

# Betonbau im Zeichen der Nachhaltigkeit

ökologische, ökonomische und soziale Aspekte

Dr.-Ing. Peter Lieblang  
Bauberatung Zement Stuttgart

Freiburg, 25. Februar 2003

Der vorliegende Beitrag gibt einen kurzen Überblick über die wesentlichen Merkmale nachhaltiger Entwicklung und deren Bezug zum Bauen mit Beton. Er orientiert sich dabei an der Wertschöpfungskette beim Bauen mit Beton und greift die Arbeit der Enquete Kommission des Deutschen Bundestages „Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung“ [12, 13] auf. Zudem finden sich ausführliche Literaturangaben zum Thema Bauen und nachhaltige Entwicklung.

## 1 Einleitung

Die Definition des Begriffs "sustainable development" („nachhaltige Entwicklung“) geht in seiner heutigen Bedeutung auf den Bericht "Our common future" [28] der World Commission on Environment and Development („Brundtland Kommission“) aus dem Jahre 1987 zurück:

“Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs“\* [28]

Es existieren eine Vielzahl ähnlicher Definitionen nachhaltiger Entwicklung, die sich mehr oder weniger von der oben gemachten unterscheiden. Ursachen hierfür sind in z. B. Unterschiede in Problemverständnis, Wertekategorien und Handlungsmustern verschiedener beteiligter Wissenschaftsdisziplinen oder unterschiedliche geografische und zeitliche Horizonte. Als wesentliches Merkmal einer nachhaltigen Entwicklung identifizieren alle Definitionen eine ganzheitliche Betrachtung, die ökologische, ökonomische und soziale Belange berücksichtigt. Entscheidungen sind daher immer unter Berücksichtigung jeder dieser drei Faktoren zu treffen.

Ziel der nachhaltigen Entwicklung ist ein *qualitatives* Wachstum, das sich – anders als *quantitatives* Wachstum – nicht mehr nur an der Sozialproduktgröße orientiert, sondern gesellschaftliche und Umweltaspekte gleichermaßen berücksichtigt. In den meisten Betrachtungen zur

---

\*etwa: Nachhaltige Entwicklung ist eine Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, daß künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht mehr befriedigen können

nachhaltigen Entwicklung liegt ein Schwerpunkt auf der Ökologie. Dies ist in erster Linie dadurch begründet, dass die gesellschaftlichen Regeln und die Gesetze der Ökonomie in einem lange währenden Prozess entwickelt wurden, ohne die Ökologie als Teil dieses Systems ausreichend mit einzubeziehen. Der Naturhaushalt wurde früher als eine unerschöpfliche Quelle von Rohstoffen und ebenso unbegrenzt aufnahmefähige Senke für Abfälle angesehen. Es ist jedoch unbestritten, dass die natürlichen Ressourcen als knappes Gut angesehen werden müssen. Es werden zunehmend Wechselwirkungen zwischen ökologischen Zielen einerseits sowie sozialen und ökonomischen Zielen andererseits deutlich. Zukünftige gesellschaftliche Aufgaben bestehen unter anderem darin, ökologische Ziele in das bestehende Gefüge ökonomischer und sozialer Regelkreise zu integrieren. Daraus abzuleiten, dass zur Erfüllung dieser gesellschaftlichen Aufgaben den ökologischen Zielen im Einzelfall Vorrang vor anderen Zielen einzuräumen ist, läßt sich aus dem Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung jedoch nicht ableiten.

## **2 Politische und gesetzliche Rahmenbedingungen**

Der Deutsche Bundestag hat der Umsetzung dieser Handlungsempfehlungen im Rahmen der Arbeit von mehreren Enquete-Kommissionen Rechnung getragen. So hat der 12. Deutsche Bundestag die Enquete-Kommissionen „Schutz der Erdatmosphäre“ und „Schutz des Menschen und der Umwelt – Bewertungskriterien und Perspektiven für umweltverträgliche Stoffkreisläufe in der Industriegesellschaft“ eingesetzt. Der 13. Deutsche Bundestag hat aufgrund der Empfehlung der letzteren Kommission, die Arbeit auch in der 13. Legislaturperiode fortzuführen, die Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung“ eingesetzt. Die Arbeit dieser Kommissionen ist in mehreren Veröffentlichungen dokumentiert [11, 12]. Insbesondere die Enquete-Kommission des 13. Deutschen Bundestags hat das Feld „Bauen und Wohnen“ – besonders unter den Gesichtspunkten Energie, Flächeninanspruchnahme und Stoffströme – behandelt.

## **3 Kriterien für nachhaltiges Bauen und Wohnen**

Zur konkreten Umsetzung des Gedankens einer nachhaltigen Entwicklung im Bereich Bauen und Wohnen ist es erforderlich, Kriterien festzulegen, anhand derer bewertet werden kann, ob bzw. in welchem Maße ein Projekt mit den Zielen einer nachhaltigen Entwicklung zu vereinbaren ist. Mit welchen Methoden eine solche Bewertung durchgeführt werden kann, wird in den betroffenen Kreisen intensiv diskutiert. Mögliche Methoden sind z. B. die Ökobilanz oder die Ökoeffizienzanalyse. Die verschiedenen Vorgehensweisen unterscheiden sich unter anderem in der Art der Kriterien, anhand derer die Nachhaltigkeit einer Maßnahme überprüft wird. Neben quantitativen Zielen und Indikatoren, wie z. B. innerhalb der ökologischen Dimension für Emissionen, Flächeninanspruchnahme oder Ressourcenverbrauch, werden vielfach auch qualitative Kriterien formuliert. Letzteres ist häufig im Hinblick auf die Beurteilung der sozialen Dimension zweckmäßig, da beispielsweise Ästhetik oder Nutzerakzeptanz eines Bauwerks i. a. nicht sinnvoll zu quantifizieren sind. Aber auch ökologische Parameter, wie z. B. der Naturschutzwert einer Fläche kann man nur schwer in Zahlen fassen. In ähnlicher Weise ist auch zwischen sogenannten absoluten und relativen Analysen zur nachhaltigen Entwicklung zu unterscheiden.

Während bei absoluten Analyseverfahren die Übereinstimmung einer Maßnahme mit den Zielen einer nachhaltigen Entwicklung an der Erfüllung bestimmter Anforderungen, wie z. B. gesetzlich festgelegter Grenzwerte oder bestimmter Nutzeranforderungen gemessen wird, dienen relative Analysen dazu, verschiedene Varianten bezüglich ihrer Nachhaltigkeit miteinander zu vergleichen. Hierzu ist anzumerken, dass in vielen Fällen keine allgemein anerkannten Ziele für eine nachhaltige Entwicklung existieren (vgl. hierzu auch [12], S. 21 ff.). Vielfach wird daher in Analysen zur nachhaltigen Entwicklung einer der drei Dimensionen einer nachhaltigen Entwicklung eine Art Leitungsfunktion zugesprochen, die jeweils durch Anforderungen der beiden anderen Kategorien ergänzt wird. Es hat sich als sinnvoll herausgestellt, Nachhaltigkeitsanalysen an der Wertschöpfungskette zu orientieren.

## **4 Baustoffproduktion**

### **4.1 Produktion mineralischer Baustoffe**

In Deutschland wurden 1997 ca. 770 Mio. t Mineralstoffe gewonnen, wovon der größte Teil im Bauwesen Verwendung fand [27]. Damit zählt das Bauen zu den Verursachern sehr großer Stoffströme. Es ist festzustellen, dass die Produktion von Steine und Erden-Erzeugnissen im Zuge der deutschen Wiedervereinigung und des dadurch ausgelösten Baubooms einen Spitzenwert von 870 Mill. Tonnen im Jahr 1994 erreichte, danach jedoch wieder auf den o. g. Wert von ca. 770 Mill. Tonnen jährlich abfiel. Diese Rohstoffe werden fast vollständig im Inland gewonnen, wobei die Verteilung der Gewinnungsstätten entsprechend den geologischen Formationen regional konzentriert ist. Die Reserven an mineralischen Rohstoffen sind groß genug, um den Bedarf über mehrere Jahrhunderte zu decken. Es wird davon ausgegangen, dass allein im Alpenvorland mindestens 100 Milliarden Tonnen Sand und Kies lagern [23]. Dennoch reichen die für den Abbau genehmigten Vorräte der einzelnen Betriebe häufig nur für einige Jahre. Bei der Erteilung von Genehmigungen zur Abgrabungserweiterung stehen die Interessen der Abbaubetriebe häufig in Konflikt mit alternativen Interessen zur Flächennutzung (z. B. Grundwasser- oder Landschaftsschutzgebiet, Wohnbau land, landwirtschaftliche Nutzfläche). Anders als bei Energieträgern, wie z. B. Erdöl, ist das Problem des Ressourcenverbrauchs bei mineralischen Rohstoffen in erster Linie ein Problem der Flächeninanspruchnahme, das – bei starker hoheitlicher Einflussnahme – zwischen konkurrierenden Nutzungsarten entschieden wird. Hierbei ist zu bedenken, dass es sich bei der Flächeninanspruchnahme für den Abbau von Bodenschätzen um temporäre Maßnahmen handelt. Hinzu kommen ggf. Eingriffe in Grundwasserhorizonte.

Von Interesse sind hier die durch die Zement- und Betonherstellung induzierten Stoffströme. Der VDZ hat in einer Umfrage [26] für das Jahr 1998 eine Produktion von 45,7 Mio. Tonnen Kalkstein, Mergel und Kreide für die Herstellung von 34,9 Mio. Tonnen Zementklinker [7] ermittelt. Von den 1997 insgesamt gewonnenen knapp 400 Mio. Tonnen Bausand und Baukies finden 131,7 Mio. Tonnen als Gesteinskörnungen für Ortbeton Verwendung, davon mit 105,3 Mio. Tonnen der größte Anteil im Hochbau. Weitere Abnehmer sind Betonwaren im Hochbau mit 18,8 Mio. Tonnen und Betonerzeugnisse für den Tiefbau mit 24,2 Mio. Tonnen [27]. Da die mineralischen Rohstoffe im Bauwerk normalerweise über einen sehr langen Zeitraum (> 50 Jahre) verbleiben, kann eine Akkumulation dieser Stoffe im Gebäudebestand stattfinden. Hochrechnungen haben ergeben, dass seit 1950 ca. 3,6 Milliarden m<sup>3</sup> Beton hergestellt wurden, deren

überwiegender Teil sich noch im Gebäudebestand befindet [20]. Es wird davon ausgegangen, dass diese Akkumulation um das Jahr 2000 ihren Höhepunkt erreicht haben wird und anschließend die Summe der im Gebäudebestand gespeicherten Baustoffmenge abnehmen wird [13].

In Zusammenhang mit der Produktion mineralischer Baustoffe sind insbesondere die Gewinnung der Rohstoffe in Steinbrüchen und die zur Versorgung der Kunden erforderlichen Transporte von Bedeutung. Hierzu ist festzustellen, dass insbesondere der Abbau mineralischer Rohstoffe als Eingriff in die Natur *wahrgenommen* wird. Steinbrüche heben sich durch ihr Erscheinungsbild von der im Allgemeinen land- oder forstwirtschaftlich genutzten Umgebung deutlich ab. Entgegen dieser *Wahrnehmung* ist die Beeinträchtigung der Natur durch Steinbrüche *tatsächlich* vergleichsweise gering. Dies gilt sowohl für in Betrieb befindliche Steinbrüche als auch für aufgelassene bzw. renaturierte Steinbrüche [24]. Ursache für diese zunächst überraschende Tatsache ist im Wesentlichen, dass eine vom Menschen als natürlich empfundene Kulturlandschaft nicht unbedingt ökologisch wertvoll sein muß. In intensiv forst- und landwirtschaftlich genutzten Landstrichen kann in Einzelfällen sogar die Artenvielfalt in aufgelassenen Steinbrüchen höher sein, als in einem den Steinbruch umgebenden flächenmäßig wesentlich größeren Umfeld. Dies liegt auch daran, dass bestimmte seltene oder gar bedrohte Arten die extremen klimatischen Bedingungen, z. B. an Steilhängen, benötigen [25, 21]. Mittlerweile werden solche Belange des Naturschutzes in den meisten Fällen in die Betriebsplanung mit einbezogen und so der Konflikt zwischen wirtschaftlichen Interessen und ökologischen Zielen in hohem Maße ausgeglichen.

Ökologisch vorteilhaft ist auch, dass homogene Massengüter wie mineralische Rohstoffe i. a. nur über kurze Distanzen wirtschaftlich transportiert werden können. Beispielsweise sind die deutschen Zementwerke relativ gleichmäßig, entsprechend den geologischen Formationen, über die Bundesrepublik verteilt. Dies gilt in noch größerem Maße für Abbaustätten von Gesteinskörnungen. Im Gegensatz zu Holz oder Produkten der Erdölchemie handelt es sich bei mineralischen Baustoffen daher in der Regel um regionale Produkte.

## 5 Nutzung von Bauwerken

### 5.1 Flächeninanspruchnahme durch das Bauen

In Tabelle 1 sind die Flächennutzungsarten an der Bodenfläche der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1993 angegeben. Die Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung schätzt, dass zwischen 1991 und 2010 aufgrund des starken Wohnungsneubaus etwa 370000 ha Fläche als Wohnbauland in Anspruch genommen werden [6]. In erster Linie geht diese Wohnbaulandnachfrage von Ein- und Zweifamilienhäusern aus. Dagegen wird erwartet, dass die Nachfrage nach flächensparenden Mehrfamilienhäusern gering, sogar eher rückläufig sein wird.

Andererseits sind auch gegenläufige Tendenzen vorhanden. Bisher militärisch oder industriell genutzte Flächen wurden und werden in erheblichem Umfang aufgegeben. Auch wenn diese Flächen nicht im eigentlichen Sinne renaturiert werden, so sind sie doch weitgehend der Natur überlassen und dem menschlichen Zugriff entzogen. Es bleibt unklar, ob eine solche Zunahme ungenutzter Flächen in Zahlen zur Flächeninanspruchnahme enthalten ist, oder nicht. Weiterhin erscheint es plausibel, dass bei einer Fortsetzung des derzeitigen demografischen Wandels die sinkende Bevölkerungszahl in absehbarer Zeit trotz Zunahme der pro Kopf verfügbaren Wohn-

	Fläche [1000 ha]	Anteil [%]
Siedlungs- und Verkehrsfläche	4016,6	11,3
darunter		
Gebäude- und Freiflächen	2065,7	5,8
Betriebsflächen (ohne Abbauland)	55,0	0,2
Erholungsfläche	230,7	0,6
Verkehrsfläche	1632,7	4,6
Friedhofsfläche	32,5	0,1
Abbauland (Abbau von Bodensubstanz)	187,8	0,5
Landwirtschaftsfläche	19543,3	54,7
Waldfläche	10432,6	29,2
Wasserfläche	779,8	2,2
Flächen anderer Nutzung	736,9	2,1
Gesamtflächen	35697,0	100,0

Tabelle 1: Anteil der Flächennutzungsarten an der Bodenfläche der BRD 1993, Quelle: Statistisches Bundesamt (1995), entnommen aus [12]

fläche zu einer stark reduzierten Flächeninanspruchnahme, evtl. sogar zu einer Netto-Freisetzung von genutzter Fläche führen wird. Aus der Forderung der Enquete Kommission ableiten zu wollen, dass eine Ausweisung von neuem Bauland einer nachhaltigen Entwicklung zuwiderläuft, wäre jedoch falsch.

Gleichzeitig belegen die Zahlen in Tabelle 2, dass insbesondere im Bereich der Ein- und Zweifamilienhäuser das zulässige Maß der baulichen Nutzungen von Grundstücken bei weitem nicht ausgeschöpft ist. Insofern ist die Strategie des BMVBW naheliegend, die Flächeninanspruchnahme durch die Schaffung neuen Wohnraums in den Kernstädten unter Nutzung der bereits vorhandenen Infrastruktur zu senken (Nachverdichtung). Gegen diese Methodik wird häufig das Argument vorgebracht, dass bei weiterer Verdichtung in den Ballungsräumen eine kritische Verdichtung überschritten werde, mit der Folge einer Abwanderung von Bewohnern in andere ‚wohnlichere‘ Viertel. Obwohl eine solche Gefahr tatsächlich besteht, kann bei sorgfältiger Planung, die die Funktionen Verkehr, Wohnen, Arbeiten und Erholung verträglich anordnet, eine solche Nachverdichtung erfolgreich sein. Im Ergebnis werden dann monozentrische Strukturen durch Stadtteilzentren abgelöst. Dass solche Unterzentren auf hohe Akzeptanz bei der Bevölkerung stossen, kann in vielen Großstädten beobachtet werden. Nachhaltiges Bauen und Wohnen bedeutet in diesem Zusammenhang also, stärker verdichtete Siedlungsformen zu fördern, ohne dabei eine Verminderung der Wohn- und Lebensqualität in Kauf zu nehmen. Die Nachverdichtung durch Bebauung untergenutzter Grundstücke (z. B. durch Baulückenschließungen, Bebauung in zweiter Reihe, Bebauung von Blockinnenbereichen, Gebäudeaufstockung, etc., vgl. Tabelle 2) ist im Allgemeinen schwierig. Häufig wird das Maß der baulichen Nutzung und damit auch die Rentabilität einer Nachverdichtungsmaßnahme durch die bereits vorhandene Bebauung eingeschränkt. Fragen der Erschließung und der Belichtung sowie Anforderungen an die Baustellenlogistik führen oft zu einem Mehraufwand bei Nachverdichtungsmaßnahmen gegenüber der Nutzung neuerschlossener Baugrundstücke. In nicht wenigen Fällen spielt auch

Baugebietstyp	genutzte GFD <sup>a</sup>	zulässige GFZ <sup>b</sup>	durchschnittliche Grundstücksgröße [m <sup>2</sup> ]	Ausnutzungsgrad $\frac{GFD}{GFZ}$ [%]
Kleinsiedlungsgebiete	0,251	0,4	744	62.8
Reine Wohngebiete	0,402	1,2	644	33.5
Allgemeine Wohngebiete	0,392	1,2	733	32.7
Besondere Wohngebiete	0,796	1,6	746	49.8
Dorfgebiete	0,275	1,2	854	22.9
Mischgebiete	0,483	1,2	910	40.3
Kerngebiete	0,868	3,0	1309	28.9
Industriegebiete	0,355	2,4	1074	14.8
Sonstige Sondergebiete	0,440	2,4	2644	18.3

<sup>a</sup>GFD: Geschoßflächendichte — gibt das tatsächlich vorhandene Maß der baulichen Nutzung an.

<sup>b</sup>GFZ: Geschoßflächenzahl — gibt das nach Bauordnung zulässige Maß der baulichen Nutzung an. Hierbei ist zu beachten, dass das Maß der baulichen Nutzung ebenfalls durch die Vorschriften der Landesbauordnungen bezüglich der Abstandsflächen und der Zahl der zulässigen Vollgeschoße beeinflusst wird.

Tabelle 2: Nachverdichtungspotential bei genehmigten Wohngebäuden im Bundesgebiet (1995), Zahlen aus [12]

die spekulative Zurückhaltung der Flächen durch die bisherigen Eigentümer. Bei sorgfältiger Planung können Programme zur Baulückenschließung jedoch erfolgreich sein, wie das Beispiel Köln zeigt [22]. Dies setzt voraus, dass der Grundstücksspekulation mit wirksamen Maßnahmen entgegengetreten wird. Beispielsweise kann die Kommune bei untergenutzten Grundstücken ein Baugebot aussprechen. Von größerer Bedeutung dürfte die Konversion von bisher militärisch oder industriell genutzten Brachen sein. Tabelle 3 gibt einen Überblick über solche in Deutschland vorhandenen Flächen. Obwohl die insgesamt freiwerdenden Flächen sehr groß sind, kann wahrscheinlich nur der kleine, im Innenbereich liegende Teil zur Verringerung der Flächeninanspruchnahme genutzt werden. Ein großes Potential bebaubarer Flächen stellen auch die zumeist innerstädtisch gelegenen, nicht mehr genutzten Bahnbetriebsflächen, z. B. alte Güterbahnhöfe, dar. Beispiele für solche Konversionen sind der in Köln auf dem Gelände des ehemaligen Güterbahnhofs Gereon realisierte „Media Park“ oder das geplante „Stuttgart21“-Projekt. In nicht wenigen Fällen bestehen jedoch Altlasten aus dem früheren Betrieb, deren Verursacher nicht mehr zu ermitteln bzw. nicht mehr zahlungsfähig sind. Um solche Flächen einer erneuten Nutzung zuzuführen, müssen die bestehenden Altlasten saniert werden. Die gesetzlichen Rahmenbedingungen legt das Bundesbodenschutzgesetz [3] fest. Die zur Sanierung erforderlichen Maßnahmen richten sich nach der Art der Folgenutzung. Häufig wird die Erschließung dieser Flächen jedoch unwirtschaftlich.

Auch wenn die zur Erschließung innerstädtischer Nachverdichtungsflächen erforderliche Infrastruktur bereits prinzipiell vorhanden ist, darf man nicht ohne weiteres erwarten, dass diese in ihrer Leistungsfähigkeit auch den höheren Anforderungen eines dichter besiedelten Gebiets gewachsen ist. Dies gilt sowohl für die Verkehrsflächen als auch für die Ver- und Entsorgungssysteme. Durch die Nachverdichtung auf innerstädtischen Konversionsflächen erhöht sich neben der Auslastung bestehender Verkehrswege auch die Immissionsbelastung durch Lärm, Abgase

Land	insgesamt [ha]	davon	
		im Außenbereich [%]	im Innenbereich [%]
Schleswig-Holstein	1737	81	19
Hamburg	587	0	100
Niedersachsen	–	–	–
Bremen	–	–	–
Nordrhein-Westfalen	4269	66	34
Hessen	331	62	38
Rheinland-Pfalz	5631	89	11
Baden-Württemberg	4022	7	93
Bayern	4360	84	16
Saarland	66	81	19
Berlin (Ostteil)	86	0	100
Brandenburg	78291	84	16
Mecklenburg-Vorpommern	14658	98	11
Sachsen	14260	80	20
Sachsen-Anhalt	30132	82	18
Thüringen	13283	76	24
alte Länder	21003	64	36
neue Länder	150710	83	17
insgesamt	171713	81	19

Tabelle 3: Freiwerdende militärische Liegenschaften im Bundesgebiet nach [17]

und Staub. Die manchmal geäußerte Erwartung, dass mit steigender Verdichtung das Verkehrsaufkommen abnehme, scheint sich nicht zu erfüllen. Auch die Nachfrage nach Mobilität – gleich in welcher Form – nimmt nicht ab, eher das Gegenteil ist der Fall. Bei der Umsetzung des Konzepts der Nachhaltigkeit auf diesem Sektor sind zwei Aspekte von Bedeutung, nämlich einerseits die Intensität der Flächennutzung selbst und andererseits die baulichen Voraussetzungen, die eine intensivere Nutzung der Wohnbauflächen ohne Einbußen bei der Wohn- und Lebensqualität erst ermöglichen. Dieser inhärente Widerspruch – flächensparendes Bauen einerseits, dadurch konzentrierte Immissionsbelastung andererseits – kann nicht aufgelöst, aber deutlich vermindert werden.

Geht man davon aus, dass die Nachverdichtung einen sinnvollen Ansatz zum flächen- und damit ressourcenschonenden Bauen darstellt und dass die Bewohner solcher Gebiete ihr Bedürfnis nach Mobilität und Lebensqualität ebenso befriedigen wollen, wie Bewohner von Neubausiedlungen am Stadtrand, ist konsequenterweise eine entsprechende bauliche Gestaltung der Siedlungs- und Verkehrsinfrastruktur erforderlich. Insofern bedeutet ressourcensparendes Bauen nicht grundsätzlich einen Verzicht auf (Neu-) Bautätigkeit. Entgegen der pauschalen Aussage im Leitfaden „Nachhaltiges Bauen bei Bundesbauten“ [5] („Bauen belastet die Umwelt“) ist davon auszugehen, dass unter Beibehaltung des gegenwärtigen Maßes an individuellem Flächenbedarf für Wohnen und Mobilität die Umweltbelastung durch den Einsatz sorgfältig und zweckmäßig

geplanter Bauten gegenüber einem Verzicht auf Baumaßnahmen verringert werden kann.

## 5.2 Energieverbrauch

Rund 45 % der in Deutschland umgesetzten Endenergie wird in Gebäuden verbraucht [17]. Diese Energie wird für die Klimatisierung (im Wesentlichen Beheizung), Warmwassererzeugung, Beleuchtung und den Betrieb von (elektrischen) Haushalts- und Bürogeräten verwendet. Wegen der klimatischen Verhältnisse in Deutschland entfällt ca. ein Drittel des Endenergiebedarfs auf die Erzeugung von Raumwärme während der Heizperiode, davon ca. 65 % auf private Wohnungen, 25 % auf Kleinverbraucher wie Handel, Handwerk und öffentliche Einrichtungen und 10 % auf die Industrie [10]. Weitere 4 % der Endenergie werden für die Warmwasserbereitung verwendet [10]. Als Maß für die Energieeffizienz eines Gebäudes wird der Heizwärme- bzw. Heizenergiebedarf pro Quadratmeter Wohnfläche und Jahr angegeben. Diese Größen lassen sich nicht unmittelbar vergleichen, da die Heizenergie noch in Heizwärme umgewandelt werden muss (z. B. durch eine Zentralheizung), wobei Verluste auftreten. EHM [10] gibt den mittleren Heizenergieverbrauch mit  $200 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  für die alten Bundesländer und mit  $265 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  für die neuen Bundesländer an. Dagegen wird in [11] der durchschnittliche Jahresheizwärmebedarf des Gebäudebestandes mit  $162 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  angegeben und ein Dienstleistungsunternehmen der Gebäudewirtschaft gibt den gemessenen Verbrauch im Bundesdurchschnitt mit ca.  $177 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  an [4]. Der Gesetzgeber hat 1977 die erste Wärmeschutzverordnung erlassen, die zwischenzeitlich mehrfach verschärft worden ist. Dies hat dazu geführt, dass der Heizenergiebedarf von neu errichteten Wohngebäuden auf ca.  $90 - 100 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  gesunken ist (WSchV 95). Die Einführung der Energieeinsparverordnung (EnEV) wird diesen Wert nochmals um ca. 25% senken. Auf den Energieverbrauch des Gebäudebestandes haben diese Verordnungen nur geringen Einfluss, da diese einen Bestandsschutz genießen.

Der Heizenergieverbrauch resultiert aus dem Bedürfnis nach Behaglichkeit in Aufenthaltsräumen von Wohngebäuden. Um dieses Bedürfnis zu befriedigen, ist es erforderlich, das Innenraumklima innerhalb gewisser Grenzen zu halten. Bei Beschränkung auf die Parameter Raumlufttemperatur  $t_L$  und Oberflächentemperatur der Decken und Wände  $t_U$  liegt der behagliche Bereich etwa bei  $t_L = 19^\circ \dots 23^\circ$  und  $t_U = 20^\circ \dots 22^\circ$ . Diese Anforderungen sind während des ganzen Jahres konstant. Dagegen sind die klimatischen Verhältnisse außerhalb des Gebäudes erheblichen Schwankungen<sup>†</sup> unterworfen. Zur Kompensation dieser Schwankungen sind zwei Mechanismen zu unterscheiden, nämlich die Minimierung des Energieverlustes durch die Gebäudehülle und – wenn dies nicht ausreicht – die Energiezufuhr aus einem Reservoir (Heizung). Bisher handelt es sich bei diesem Reservoir praktisch ausschließlich um fossile Brennstoffe. Die damit zusammenhängenden Probleme wurden bereits in Kapitel dargestellt. Um im Hinblick auf die Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung die energiebedingten  $\text{CO}_2$ -Emissionen zu senken, bieten sich folgende Möglichkeiten an:

- die Optimierung der Summe aus Wärmeverlusten und Wärmegewinnen (Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden), so dass weniger Energie umgewandelt werden muss.

---

<sup>†</sup> Diese Schwankungen sind z. T. unregelmäßig, z. T. periodisch mit unterschiedlicher Periodendauer, z. B. tägliche und jährliche Schwankungen.

- Optimierung der Energiezufuhr zur Aufrechterhaltung eines behaglichen Innenraumklimas in Gebäuden (Steigerung der Energieeffizienz der Anlagentechnik, Ersatz der fossilen Energieträger durch erneuerbare, CO<sub>2</sub>-neutrale Energien).
- Kombination der beiden vorgenannten Maßnahmen.

Zur Optimierung der Verluste kann bei gleicher baulicher Nutzung die Fläche der Gebäudehülle minimiert werden. Optimal ist rein theoretisch eine Kugel als Gebäudehüllfläche, die das günstigste Verhältnis von Oberfläche  $A$  zu Rauminhalt  $V$  aufweist. Solche Gebäude lassen sich zwar nicht errichten, dennoch ist offensichtlich, dass gedrungene Baukörper energetisch günstiger sind als sehr stark zergliederte (vgl. Abb. 1). Die Energieeinsparverordnung berücksichtigt

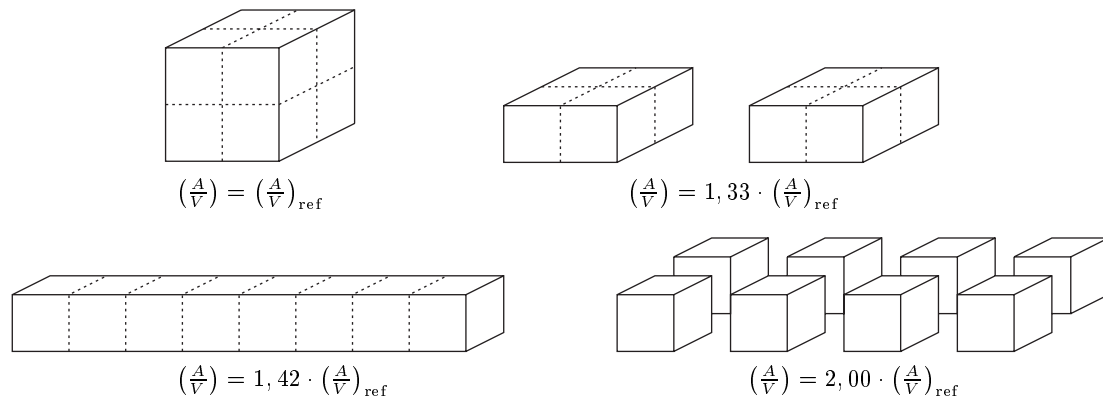


Abbildung 1: Änderung des A/V-Verhältnisses bei unterschiedlicher Gestaltung der Baukörper

bei ihrem Anforderungsniveau, dass bei gleichem baustofflich-konstruktiven Aufwand kompakte Baukörper eine höhere Energieeffizienz aufweisen. Hierbei ist zwar zu bedenken, dass sehr wenig gegliederte Baukörper langweilig wirken können und damit das Wohlbefinden der Bewohner und Betrachter – auch ein Aspekt von Nachhaltigkeit – beeinträchtigen können, es gibt aber auch Beispiele kompakter Gebäude, die sehr abwechslungsreich gestaltet sind. Das A/V-Verhältnis eines Gebäudes wird durch die Baustoffwahl nicht beeinflusst, sondern ist eine Größe, die ausschließlich vom Entwurf bestimmt wird.

Andererseits können Energieverluste durch eine konstruktiv und bauphysikalisch optimale Ausbildung der Gebäudehülle minimiert werden. Dabei beeinflusst die Baustoffwahl die Eigenschaften der Hüllfläche in sehr großem Maße. Die wichtigste Aufgabe besteht darin, die Transmissionswärmeverluste gering zu halten. Dazu sind gute Wärmedämmeigenschaften erforderlich. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die Abhängigkeit zwischen der Dicke der Dämmschicht und der Verringerung der Transmissionswärmeverluste logarithmisch verläuft. Während die ersten 10 cm Dämmung noch sehr effektiv sind, halbiert sich etwa die Effektivität der nächsten 10 cm Dämmung. Es existiert also eine Grenze der Wirtschaftlichkeit von Dämmmaßnahmen.

Neben den Transmissionswärmeverlusten tragen auch die Lüftungswärmeverluste zum Energieverbrauch eines Gebäudes bei. Die Bedeutung dieses Verlustweges ist wegen des mittlerweile hohen Dämmniveaus bei Neubauten gestiegen – Lüftungswärmeverluste können bis zu 50 % der Gesamtwärmeverluste ausmachen. Es ist daher besonderer Wert auf eine luftdichte Ausführung

der Gebäudehülle zu legen, so dass die Lüftung gezielt und gemäß den hygienischen Bedürfnissen der Gebäudenutzer erfolgen kann.

Im Bereich der Wärmedämmung weist Normalbeton keine besonderen Vorteile auf. Mit einer Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 2,3$  ist er ein schlechter Wärmedämmstoff. Nicht wärmedämmte Außenbauteile aus Normalbeton werden für Wohnzwecke jedoch nicht mehr errichtet. Stattdessen wird durch Wärmedämmverbundsysteme bzw. mehrschalige Wandkonstruktionen sichergestellt, dass Betonbauten eine hohe Energieeffizienz während der Heizperiode aufweisen. Zudem besteht die Möglichkeit, durch die Verwendung von Leichtzuschlägen – wie z. B. Blähton oder Bims – die Wärmeleitfähigkeit so herabzusetzen, dass im günstigsten Fall auf zusätzliche Wärmedämmung verzichtet werden kann. Es muss festgestellt werden, dass nur die Betrachtung aller Schichten eines Bauteils Aussagen über dessen wärmedämmende Eigenschaften ermöglicht. Die Angaben zur Wärmeleitfähigkeit von Baustoffen allein haben dagegen keine Aussagekraft.

Zunehmend an Bedeutung gewinnt jedoch das Problem des sommerlichen Wärmeschutzes – unter anderem weil die sogenannten internen Wärmelasten gestiegen sind. Dabei handelt es sich insbesondere um die Abwärme von elektrischen Geräten im Haushalt und im Büro. Hier hat die Massivbauweise und insbesondere die Betonbauweise erhebliche Vorteile. Die Aufgabe liegt in der Begrenzung der Inneraumtemperatur auf einen Wert innerhalb des behaglichen Bereiches, was in üblichen Wohngebäuden in Massivbauart normalerweise ohne zusätzliche Maßnahmen gegeben ist. Wird beispielsweise bei Bürogebäuden eine aktive Kühlung erforderlich, werden zurzeit für diese Aufgabe Klimaanlage eingesetzt, die neben einem vergleichsweise hohen Energiebedarf auch zu gesundheitlichen Problemen (sick-building-Syndrom) führen können. Eine Alternative stellt die sogenannte Betonkernaktivierung dar. Bei diesem System sind die Massivdecken (und evtl. auch die Wände) von Rohrleitungen durchzogen, in denen Wasser zirkuliert. Die Bauteile werden während der Nacht abgekühlt, um die so gespeicherte Kälte während der Gebäudenutzung wieder abzugeben. Wegen der Masse der Bauteile und der relativ hohen spezifischen Wärmekapazität des Baustoffs Beton reicht dabei eine Abkühlung um einige Grad Celsius aus. So kann vermieden werden, dass der Temperaturunterschied zwischen Raumlufttemperatur und Oberflächentemperatur unbehaglich wird bzw. dass es zu Tauwasserniederschlag kommt.

Prinzipiell lässt sich ein solches System auch zur Heizung eines Gebäudes nutzen. Es bestehen sehr gute Kombinationsmöglichkeiten mit regenerativen Energiequellen wie Massivabsorbern aus Beton in Kontakt mit dem Erdreich, dem Grundwasser oder der Außenluft.

### **5.3 Ökonomische Aspekte**

Bauen ist für das Funktionieren einer Volkswirtschaft unerlässlich. Bauwerke und Anlagen zur Produktion, Infrastruktur zur Mobilität (Waren und Dienstleistungen), Gebäude für Wohnen und Freizeit sowie bauliche Anlagen der Umweltvorsorge und des Umweltschutzes sichern Grundbedürfnisse, Lebensqualität und Wohlstand. Die Betonbauweise hat hieran einen wesentlichen Anteil. Unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit gewinnt die Frage nach der Wirtschaftlichkeit von (Beton-)Bauwerken eine neue und erweiterte Bedeutung. Hierbei kann zwischen betriebswirtschaftlichen und volkswirtschaftlichen Aspekten einer nachhaltigen Entwicklung unterschieden werden, da je nach Zielsetzung die eine oder andere Sichtweise im Vordergrund steht.

Die betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkte einer nachhaltigen Entwicklung werden durch Marktmechanismen und zum Teil durch staatliche Regulierungen gesteuert. Die Entscheidungsprozesse sind im Wesentlichen bei den als Unternehmer handelnden Betreibergesellschaften, Baufirmen und Banken angesiedelt. An dieser Stelle kann darauf nicht vertieft eingegangen werden.

Unter volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten kann festgestellt werden, dass nachhaltige Entwicklung im Bauwesen eine zukunftsfähige und kostengünstige Realisierung von Bauwerken bedeutet, die zur Bedürfnisbefriedigung der Bevölkerung einer Region oder Nation beiträgt. Es lässt sich eine lange Liste solcher Bauten aufstellen, z. B. bezahlbarer Wohnraum für breite Bevölkerungsschichten, Krankenhäuser, Kläranlagen, Straßen, Brücken, Tunnel, Parkhäuser, Wasserbauwerke, Strassen- und U-Bahnen, Flughäfen, Produktions- und Lagerhallen, etc.

Private Finanzierungsmodelle im Bereich von Infrastrukturmaßnahmen, beispielsweise Straßen, Tunnel, Brücken, aber auch Schienenwege oder Bauwerke der Ver- und Entsorgung können einen wertvollen Beitrag zu nachhaltiger Entwicklung leisten.

Betrachtet man private Finanzierungsmodelle unter dem Aspekt einer nachhaltigen Entwicklung, lässt sich feststellen, dass in der Regel drei Interessengruppen existieren, die eine mehr oder weniger große Affinität zu den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit aufweisen. Einerseits erwarten die Nutzer eines solchen Bauwerks die Befriedigung Ihrer Bedürfnisse (soziale Dimension). Das Unternehmen, das diese Bauwerk plant, finanziert und betreibt hat in erster Linie ein Gewinninteresse (ökonomische Dimension). Die ökologische Dimension wird in diesem Fall teilweise durch die politischen Gremien, zum Teil auch durch Non Government Organisations (NGOs) (nichtstaatliche Interessenvertretungen, wie z. B. Umweltverbände), wahrgenommen.

Ein gutes Beispiel für nachhaltiges Bauen mit Hilfe von privatfinanzierten Infrastrukturprojekten ist der Herrentunnel unter der Trave in Lübeck [16]. An dieser Stelle befindet sich eine Klappbrücke, die den Belastungen aus gestiegenem Verkehrsaufkommen nicht mehr gewachsen ist und die bis spätestens 2005 ersetzt werden muss. Der Bund als Baulastträger konnte lediglich Mittel für einen Ersatzbau bereitstellen, der jedoch betriebliche Nachteile (Staus zu den Zeiten geöffneter Klappbrücke) bedeutet hätte. Aus Sicht der betroffenen Nutzer, aber auch aus ökologischer Sicht (Wasserversorgung der Stadt, Lärmbelastung, Flächenverbrauch) stellt ein Tunnel die bessere Lösung dar. Durch die private Vorfinanzierung der infolge der Ausführung eines Tunnels verursachten Mehrkosten durch ein privates Konsortium konnte hier die ökologisch und sozial verträglichere Variante auch wirtschaftlich realisiert werden. Diese Mehrkosten werden durch eine Maut, die von den Nutzern des Tunnels zu zahlen ist, refinanziert.

Im Hochbau existieren ebenfalls Beispiele von privat (vor-)finanzierten Projekten, wie z. B. der britischen Botschaft in Berlin, Krankenhäusern, Schulen, die allerdings zum Teil im europäischen Ausland ausgeführt wurden. Im Gegensatz zu Infrastrukturmaßnahmen sind bei solchen Objekten Nutzungsentgelte in Form von Miet- oder Pachtzahlungen nichts Ungewöhnliches. Zudem handelt es sich in der Regel um Vertragsverhältnisse zwischen zwei Beteiligten, die hauptsächlich aufgrund betriebswirtschaftlicher Rahmenbedingungen ausgestaltet werden.

## **5.4 Nachhaltige Entwicklung und sozialer Wandel**

Die Berührungspunkte zwischen dem Bauen und der Gesellschaft sind mannigfaltig. Seit jeher sind Bauwerke ein Spiegelbild der jeweiligen gesellschaftlichen Strukturen. Bemerkenswert

ist, dass Bauwerke vielfach auch dann noch Bestand haben und genutzt werden, wenn die gesellschaftlichen Strukturen, die sie hervorgebracht haben, längst vergangen sind. Als Beispiele können Monumentalbauten der griechischen und römischen Antike ebenso genannt werden, wie mittelalterliche Burgen und Stadtkerne. Romanische und gotische Sakralbauten gehören zum allgegenwärtigen Stadtbild in Europa, obwohl sich die Gesellschaftsordnung seit dieser Zeit radikal verändert hat. Aber auch in neuerer Zeit sind solche Phänomene zu beobachten. Die gesellschaftlichen Entwicklungen 19. Jahrhunderts markieren den Wandel von der Feudal- zur Industriegesellschaft. Gegenwärtig ist zu beobachten, dass diese Industriegesellschaft Veränderungen unterliegt, die möglicherweise ähnliche Dimensionen haben werden. Diese Vorgänge werden auch als Wandel von der Industriegesellschaft zur Dienstleistungsgesellschaft bzw. Informationsgesellschaft bezeichnet. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit sollen im folgenden beispielhaft einige Aspekte der Wechselwirkungen zwischen nachhaltiger Entwicklung, gesellschaftlichem Wandel und Bauwerken betrachtet werden.

#### **5.4.1 Folgenutzung von Bauwerken**

Im Zuge des gegenwärtigen Strukturwandels werden vermehrt alte Industriestandorte und damit auch große Flächen in ihrer ursprünglichen baulichen Nutzung aufgegeben. Dieser Prozess ist z. B. im Ruhrgebiet, an den Werftstandorten in Norddeutschland und – allerdings aus anderen Gründen – in den neuen Bundesländern weit fortgeschritten und liefert Beispiele sinnvoller Folgenutzungen der bei diesem Wandel freigewordenen Flächen und Bauwerke. Bei innerstädtisch gelegenen Objekten ohne Altlasten aus der vorangegangenen Industrienutzung findet vielfach ein Umbau von alten Fabrikgebäuden zu Wohnungen – sogenannten Lofts – statt. Es ist zu beobachten, dass sich in diesen Lofts bevorzugt Vertreter freier Berufe wie z. B. Künstler, Journalisten, Architekten und Ingenieure, Unternehmensberater, etc. ansiedeln. Mittlerweile kann davon ausgegangen werden, dass die Nachfrage nach solchen innerstädtischen ehemaligen Industriebauwerken in manchen Städten das Angebot übersteigt. Bemerkenswert ist, welche Marktmechanismen in solchen Fällen in Gang gesetzt werden. So wurde z. B. in Köln mit dem ‚New Loft‘ ein Bauwerk errichtet, das hinsichtlich Lage, Dimensionierung, Erschließung, Ausstattung und Raumaufteilung solchen alten Fabrikhallen entspricht – es handelt sich jedoch um einen kompletten Neubau. Zu dem Konzept gehört auch, dass der Innenausbau, z. B. Bäder, Oberböden, etc. von den jeweiligen Käufern in Eigenregie durchgeführt werden muss. Dass es sich um ein erfolgreiches Konzept handelt, lässt sich daran erkennen, dass dieses Objekt nicht nur in kurzer Zeit vollständig vermarktet werden konnte, sondern aufgrund der für die Jury überzeugenden Gestaltung mit dem Architekturpreis Beton 2001 ausgezeichnet wurde.

Eignen sich die freigewordenen Bauwerke aufgrund ihrer Aufteilung nicht für eine Folgenutzung zu Wohnzwecken, gelingt gelegentlich trotzdem die Einrichtung von Stätten für kulturelle Veranstaltungen oder für Freizeitaktivitäten. Bekannte Beispiele sind der Landschaftspark Duisburg Nord, der Gasometer in Oberhausen oder die alte Völklinger Hütte, die mittlerweile sogar ins Weltkulturerbe aufgenommen worden ist. In diesen Denkmälern der Industriekultur finden regelmäßig Konzerte, Theateraufführungen und Festveranstaltungen jeglicher Art statt. Auch die Nutzung für sportliche Aktivitäten wie z. B. bei der alten Abraumhalde in Bocholt, die zu einer künstlichen Skipiste umgestaltet wurde, ist möglich. Damit wird dem zunehmenden Bedürfnis der Gesellschaft nach abwechslungsreicher Gestaltung der Freizeit Rechnung getragen.

Häufig stellen Altlasten aus der industriellen Nutzung ein Risiko planerischer und finanzieller Art für die angestrebte Folgenutzung dar. In diesen Fällen wird eine Sanierung vielfach nicht von Bauträgern, sondern in kommunaler Trägerschaft durchgeführt. Bereits das Bauplanungsrecht bietet weitgehende Möglichkeiten, Festlegungen hinsichtlich der Nutzung von Flächen und der zu errichtenden Gebäude zu treffen. Durch eine ausgewogene Mischung zwischen Wohnen, Dienstleistungen, Gewerbe und Verkehr können auf alten Industriebrachen vitale Unterzentren geschaffen werden und damit gesellschaftliche Aspekte einer nachhaltigen (Stadt-)Entwicklung berücksichtigt werden. Allerdings kann eine solche Stadtplanung durchaus über die freigewordenen Brachflächen hinausgehen und ganze Stadtviertel umfassen.

Die Auswirkungen eines gesellschaftlichen Wandels werden auch bei den Großsiedlungen, die besonders während der Zeit zwischen 1960 und ca. 1975 in Ballungsgebieten errichtet wurden, deutlich. Viele dieser Anlagen befriedigten in erster Linie das Bedürfnis, in kurzer Zeit bezahlbaren Wohnraum für breite Schichten der Bevölkerung zu schaffen. Heute wird mehrheitlich die Ansicht vertreten, dass andere – damals weniger dringende – Bedürfnisse wie die Qualität des Wohnumfeldes, Maßstäblichkeit, individuelle Formen, Flexibilität der Wohnungen und Aufwendungen für den laufenden Betrieb nicht ausreichend Beachtung fanden. In Zeiten des Mangels an Wohnraum ist die Vernachlässigung dieser Bedürfnisse zunächst ohne Folgen geblieben. Bei – verglichen mit dem o. g. Zeitraum – nachlassendem Druck auf den Wohnungsmarkt haben sie jedoch an Bedeutung gewonnen und dazu geführt, dass wirtschaftlich unabhängige Wohnungssuchende auf höherwertigen Wohnraum ausgewichen sind. Die Folgen sind regional unterschiedlich. Während in den alten Bundesländern eine Konzentration sozial schwacher Bevölkerungsgruppen auf solche Großsiedlungen bis hin zur Ghettobildung zu beobachten ist, stehen die in Großtafelbauweise errichteten Wohnsiedlungen in den neuen Bundesländern teilweise zu 50 % leer. In der Folge entstehen meist soziale Brennpunkte mit hoher Kriminalitätsrate, Verarmung des gesellschaftlichen Lebens und einhergehendem Verfall der baulichen Anlagen. Es ist offensichtlich, dass im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung die gebaute Umwelt einen großen Einfluss auf die Entwicklungschancen der dort heranwachsenden Generationen hat. In den neuen Bundesländern wird inzwischen der gezielte Rückbau solcher Siedlungen mit hohem Leerstand begonnen. In den alten Bundesländern erlaubt es die Nachfrage nach Wohnraum in Ballungsgebieten gegenwärtig nicht, diese Kapazitäten vom Markt zu nehmen, ohne Ersatzneubauten zur Verfügung zu stellen.

Angesichts der Definition von nachhaltiger Entwicklung (vgl. Seite 1) ist festzustellen, dass die Folgenutzung von alten Bauwerken jeder Art mit den Prinzipien einer nachhaltigen Entwicklung vereinbar ist, da diese Bauwerke während ihrer ursprünglichen Nutzung die Bedürfnisse der (zu dieser Zeit) gegenwärtigen Generation erfüllt haben, ohne die Möglichkeiten der (zu dieser Zeit) zukünftigen Generationen in bezug auf deren (zu dieser Zeit noch unbekannt) Bedürfnisse und Lebensstile [allzusehr] einzuschränken. Eine differenzierte Betrachtung offenbart jedoch zwei wesentliche Probleme im Bereich der Folgenutzungen.

Voraussetzung für Folgenutzungen alter Bauwerke ist, dass sie in der Lage sind, auch andere Bedürfnisse als diejenigen, für deren Befriedigung sie ursprünglich geplant waren, zu erfüllen. Allerdings ist diese Flexibilität nur teilweise durch die ursprüngliche Planung, aber mindestens ebenso sehr durch aktuelle gesellschaftliche Prozesse und die Kreativität der gegenwärtigen Generation bedingt. Insofern wird die Forderung, dass Bauwerke sowohl für die Befriedigung der

Bedürfnisse der gegenwärtigen als auch der zukünftigen Generationen geplant werden sollen, relativiert, denn einerseits besteht zwangsläufig Unwissen bezüglich der Bedürfnisse der zukünftigen Generation, andererseits nötigt jede Prognose zu Bedürfnissen zukünftiger Generationen diese zu einer gewissen Nutzung oder einem bestimmten Lebensstil<sup>‡</sup>. Dies zeigt, dass Dauerhaftigkeit *an sich* nicht notwendigerweise einer nachhaltigen Entwicklung dient. Nachhaltiges Bauen bedeutet daher wohl eher, dass Dauerhaftigkeit von Bauwerken zukünftigen Generationen die *Option* einer weiteren Nutzung eröffnen soll, ohne einen Rückbau und eine alternative Nutzung zu verhindern. Beispielsweise kann es im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung ebenso sinnvoll sein, Bauwerke zu konstruieren, die nach der planmäßigen Nutzungsdauer möglichst einfach rückgebaut werden können, wie es auch sinnvoll sein kann, Bauwerke zu konstruieren, deren Lebenserwartung mehrere Generationen beträgt. Eine Überlegenheit der einen über die andere Strategie ist nicht zu erkennen. Grundsätzlich ist jedoch festzuhalten, dass fast jede Entscheidung im Sektor Bauen und Wohnen in Ihren Auswirkungen mehrere Generationen betrifft und daher sehr sorgfältig abzuwägen ist.

#### 5.4.2 Deregulierung und Innovation

Am Beispiel der Folgenutzung von Bauwerken wurde erläutert, dass eine nachhaltige Entwicklung auf dem Sektor Bauen und Wohnen nicht nur als konkrete Handlungsanweisung im Sinne technischer oder gesetzlicher Regelwerke, sondern auch als ein Kommunikationsprozess zwischen verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen und Interessen aufzufassen ist. Die Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung erfordert demnach nicht nur die Beschäftigung mit den Auswirkungen menschlichen Handelns in der Zukunft. Mindestens ebenso sehr ist es erforderlich, ein gesellschaftliches Umfeld zu schaffen, in dem Gestaltungsmöglichkeiten gewahrt bleiben und in dem ein Interessenausgleich möglich ist, ohne dass Innovationen blockiert werden. Dabei ist zu beachten, dass sich die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen seit der Veröffentlichung des Abschlussberichts der Brundtland Kommission gravierend verändert haben. Das Ende des kalten Krieges und die als Globalisierung beschriebenen Veränderungen haben eine grundlegende Diskussion über die zukünftige Rolle und die Aufgaben des Staates initiiert. Es ist zu beobachten, dass hierarchische Strukturen und kollektive Entscheidungen an Bedeutung verlieren und nichtstaatliche Organisationen (NGO's) und Individualismus größeren Einfluss gewinnen. Dies zeigt sich beispielsweise in Fragen der Energiepolitik – insbesondere bei der friedlichen Nutzung der Kernenergie – aber auch bei großen Infrastrukturmaßnahmen, im Umweltschutz und beim Bauen und Wohnen (z. B. Städtebau, Baulandproblematik).

Ein Beispiel für die starke Regulierung des Bereichs Bauen und Wohnen findet sich beim sozialen Wohnungsbau der letzten ca. 30 Jahre. Hierbei handelt es sich vorwiegend um Geschosswohnungsbauten, die sowohl von privaten Investoren als auch von kommunalen Wohnungsgesellschaften errichtet wurden. In vielen Fällen erfüllen diese Wohnungen ihre eigentliche Aufgabe nicht mehr. In den Bauten der städtischen Wohnungsgesellschaften ist häufig eine Vernachlässigung der Gebäude und der Bedürfnisse ihrer Bewohner festzustellen, die sich in einer Konzentration sozial schwacher Gruppen manifestiert. Zu einer solchen Entwicklung kann auch ein Belegungsrecht durch die fördernde Institution beigetragen haben. Ein solches Be-

---

<sup>‡</sup>Das hieße: 'compromising the ability of future generations to meet their own needs'

gungsrecht bewirkt einerseits höheren Förderbeträge, andererseits führt es dazu, dass Personen, die auf dem freien Wohnungsmarkt keine Aussicht auf eine Wohnung haben, überproportional häufig in solche mit Belegungsrecht versehenen Gebäude einziehen. In der Folge sinkt die Attraktivität des Wohnumfeldes und der Teufelskreis schließt sich. Andererseits existiert eine Reihe ähnlich gestalteter und genutzter Geschossbauten – z. B. die in den späten 70-er und frühen 80-er Jahren realisierten Wohnparks – die ein attraktives Wohnumfeld bieten. Dies deutet darauf hin, dass die Bauweise an sich kein entscheidendes Kriterium für die gesellschaftliche Akzeptanz von Wohnraum ist. Ausschlaggebend für die Akzeptanz eines Gebäudes ist vielmehr das Zusammenspiel von sozialen Strukturen innerhalb der Nachbarschaft und der Gebäudegestaltung. Vor diesem Hintergrund ist der in jüngerer Zeit zu verzeichnende Trend zu kostengünstigen Einfamilienhäusern an der Peripherie der Städte, der vielfach nur das Bedürfnis nach bezahlbarem Wohnraum erfüllt, ohne entsprechende soziale Strukturen zu fördern, durchaus kritisch zu hinterfragen.

Bei der Entwicklung und Gestaltung der Umwelt handelt es sich um einen gerichteten Prozess, der unumkehrbar ist und permanent Veränderungen mit sich bringt – durch menschliches Handeln, aber auch durch Nichthandeln. Fatalerweise müssen die anstehenden Entscheidungen auf einem Erkenntnisstand getroffen werden, der zwangsläufig unvollkommen ist. In diesem Sinne kann nachhaltige Entwicklung auch als ein permanentes Abwägen von Alternativen möglichst unter Berücksichtigung der artikulierten Interessen aller Betroffenen angesehen werden. Ziel muss dabei sein, die nach gegenwärtigem menschlichen Ermessen wahrscheinlichen, unvermeidlichen Nebenwirkungen einer Entscheidung zu minimieren und dafür zu sorgen, dass diese Nebenwirkungen, die infolge der Befriedigung von Bedürfnissen entstehen, nicht unverhältnismäßig hoch sind.

## **6 Stoffkreislauf von Zement und Beton**

Insgesamt fielen im Jahr 1997 etwa 77 Mio. Tonnen mineralischer Bauschutt, Baurestmassen, Straßenaufbruch und Baustellenabfälle an [20]. Darin sind die Mengen an Erdaushub (nicht überwachungsbedürftiger Abfall zur Verwertung) nicht enthalten. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass das Bauwesen zu den Wirtschaftszweigen gehört, die sehr große Stoffströme erzeugen (s. o.) ist hervorzuheben, dass der Anteil am Gesamtabfallaufkommen, das auf ca. 350 Mio. Tonnen bis 400 Mio. Tonnen geschätzt wird [18], vergleichsweise gering ist. Zudem wurden von den angefallenen 77 Mio. Tonnen ca. 54 Mio. Tonnen stofflich verwertet. Die Recyclingquote mineralischer Bauabfälle liegt damit bei ca. 70%. Von diesen 54 Mio. Tonnen kommen ca. 12 bis 19 Mio. Tonnen für den Erdbau in Frage. Zwischen 35 und 42 Mio. Tonnen sind qualitativ geeignet, um primäre Mineralstoffe zu ersetzen, davon 20 Mio. Tonnen im klassifizierten Straßenbau oder Betonhochbau. Die Menge an rezyklierten Gesteinskörnungen für Beton beträgt derzeit (1999/2000) ca. 1,6 Mio. Tonnen und hat damit einen Anteil von ca. 1,2 % an der Gesamtmenge an Gesteinskörnungen für Beton [20]. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die zugehörige Richtlinie erst 1998 veröffentlicht worden ist.

Beim Recycling von Beton ist zwischen Frischbetonrecycling einerseits und dem Festbetonrecycling andererseits zu unterscheiden. Unter Frischbetonrecycling versteht man die interne Kreislaufführung im Betonwerk. Hierbei werden sogenannte Rückmengen – also Beton, der

<b>Höchstanteile rezyklierter Gesteinskörnungen bezogen auf deren Gesamtmenge</b>		
	Betonsplitt >2mm [Vol.-%]	Betonbrechsand ≤2mm [Vol.-%]
Innenbauteil ≤ B 25	35	7
Innenbauteil B 35	25	
Außenbauteile WU-Beton hoher Frostwiderstand hoher Widerstand gegen chem. Angriff	20	0

Tabelle 4: Anteile an rezyklierten Gesteinskörnungen nach [2]

beim Reinigen von Mischern und Pumpen im Werk anfällt – sowie nicht eingebauter Beton, der von den Fahrmischern zurück ins Werk gebracht wird, in ihre Bestandteile getrennt und erneut der Produktion zugeführt. Diese Rückmengen machen ca. 2,5 % der Gesamtproduktion eines Betonwerks aus. Das Restwasser, das auch die Feinanteile  $\leq 0,25$  mm enthält, und die im Restbeton enthaltenen größeren Korngruppen ersetzen entsprechende Massen an Primärrohstoffen (Frischwasser, Gesteinskörnungen). Die Verwendung von Restwasser, Restbeton und Restmörtel zur Herstellung von Beton ist in einer DAfStb-Richtlinie [1] geregelt.

Beim Festbetonrecycling wird der Betonabbruch aufbereitet, d. h. er wird gebrochen und gesiebt, so dass Betonsplitt und Betonbrechsand erzeugt werden. Die Anwendung dieser Produkte als Gesteinskörnungen wird ebenfalls durch eine DAfStb-Richtlinie [2] geregelt. Dadurch können bis zu 35 Vol.-% der Kiesfraktion und bis zu 7 Vol.-% der Sandfraktion durch Recycling-Material ersetzt werden (vgl. Tab 4).

## 7 Ausblick

Es dürfte sich äußerst schwierig gestalten, die ökologischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Aspekte einer nachhaltigen Entwicklung und erst recht deren komplexe Wechselwirkungen zu bewerten. Es kann jedoch als sicher gelten, dass Bauen auch weiterhin wertvolle Beiträge zur Bedürfnisbefriedigung der Menschheit leisten wird. Es werden damit jedoch zwangsläufig auch Nebenwirkungen verbunden sein. Die Vor- und Nachteile von Baumaßnahmen müssen dabei sorgfältig gegeneinander abgewogen werden. Für eine Vielzahl von Bedürfnissen bietet die Betonbauweise effiziente, sozial- und umweltverträgliche Lösungen. Der Beitrag der Betonbauweise zum nachhaltigen Bauen kann in einer Art kontinuierlichem Verbesserungsprozess liegen, der die Option der Betonbauweise sichert und durch einen Dialog auch mit den Kritikern dazu beiträgt, die Zukunftsfähigkeit Betonbauweise zu gewährleisten.

## Literatur

- [1] DAfStb-Richtlinie für Herstellung von Beton unter Verwendung von Restwasser, Restbeton und Restmörtel, 1995

- [2] DAfStb-Richtlinie Beton mit rezykliertem Zuschlag, 1998
- [3] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten. BGBl. Teil I, Nr. 16, 1998
- [4] Energie-Kennzahlen, Hilfen für den Wohnungswirt. Technischer Bericht, Techem AG, 2000
- [5] BAYERL, et al. Leitfaden Nachhaltiges Bauen bei Bundesbauten, 2001
- [6] BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR LANDESKUNDE UND RAUMORDNUNG. Raumordnungsprognose 2010. Materialien zur Raumentwicklung, Heft 74, 1996
- [7] BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ZEMENTINDUSTRIE E. V., Hg. *Jahresbericht*. Verlag Bau + Technik, Düsseldorf, jährlich
- [8] Deutsches Institut für Normung e. V. *DIN EN 832, Berechnung des Heizenergiebedarfs*, 1998
- [9] Deutsches Institut für Normung e. V. *DIN-V 4108 Teil 6, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden*, 2000
- [10] EHM. Energieeinsparverordnung 2000. In: *Baukalender 2000*, Hg. FLEISCHMANN, SCHNEIDER, (S. 355 – 371). 1999
- [11] ENQUETE KOMMISSION DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES. Schlußbericht zum Thema „Mehr Zukunft für die Erde – Nachhaltige Energiepolitik für dauerhaften Klimaschutz“. Bundestags Drucksache 12/8600, 1994
- [12] ENQUETE KOMMISSION DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES. Konzept Nachhaltigkeit, Fundamente für die Gesellschaft von morgen. Zwischenbericht, 1997
- [13] ENQUETE KOMMISSION DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES. Schlußbericht zum Thema „Konzept Nachhaltigkeit – Vom Leitbild zur Umsetzung“. Bundestags Drucksache 13/11200, 1998
- [14] GÄRTNER, E. Was ist *nachhaltig*. Verband der chemischen Industrie
- [15] HAUSER, OTTO. Gewinne und Verluste. *Deutsche Bauzeitung*, (4): S. 113 – 118, 2000
- [16] HOCHTIEF PROJEKTENTWICKLUNG, BILFINGER BERGER BOT. Der Herrentunnel in Lübeck. <http://www.herrentunnel.de>, 2002
- [17] KORNADT. *Gebäude von morgen*. Beton Verlag, Düsseldorf, 1997
- [18] MENNERICH. Gemischte Bau- und Abbruchabfälle. Technischer Bericht, Abwassertechnische Vereinigung e. V., Bonn, 1998
- [19] MIDDEL, PICKHARDT, SCHÖNIG. Ökologische Positionierung von Zement und Beton. Broschüre des Informationszentrum Beton, 1999

- [20] SCHMIDT. Technische, ökologische und wirtschaftliche Einflüsse auf die derzeitigen und zukünftigen Mengen an rezyklierten Baustoffen. In: *Der Bedarf an mineralischen Baustoffen*, Hg. BUNDESVERBAND BAUSTOFFE – STEINE UND ERDEN E. V., (S. 75 – 191). Frankfurt, 2000
- [21] SOZIALPOLITISCHE ARBEITSGEMEINSCHAFT DER DEUTSCHEN ZEMENTINDUSTRIE, INDUSTRIEGEWERKSCHAFT BAUEN-AGRAR-UMWELT, INDUSTRIEGEWERKSCHAFT BERGBAU, CHEMIE, ENERGIE, Hg. *Nachhaltigkeit und Zementindustrie*. Verlag Bau + Technik, 2002
- [22] Programm Wohnungsbau 2000 – Baulückenschliessungen. Broschüre des Amtes für Stadt-sanierung und Baukoordination, 1999
- [23] STEIN. Welche Zukunft hat die Steine-und-Erden-Industrie. In: *Der Bedarf an mineralischen Baustoffen*, Hg. BUNDESVERBAND BAUSTOFFE – STEINE UND ERDEN E. V., (S. 7 – 16). Frankfurt, 2000
- [24] TRÄNKLE, BEISSWENGER. *Naturschutz in Steinbrüchen*. Umweltberatung im Industrie-verband Steine und Erden Baden-Württemberg e. V., Ostfildern, 1999
- [25] TRÄNKLE, U., M. RÖHL. Naturschutz und Zementindustrie – Projektteil 1: Auswertung einer Umfrage. Verlag Bau + Technik, 2001
- [26] VEREIN DEUTSCHER ZEMENTWERKE E. V., Hg. *Umweltdaten der Deutschen Zementindustrie*. Verlag Bau + Technik, Düsseldorf, 2000
- [27] WETTIG, et al. Langfristige Entwicklung des Verbrauchs wichtiger Steine-und-Erden-Rohstoffe in der Bundesrepublik Deutschland. In: *Der Bedarf an mineralischen Baustoffen*, Hg. BUNDESVERBAND BAUSTOFFE – STEINE UND ERDEN E. V., (S. 17 – 74). Frankfurt, 2000
- [28] WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, Hg. *Our common future*. Oxford University Press, Oxford, 1987