordnungen jedoch ausschließlich auf den Energieverbrauch in der Nutzungsphase. Der Stoff- und Energieeinsatz über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes ist gesetzlich (noch) nicht geregelt. Für eine solche, ganzheitliche Bilanzierung bieten sich freiwillige Zertifizierungssysteme, wie das der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB), an.

**Inhalt dieses Buches**

Dieses Buch richtet sich an planende Architekten sowie an Studierende der Architektur und interessierte Leser. Es behandelt prinzipiell alle vertikalen Fassaden, die Aufenthaltsräume von Gebäuden unterschiedlichen Alters vom Außenraum abgrenzen – mit Ausnahme denkmalgeschützter Fassaden. Dieser Sonderfall würde den gesteckten Rahmen sprengen.

Die vielfältigen Einflüsse und Abhängigkeiten, die mit der Planung und Konstruktion von energieeffizienten Fassaden einhergehen, sind so komplex, dass ein umfassendes Verständnis verschiedener Themenfelder nötig ist. Während einige Fachbücher einen analytischen Pfad wählen, indem sie bereits gebaute Beispiele im Detail vorstellen, geht dieses Buch einen synthetischen Weg: Es vermittelt das zum architektonischen Entwurf energieeffizienter Fassaden erforderliche Grundlagen- und Spezialwissen.

Die Kapitelstruktur zeichnet grob den chronologischen Ablauf eines Bauprojekts nach. Am Anfang jeder Planung steht die Analyse der Aufgabenstellung und der Randbedingungen: die Grundlagenermittlung. Die Leistungsbeschreibung einer Fassade ergibt sich hauptsächlich aus dem Missverhältnis zwischen den Nutzeranforderungen im Gebäude sowie den vielfältigen und stark veränderlichen Bedingungen des Außenraums. Das Kapitel »Fassade als Filter« stellt daher beide Seiten ausführlich einander gegenüber. Auf welche Weise sich die hier skizzierten Anforderungen konkret umsetzen lassen, folgt in den darauffolgenden Kapiteln. Dies führt zwar einerseits dazu, dass manche Informationen zu einem Thema an verschiedenen Stellen zu finden sind, vermeidet aber andererseits unnötige Wiederholungen. Das Kapitel »Entwurf und Konstruktion« widmet sich hauptsächlich den Themen Materialeffizienz und Dauerhaftigkeit, denn beide Komponenten können dazu beitragen, die im Gebäude enthaltene graue Energie bereits mittels konstruktiver Maßnahmen zu reduzieren. Da die passiven Energieeinspar- und -gewinnmethoden den größten Einfluss auf die Energiebilanz haben, und der Fassade hierbei eine Schlüsselrolle zukommt, erhalten die Themen Transmissionswärmeverluste, Wärmegewinne und Wärmespeicherung unter der Überschrift »Bauphysik« ein eigenes Kapitel. Der Abschnitt »Bauteile und Energietechnologien« bewegt sich dann auf einer höhe-



- 1.5 Entwicklung der Energieintensität in der EU-27 von 1990–2008. Durchschnittlicher Rückgang der Energieintensität: 1,6% pro Jahr. Dies bedeutet zwar eine relative Entkopplung von Energieverbrauch und Wirtschaftswachstum, doch hat sich der absolute Energieverbrauch um etwas mehr als 8% im gleichen Zeitraum erhöht. Die Daten sind strukturell nicht bereinigt. Ein Großteil der Energieintensitätssenkung beruht auf Verschiebungen zwischen den Wirtschaftssektoren.
- 1.6 weltweite Energieeinsparungen infolge zunehmender Energieeffizienz von 1990–2008 (in Gigatonnen Öleinheiten)
- 1.7 Einfluss der Wärmeschutz- und Energiesparverordnungen auf die Entwicklung des flächenbezogenen Primärenergieverbrauchs für Heizung von Gebäuden in Deutschland

ren Aggregationsstufe: Bauteile erfüllen eine konkrete Funktion im Gebäude. In diesem Kapitel spannt sich der Bogen von transparenten Bauteilen über die freie Lüftung bis hin zu fassadenintegrierter Gebäudetechnik. Die aktiven Energiegewinnungstechnologien Photovoltaik und Solarthermie, die zunehmend in der Fassade zum Einsatz kommen, runden diesen Teil ab. Das Kapitel »Ökologie der Baustoffe« stellt das einzelne Projekt in einen größeren räumlichen und zeitlichen Zusammenhang, indem es die lokalen und globalen Auswirkungen auf die Umwelt sowie die Ressourceninanspruchnahme seiner Komponenten während seines gesamten Lebenswegs betrachtet. Im abschließenden Kapitel »Beurteilung von Fassaden« werden die Anforderungen beschrieben, die gesetzliche Energiestandards und (freiwilliger) Gebäudezertifizierungssysteme an Fassaden stellen. Ferner werden Methoden zur Funktionsprüfung von Fassaden mittels praktischer Tests in speziellen Prüfeinrichtungen oder auf der Baustelle erläutert.

## Künftige Entwicklungen

Welcher Fassadentyp zum Einsatz kommt, hängt in den meisten Fällen von der Funktion des jeweiligen Gebäudes ab: Lochfassaden in Massivbauweise dominieren die Wohnbauten, Vorhangfassaden die modernen Verwaltungsgebäude. Beide Konstruktionsarten bieten Vorteile für die jeweilige Nutzung. Die massive Bauweise trägt dem Bedürfnis vieler Bewohner nach Individualität, Intimität und Sicherheit Rechnung und lässt sich mit vergleichsweise geringem Planungs- und Ausführungsaufwand an die heterogenen Raumfunktionen anpassen. Der überwiegende Teil der Investoren und Nutzer legt zudem Wert auf geringe Herstellungs- und Betriebskosten. Für Wohngebäude werden daher hauptsächlich passive Energiestrategien verwendet: Den steigenden Energiepreisen und dem sich verschärfenden Baurecht begegnen sie mit dichteren und besser gedämmten Außenbauteilen sowie einer günstigeren Orientierung des Baukörpers, seiner Grundrissgestaltung und der Anordnung transparenter Bauteile in Bezug zur Sonne. Als aktive Technologie kommt bei Neubauten vor allem die kontrollierte Be- und Entlüftung zum Einsatz. Solange es keine Baustoffe gibt, die gleichzeitig mehrere wichtige

mechanische und bauphysikalische Eigenschaften in sich vereinen, wird man in mitteleuropäischen Breiten auch in Zukunft nicht auf mehrschichtige Außenbauteile verzichten können. Dies stellt unter ökologischen Aspekten besonders hohe Anforderungen an die Recyclingfähigkeit der meistens handwerklich ausgeführten und fest miteinander verbundenen Materialien.

Anders verhält es sich bei Verwaltungsgebäuden: Ein gleichmäßiges Ausbau- und Fassadenraster ermöglicht sowohl flexibel auszustattende Büros als auch eine rationelle, präzise und auf Vorfertigung ausgelegte Konstruktionsweise. Dem zu Beginn des 20. Jahrhunderts wachsenden Wunsch der Architekten nach Entmaterialisierung und Transparenz nahmen finanzstarke und auf Repräsentation bedachte Bauherren bereitwillig auf. Die Baustoffe Glas, Stahl und Aluminium prägten das Bild dieser Strömung. Allerdings hat man häufig vernachlässigt, dass sich die gewünschte Durchsicht hauptsächlich nur in eine Richtung, nämlich von der dunkleren zur helleren Umgebung einstellte. Erst ein hoher Einsatz von Heiz- und elektrischer Energie und eine umfassende Klimatechnik machte diese Gebäude wegen des hohen Glasanteils überhaupt nutzbar. Die Doppelfassade, die sich in den 1990er-Jahren großer Beliebtheit erfreuten, sollte die Energiebilanz der Ganzglasarchitektur mithilfe passiver Methoden verbessern. Einige Architekten versuchten, diese immer noch sehr energieintensiven und zudem wenig flächeneffizienten Glasgebäude als ökologisch besonders wertvoll darzustellen.

Etwa seit der Jahrtausendwende sind im Verwaltungsbau zwei scheinbar gegensätzliche Trends erkennbar: Zum einen nimmt der Vorfertigungsgrad zu. Ganze Fassadeneinheiten können vollständig im Werk produziert und auf der Baustelle in rasanter Geschwindigkeit zu Elementfassaden gefügt werden. Die Außenhülle übernimmt nicht zuletzt auf Wunsch großer Fassadenhersteller zusätzliche Funktionen der Gebäudetechnik wie Heizen, Kühlen oder den Datentransport. Zum anderen scheint trotz der fortschreitenden Industrialisierung der Bautechnik eine menschliche Komponente in die Bürowelt einzuziehen: Die Fassaden wirken nach außen nicht länger hart, glatt, kalt und monoton. Opake Bauteile aus Holz und Naturstein kommen verstärkt zum Einsatz. Der Mut zur Farbe wächst. Sonnenschutzelemente beleben ihr

Erscheinungsbild und verleihen ihnen Tiefe. Im Inneren erhalten die Nutzer einen Teil ihrer Autonomie über ihre unmittelbare Umgebung zurück. Fenster lassen sich wieder öffnen, eine Vollklimatisierung wird überflüssig. Dezentrale Technologien und kleinzonige Steuerungsmöglichkeiten fördern die Produktivität. Aktive Technologien wie Solarthermie und Photovoltaik erobern die Außenflächen. Die Forschung arbeitet sogar an integrierten Bioreaktoren, um energetisch verwertbare Biomasse zu produzieren. Nachdem bereits das Gründach mit dem Ziel eingeführt worden war, das städtische Mikroklima zu verbessern und zur passiven Kühlung von Gebäuden beizutragen, begrünen nun einige Architekten sogar ihre Fassade.

Auch wenn viele dieser Effizienztechnologien von einer Marktdurchdringung noch weit entfernt und Zukunftsprognosen generell problematisch sind, lässt sich doch grundsätzlich festhalten: Die Fassade der Zukunft wird sich aller Vorteile der modernen Planungs- und Fertigungsmethoden bedienen müssen, ohne den Wunsch des Menschen nach einer individuell anpassbaren Umgebung und den Kontakt zum Außenraum zu vernachlässigen.

## Anmerkungen:

- [1] Caldeira, Ken; Kasting, James F.: The life span of the biosphere revisited. In: Nature, Band 360, 1992, S. 721–723, S. 723
- [2] Die Prozentangabe bezieht sich auf das Jahr 2009. International Energy Agency: Key World Energy Statistics 2011. Paris 2011, S. 6
- [3] ODYSSEE data base: Energieeffizienz-Profil Deutschland, April 2009. S. 1
- [4] ADEME: Energy Efficiency Trends and Policies in the EU 27. Results of the ODYSSEE-MURE project. Paris 2009, S. 8f.
- [5] Vgl. zu der nachstehenden Aufzählung: Cody, Brian: Form follows Energy. Die Zukunft von Energieeffizienz. In: CD-Rom zum Tagungsband, 2. Internationaler Kongress Bauhaus. SOLAR Erfurt 2009
- [6] Neuberechnung im Verhältnis zum Weltprimärenergieverbrauch für 2008 aus: International Energy Agency: Key World Energy Statistics 2010. Paris 2010, S. 6  
Fischedick, Manfred; Langniß, Ole; Nitsch, Joachim: Nach dem Ausstieg: Zukunftskurs Erneuerbare Energien. Stuttgart 2000, S. 18
- [7] World Energy Council (Hrsg.): Energy Efficiency. A Recipe for Success. World Energy Council. London 2010, S. 4
- [8] Herring Horace: Energy efficiency – a critical view. In: Energy 31, 2006, S. 10–20, S. 18
- [9] wie Anm. 7, S. 14
- [10] vgl. Linz, Manfred: Weder Mangel noch Übermaß. Über Suffizienz und Suffizienzforschung. Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, Wuppertal 2004, S. 10–17
- [11] Fuller, Buckminster: Operating Manual for Spaceship Earth, Zürich 2008
- [12] Zum Beispiel: Energiewirtschaftsgesetz vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970, 3621), das durch Artikel 2, Absatz 66 des Gesetzes vom 22.12.2011 (BGBl. I S. 3044) geändert worden ist, §1 Abs. 1.