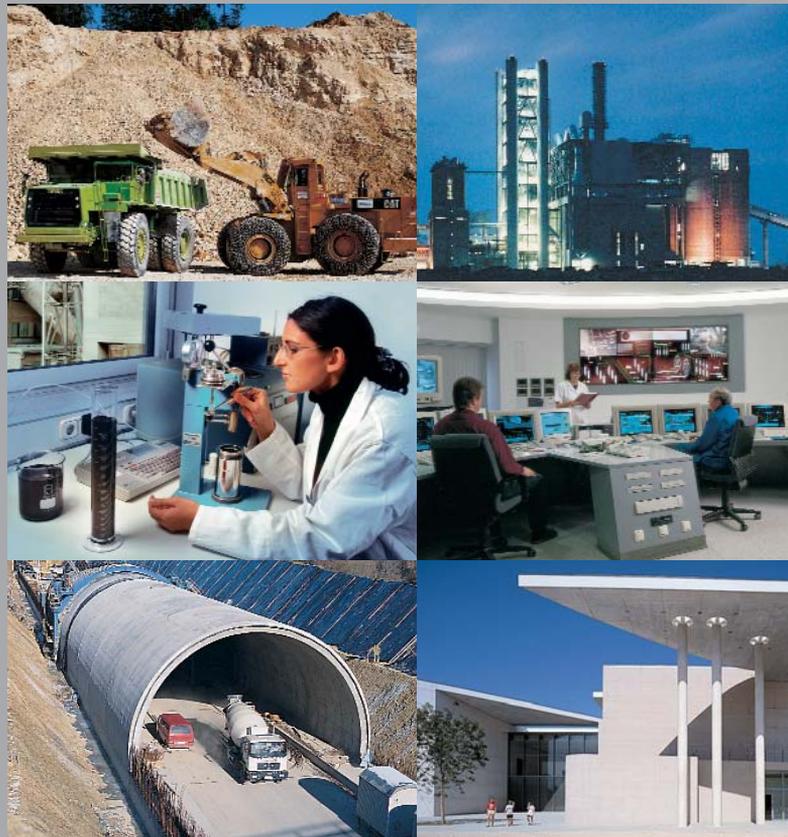


Nachhaltigkeit und Zementindustrie

Dokumentation von Beiträgen
und Handlungsoptionen



Industriegewerkschaft Bauen-Agrar-Umwelt
Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie

Sozialpolitische Arbeitsgemeinschaft der
Deutschen Zementindustrie

in Verbindung mit

Bundesverband der Deutschen Zementindustrie

Verein Deutscher Zementwerke

Diese Dokumentation ist ein Beitrag der Sozialpartner zur Initiative für Nachhaltigkeit in der deutschen Zementindustrie.



Auftraggeber

Sozialpolitische Arbeitsgemeinschaft
der Deutschen Zementindustrie e. V.

in Verbindung mit dem

Bundesverband der
Deutschen Zementindustrie e. V.

und dem

Verein Deutscher Zementwerke e. V.

Industriegewerkschaft
Bauen-Agrar-Umwelt

in Verbindung mit dem

GFW der IG BAU

Industriegewerkschaft
Bergbau, Chemie, Energie

in Verbindung mit der

Stiftung Arbeit und Umwelt

Steuerungskreis für die Erstellung der Dokumentation

Holger Bartels, Industriegewerkschaft
Bauen-Agrar-Umwelt

Michael Basten, Bundesverband der
Deutschen Zementindustrie

Norbert Berndt, Dyckerhoff Zement
GmbH (Betriebsrat)

Dr.-Ing. Hans Otto Gardeik, Sozialpoliti-
sche Arbeitsgemeinschaft der
Deutschen Zementindustrie

Roland Gimpel, Industriegewerkschaft
Bergbau, Chemie, Energie

Werner Hass, Industriegewerkschaft
Bergbau, Chemie, Energie

Karl-Heinz Horstkotte, Dyckerhoff Zement
GmbH (Betriebsrat)

Jochen Klein, Arbeitgeberverband Zement
und Baustoffe

Dr.-Ing. Gustav Krogbeumker, Phoenix
Zementwerke GmbH & Co. KG

Manfred Reuer, Karsdorfer Zement GmbH
(Betriebsrat)

Dr. Martin Schneider, Verein Deutscher
Zementwerke

Heiner Sülau, Alsen AG (Betriebsrat)

Dr. Michael Weißenborn, Sozialpolitische
Arbeitsgemeinschaft der Deutschen
Zementindustrie

Bearbeitung

sustain consult
Beratungsgesellschaft für nachhaltige
Wirtschaftsentwicklung mbH

Martin-Schmeißer-Weg 19
44227 Dortmund

Tel.: +49-(0)2 31-98 12 85-0

Fax: +49-(0)2 31-98 12 85-29

Ralf Löckener (Projektleitung)
Tel.: 02 31-98 12 85-11

Birgit Timmer
Tel.: 02 31-98 12 85-12

Fachliche Beratung

Kapitel 1: Holger Bartels
Michael Basten
Roland Gimpel

Kapitel 2: Michael Basten

Kapitel 3: Michael Basten
Dr. Bruno Hauer
Dr.-Ing. Peter Lieblang
Dr. Martin Schneider
Dr.-Ing. Lutz Wittmann

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Nachhaltigkeit und Zementindustrie – Dokumentation von Beiträgen und Handlungsoptionen. Herausgegeben von der Sozialpolitischen Arbeitsgemeinschaft der Deutschen Zementindustrie, der Industriegewerkschaft Bauen-Agrar-Umwelt sowie der Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie. Bearbeitet von Ralf Löckener und Birgit Timmer – Düsseldorf: Verlag Bau + Technik, 2002

ISBN 3-7640-0437-1

0	Anliegen der Dokumentation	6
1	Nachhaltigkeit als Entwicklungsleitbild	7
	Hintergrund und externe Anforderungen ■ Positionen der Sozialpartner in der Zementindustrie	
2	Branchencharakteristika und Handlungsrahmen	10
	Struktur und Entwicklung der Branche ■ Produkte, Produktionsverfahren und Innovation ■ Beschäf- tigung, Qualifikation und Ausbildung ■ Cluster und Wertschöpfungskette	
3	Beiträge zur Nachhaltigkeit in der Wertschöpfungskette des Zements	17
3.1	Rohstoffgewinnung	17
	Rohstoffbedarf und Versorgungssicherheit ■ Substitutionspotenziale ■ Flächenbedarf und Raum- nutzung auf Zeit ■ Landes- und Regionalplanung ■ Genehmigungsrecht und umweltverträgliche Roh- stoffgewinnung ■ Folgenutzung und Naturschutz	
3.2	Zementproduktion	23
	Rechtlicher Rahmen und Umweltmanagement ■ Luftreinhaltung und Emissionsminderung ■ Energie- intensität und Energieeffizienz ■ Maßnahmen zum Klimaschutz ■ Verbesserung des Lärmschutzes ■ Steigerung der Arbeitssicherheit	
3.3	Zementverarbeitung und Betonrecycling	32
	Betonherstellung und Baustoffinnovation ■ Ressourcenschonung durch Betonrecycling ■ Arbeitsschutz durch chromatarne Zemente	
3.4	Anwendung zementgebundener Baustoffe	36
	Kostengünstiges Bauen und Systembauweise ■ Ressourcen schonendes Bauen ■ Energieeinsparung ■ Gesundes Wohnen ■ Anwendungen für den Umwelt- schutz ■ Infrastruktur für nachhaltige Mobilität	
4	Fazit und Ausblick	44
	Literatur und Materialien	51
	Anhang: Branchenvereinbarung	

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Abbildungen

Abb. 1:	Integration der drei Nachhaltigkeitsdimensionen durch Betrachtung entlang der Wertschöpfungskette	6
Abb. 2:	Management-Regeln für Nachhaltigkeit – Zusammenfassung und Modifikation auf der Basis des Abschlussberichtes der Enquete-Kommission	9
Abb. 3:	Entwicklung des Zementverbrauchs in Deutschland	10
Abb. 4:	Entwicklung in den zehn Staaten mit dem höchsten Zementverbrauch	11
Abb. 5:	Produktionsschritte der Zementherstellung	12
Abb. 6:	Wertschöpfungskette Zement und Beteiligte	16
Abb. 7:	Lagerstätten und Standorte von Zementwerken	17
Abb. 8:	Anteil der Folgenutzungstypen an der Gesamtfläche der Folgenutzung	21
Abb. 9:	Nutzungstypen vor dem Abbau	22
Abb. 10:	Entwicklung der Staubemissionen	24
Abb. 11:	Messergebnisse für Dioxin- und Furanemissionen	25
Abb. 12:	Entwicklung des spezifischen Brennstoffenergieverbrauchs in der Klinkerproduktion	26
Abb. 13:	Entwicklung des spezifischen elektrischen Energieverbrauchs in der Zementproduktion	26
Abb. 14:	CO ₂ -Effekte unterschiedlicher Entsorgungsverfahren für DSD-Kunststoffe im Vergleich zur Deponierung	30
Abb. 15:	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen in Deutschland	31
Abb. 16:	Entwicklung der Unfallhäufigkeit in der deutschen Zementindustrie	32
Abb. 17:	Balkenquerschnitte bei verschiedenen Bauweisen	33
Abb. 18:	Stoffströme beim Recycling von Beton	34
Abb. 19:	Anfall und Verwertung von Baureststoffen	34
Abb. 20:	Schätzung von Betonabbruchmengen	35
Abb. 21:	Konstruktion mit Systembauelementen aus Beton	37
Abb. 22:	Primärenergieverbrauch für Erstellung und Nutzung eines Mehrfamilien-Niedrigenergiehauses	38
Abb. 23:	Beton-Außenwandkonstruktionen für die passive und aktive Solarenergienutzung	40
Abb. 24:	Projekte der Initiative für Nachhaltigkeit	49

Tabellen

Tab. 1:	Entwicklung der Zementindustrie in Deutschland	10
Tab. 2:	Zementarten und ihre Bestandteile	12
Tab. 3:	Substitutionseffekte und -potenziale im Jahr 2000	18
Tab. 4:	Flächenbedarf für den Abbau oberflächennaher Rohstoffe im Jahr 1997	19
Tab. 5:	Marktanteile von Zementarten am Inlandsversand	28
Tab. 6:	Brennstoffeinsatz in der deutschen Zementindustrie	29
Tab. 7:	CO ₂ -Minderung in der deutschen Zementindustrie	30

Nachhaltigkeit und Zementindustrie

**Dokumentation von Beiträgen
und Handlungsoptionen**

0 Anliegen der Dokumentation

Nachhaltige Entwicklung wird zunehmend zu einem zentralen gesellschaftspolitischen Leitbild, das für wirtschaftliche bzw. industrielle Tätigkeiten immer stärker an Relevanz gewinnt. Dies gilt auch für die Herstellung und den Verbrauch von Zement bzw. zementgebundenen Baustoffen. Vor diesem Hintergrund gibt es in der Zementindustrie verschiedene Projekte, die direkt oder mittelbar im Zusammenhang mit Anstrengungen um eine nachhaltige Entwicklung stehen. Als Beispiele seien hier aufgezählt:

- der Ausgleich zwischen Rohstoffgewinnung, Standortsicherung und Naturschutz,
- die Senkung der CO₂-Emissionen im Rahmen der Umsetzung der Selbstverpflichtung der Branche,
- Aktivitäten zur Entwicklung und Förderung von kostengünstigen und umweltschonenden Bauweisen,
- Qualifizierung und Information von Beschäftigten in den Zementwerken.

Allgemein fehlt bisher ein sach- und praxisgerechtes Verständnis von Nachhaltigkeit. Dies gilt auch für das Verhältnis von nachhaltiger Entwicklung und Zementindustrie. Mit der vorliegenden Dokumentation wollen die Auftraggeber – die Sozialpolitische Arbeitsgemeinschaft der Deutschen Zementindustrie (SPADZ) in Verbindung mit dem Bundesverband der Deutschen Zementindustrie (BDZ) und dem Verein Deutscher Zementwerke (VDZ), die Industriegewerkschaft Bauen-Agrar-Umwelt (IG BAU) und die Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie (IG BCE) – die Basis für einen verstärkten Dialog um die nachhaltige Entwicklung schaffen. Im Folgenden werden dazu:

- Grundsatzpositionen der Auftraggeber zur nachhaltigen Entwicklung dargestellt,
- eine Standortbestimmung im Hinblick auf bereits bestehende Beiträge zur Nachhaltigkeit vorgenommen,

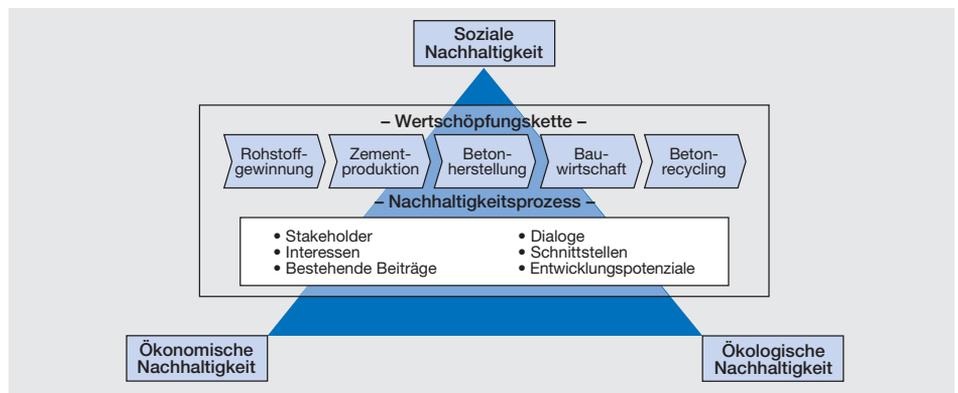


Abb. 1: Integration der drei Nachhaltigkeitsdimensionen durch Betrachtung entlang der Wertschöpfungskette

- Handlungsfelder für zukünftige Aufgaben zur nachhaltigen Entwicklung in der Zementindustrie identifiziert.

Dabei wurde eine problemorientierte Herangehensweise gewählt: Im Zentrum stehen branchenspezifische Sachverhalte, deren Darstellung für einen Dialog um konkrete Anstrengungen zur Nachhaltigkeit unverzichtbar ist. Die Erstellung der Dokumentation markiert dabei nicht nur den Start eines Nachhaltigkeitsdialoges zwischen den Sozialpartnern, sondern auch zwischen den Sozialpartnern und externen Akteuren (Stakeholdern). Die Sozialpartner haben bei der Erstellung der Dokumentation unterschiedliche Erfahrungen eingebracht, die eine wichtige Ausgangsbasis für Maßnahmen zur nachhaltigen Entwicklung in der Zementindustrie sind.

Die Sozialpartner verstehen Nachhaltigkeit als Prozess, der die gesamte Wertschöpfungskette zementgebundener Baustoffe umfasst und der durch Investitionen und Innovationen schrittweise vorangebracht wird. Dabei kommt es vor allem darauf an, ökologische, ökonomische und soziale Bedürfnisse besser als bisher zu integrieren – konkrete Beiträge und Maßnahmen werden daher diesen drei Dimensionen nicht isoliert zugeordnet, sondern entlang der branchenspezifischen Wertschöpfungskette im Zusammenhang dargestellt und dokumentiert. Diese Wertschöpfungskette besteht aus der Rohstoffgewinnung, der Herstellung von Zement, seiner Verarbeitung zu zementgebundenen Baustoffen (insbesondere Beton), deren Verwendung in der Bauwirtschaft sowie dem Recycling

zementgebundener Baustoffe (vgl. Abb. 1). Die komplexen Herausforderungen einer nachhaltigen Entwicklung bedingen, dass die vorliegende Dokumentation nicht erschöpfend sein kann. Es handelt sich vielmehr um eine erste grundlegende Bestandsaufnahme, der weitere Projekte folgen werden. Ein gemeinsamer Such- und Lernprozess sowie die Einleitung weiterer Schritte zur nachhaltigen Entwicklung haben dabei für die Sozialpartner einen besonderen Stellenwert.

Der Aufbau der Dokumentation folgt diesem Anliegen:

- In Kapitel 1 werden die Relevanz des Leitbildes Nachhaltigkeit für die Entwicklung der Zementindustrie sowie die diesbezüglichen Positionen der Sozialpartner dargestellt.
- In Kapitel 2 werden wirtschaftliche und soziale Branchencharakteristika erläutert, die zugleich die aktuellen Handlungsspielräume der Zementindustrie markieren.
- In Kapitel 3 werden bisherige Beiträge zur Nachhaltigkeit entlang der Wertschöpfungskette der Herstellung und Verwendung von Zement aufgezeigt.
- Abschließend wird eine Standortbestimmung vorgenommen, die in einer Aufstellung von Handlungsfeldern für weitere Projekte und in einer Branchenklärung zur Gründung einer Nachhaltigkeitsinitiative mündet (Kapitel 4).

Hintergrund und externe Anforderungen

Die gesellschafts- und umweltpolitische Diskussion folgt in wachsendem Maße dem Leitbild der „nachhaltigen Entwicklung“ (sustainable development). Der Begriff Nachhaltigkeit wird seit langem in der Forstwirtschaft verwendet: Einen Wald nachhaltig zu nutzen bedeutet, nur so viel Holz zu schlagen wie nachwächst. 1987 wurde Nachhaltigkeit durch die Brundtland-Kommission der Vereinten Nationen als zentrales gesellschaftspolitisches Leitbild definiert. Danach ist eine Entwicklung dann nachhaltig, wenn sie den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen. Daran anknüpfend verabschiedete die Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro im Jahr 1992 mit der Agenda 21 ein umfangreiches Arbeitsprogramm. Ein wichtiges Beispiel für die Umsetzung ist der internationale Klimaschutz, für den vor wenigen Monaten konkrete Vereinbarungen zur Senkung der CO₂-Emissionen getroffen wurden.

Mit dem Konzept der Nachhaltigkeit ist ein umfassendes Entwicklungsverständnis verbunden: Erstens geht es um eine gleichermaßen nachhaltige Entwicklung von Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft – ausgehend von der Erkenntnis, dass eine zukunftsfähige Entwicklung die Wechselwirkungen zwischen ökologischen, sozialen und ökonomischen Bedürfnissen berücksichtigen muss. Zweitens spielt die zeitliche Dimension eine wichtige Rolle, weil die Konsequenzen aus dem Handeln der heutigen Generation für das Leben kommender Generationen nach dem Vorsorgeprinzip bei heutigen Entscheidungen berücksichtigt werden müssen. Drittens unterstreicht die Agenda 21 die Bedeutung der verschiedenen politisch-administrativen Ebenen und der unterschiedlichen Akteure bei der Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung. Dementsprechend gibt es heute Aktivitäten auf internationaler, nationaler, regionaler und kommunaler Ebene, an denen sich neben staatlichen Ein-

richtungen auch Wirtschaft, Umweltverbände und andere Nicht-Regierungs-Organisationen beteiligen. Eine Bestandsaufnahme über die bisherigen Erfolge soll der Weltgipfel für Nachhaltige Entwicklung leisten, der im August/September 2002 in Johannesburg in Nachfolge der Konferenz von Rio de Janeiro stattfinden wird.

In Deutschland wurde die Diskussion über Konzepte und Strategien zur nachhaltigen Entwicklung in den 1990er Jahren vor allem von zwei Enquete-Kommissionen des Bundestages mit dem Titel „Schutz des Menschen und der Umwelt“ angestoßen. Die erste Enquete-Kommission widmete sich vor allem einer ganzheitlichen Betrachtung von Stoff- und Materialströmen. Sie ging dabei davon aus, dass eine ganzheitliche Betrachtung industrieller Produkte „von der Wiege bis zur Bahre“ (also von der Rohstoffgewinnung über die Grundstoffherstellung, Weiterverarbeitung und Verwendung bis hin zur Entsorgung und zum Recycling) für eine umweltgerechte Vorsorge unverzichtbar ist. Damit ist die Absicht verbunden, die negativen Wirkungen industrieller Produktion (z. B. in Form von Emissionen) nicht nur durch so genannte end-of-pipe-Technologien zu begrenzen, sondern durch eine Veränderung der Produktionsweisen möglichst von Beginn an zu minimieren.

Die zweite Enquete-Kommission befasste sich vor allem mit den ökonomischen und sozialen Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Entwicklung. Sie entwickelte damit den primär auf Stoffströme ausgerichteten Ansatz im Sinne der Agenda 21 weiter und definierte Nachhaltigkeit als regulative Idee, die ökologische, ökonomische und soziale Ziele integriert. Dementsprechend ergänzte die zweite Enquete die Regeln, die ihre Vorgängerin für ein ökologisches Stoffstrommanagement aufgestellt hatte, um Managementregeln für die soziale und ökonomische Dimension einer nachhaltigen Entwicklung (siehe unten). Die Kommission betonte außerdem die Bedeutung von Lernprozessen zur schrittweisen Verwirklichung einer nachhaltigen Entwicklung.

Anhand einzelner Beispielfelder bemühte sich die zweite Enquete zudem um eine Konkretisierung von Nachhaltigkeitsstrategien. Hierzu gehörte das Thema Bodenversauerung, wobei u. a. die Zementindustrie im Hinblick auf eine weitere Senkung der Stickstoffemissionen angesprochen wurde. Anhand des Beispielfeldes „Bauen und Wohnen“ strebte die zweite Enquete eine möglichst konkrete Integration ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte an. Entwickelt wurde hier ein Katalog von Zielen, die die Richtung für strukturelle Veränderungen in diesem Beispielfeld weisen sollen. Hierzu gehörten das Ressourcen sparende Bauen, die Vermeidung von „Downcycling“ und die Verbesserung der Kooperation am Bau, die auch eine hohe Relevanz für die Herstellung und Weiterverarbeitung von Baustoffen haben. Die Bedeutung mineralischer Baustoffe wurde dadurch unterstrichen, dass die Enquete die Ausweisung von Vorrats- und Vorrangflächen für die Rohstoffgewinnung ausdrücklich in den Zielkatalog für eine nachhaltige Entwicklung aufgenommen hat.

Die Ergebnisse der Enquete-Kommission machen deutlich, wie komplex die Herausforderungen bei der Entwicklung einer Nachhaltigkeitsstrategie mit konkreten Zielen und Maßnahmen sind. Zwischen den Zielen, die die Enquete aufgestellt hat, bestehen zum Teil komplementäre oder synergetische Beziehungen, zum Teil jedoch auch Konflikte – beispielhaft sei hier auf das Spannungsverhältnis zwischen der Erhöhung der Wohneigentumsquote und der Reduzierung des Flächenverbrauchs hingewiesen. Die Kommission hat mit ihren Ergebnissen im Kern einen Beleg für den Ansatz von Nachhaltigkeit als regulative Idee geliefert: Demnach kommt es darauf an, bei der Integration ökologischer, ökonomischer und sozialer Bedürfnisse im Rahmen eines Dialog- und Innovationsprozesses schrittweise praxisrelevante Lösungen zu entwickeln.

Mittlerweile wurde das Thema von vielen gesellschaftlichen und politischen Kräften in Deutschland weiterverfolgt. Die Bundesregierung hat einen Staatssekretärsausschuss eingerichtet und einen Rat für

Nachhaltige Entwicklung einberufen, deren Aufgabe die Entwicklung einer nationalen Nachhaltigkeitsstrategie ist. Beide Gremien befassen sich zunächst schwerpunktmäßig mit den Themen Klimaschutz und Energiepolitik, umweltverträgliche Mobilität sowie Landwirtschaft, Ernährung und Gesundheit. Diese Schwerpunktthemen sollen in mehreren Pilotprojekten konkretisiert werden. Auch in ihrer praktischen Politik beruft sich die Bundesregierung zunehmend auf das Leitbild der Nachhaltigkeit – Beispiele hierfür sind die Förderung erneuerbarer Energien oder der „Leitfaden Nachhaltiges Bauen bei Bundesbauten“, den das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen im Januar 2001 vorgelegt hat. Besonderes Gewicht wird dabei aus ökologischen und wirtschaftlichen Gründen der Reduzierung des Energieverbrauchs in der Nutzungsphase von Gebäuden beigemessen.

Neben Initiativen, Handlungsstrategien und konkreten Maßnahmen, die zur Nachhaltigkeit beitragen können, wurden in den vergangenen Jahren auch Analyse-Instrumente entwickelt, mit denen Ressourcenproduktivität, Ökoeffizienz und Umweltwirkungen industrieller Produkte und Produktionsverfahren bewertet werden sollen. Dabei soll in Zukunft auf umfassende Indikatoren-Systeme abgestellt werden, die sich gleichermaßen auf ökologische, ökonomische und soziale Aspekte beziehen. Aufgrund der komplexen Sachverhalte besteht hier allerdings noch großer Handlungsbedarf. Der Schwerpunkt bei der Entwicklung von Analyse-Methoden hat in den vergangenen Jahren vor allem auf dem Instrument der Ökobilanzierung gelegen, mit dem die Umweltwirkungen von Produkten oder Produktionsverfahren nach Möglichkeit über den gesamten Stoffstrom ermittelt werden sollen.

Die deutsche Zementindustrie hat sich aktiv an der Entwicklung und Erprobung von Methoden zur Ökobilanzierung beteiligt. Ökobilanzen werden in der Zementindustrie mittlerweile bei verschiedenen Fragestellungen genutzt. Dies gilt z. B. für die Bewertung des Einsatzes von Sekundärstoffen in der Zementherstellung oder für

die Errichtung und Nutzung kostengünstiger Niedrigenergiehäuser aus Betonfertigteilen. Ein wichtiges Beispiel ist auch das Projekt zur ganzheitlichen Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden, das an der Universität Stuttgart unter Mitwirkung verschiedener Baustoffhersteller bearbeitet wurde. In Kooperation mit dem Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden wurden dabei konkrete Leitfäden zur Erstellung von Ökobilanzen geschaffen.

Positionen der Sozialpartner in der Zementindustrie

Die Agenda 21 schreibt der Wirtschaft mit ihren Unternehmen, Mitarbeitern und Interessenvertretungen eine zentrale Bedeutung für die nachhaltige Entwicklung zu. Die Sozialpolitische Arbeitsgemeinschaft der Deutschen Zementindustrie (SPADZ), der Bundesverband der Deutschen Zementindustrie (BDZ) und der Verein Deutscher Zementwerke (VDZ) sowie die Industriegewerkschaften Bauen-Agrar-Umwelt (IG BAU) und Bergbau, Chemie, Energie (IG BCE) haben deshalb im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung einen gemeinsamen Suchprozess initiiert. Das erste Ergebnis dieses Prozesses ist die hier vorliegende Dokumentation.

Die genannten Einrichtungen haben sich bereits in der Vergangenheit mit Themen befasst, die für eine nachhaltige Entwicklung der Branche eine hohe Relevanz haben:

- Die Unternehmen der Zementindustrie und ihre Verbände arbeiten unter anderem an Fragen des Klimaschutzes und der Energieeffizienz, des Arbeits- und Gesundheitsschutzes sowie an der Entwicklung ökologischer und kostengünstiger Bauweisen. So setzen die Unternehmen gemeinschaftlich ein CO₂-Minderungsziel um, das im Rahmen einer freiwilligen Selbstverpflichtung der Branche festgelegt wurde. Ein weiteres wichtiges Beispiel für die Arbeit in den Gemeinschaftsgremien ist die Rohstoffkommission, die unter anderem Problemlösungen für den Ausgleich zwischen Rohstoffgewinnung

und Naturschutz entwickelt. Einige Unternehmen beteiligen sich auch an weiteren Initiativen wie z. B. dem World Business Council for Sustainable Development (WBCSD).

- Auf der Seite der Beschäftigten beteiligen sich IG BAU und IG BCE seit einigen Jahren intensiv an der Diskussion um nachhaltige Entwicklungsstrategien. Die IG BAU bemüht sich vor allem um eine Förderung des Dialogs zwischen der Wirtschaft und Nicht-Regierungs-Organisationen – aus solchen Arbeitszusammenhängen sind inzwischen verschiedene Projekte entstanden. Die IG BCE hat sich in den Arbeiten der Enquete-Kommission des Bundestages stark engagiert; erste Erfahrungen mit branchenspezifischen Konkretisierungen des Leitbildes Nachhaltigkeit liegen zudem aus der Chemischen und aus der Kunststoff verarbeitenden Industrie vor.

Im Zusammenhang mit der Erarbeitung der vorliegenden Dokumentation haben die Sozialpartner ein gemeinsames Verständnis für Nachhaltigkeit in der Zementindustrie als Plattform für die weitere Zusammenarbeit entwickelt. Ausgangspunkt hierfür war die Definition der Brundtland-Kommission, nach der nachhaltige Entwicklung den Bedürfnissen der heutigen Generation entsprechen soll, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen. Auch für die Sozialpartner erwächst daraus eine ökologische, eine soziale und eine ökonomische Verantwortung. Die drei Zieldimensionen sollen v. a. durch eine Bestimmung von Synergien und durch eine Auflösung von (faktischen oder vermeintlichen) Widersprüchen integriert werden. Leitplanken sind durchaus vorhanden: So nutzt eine Steigerung der Ressourcenproduktivität gleichermaßen ökologischen, sozialen und ökonomischen Zielen.

Ebenso wie die zweite Enquete-Kommission des Bundestages und die Bundesregierung verstehen die Sozialpartner nachhaltige Entwicklung zudem als kontinuierlichen

Such- und Lernprozess: Zur Umsetzung empfehlen sie einen Nachhaltigkeitswettbewerb im Sinne eines Ringens um die beste Lösung. Daraus folgt auch, dass die unterschiedlichen Entwicklungsoptionen, die mit bestimmten industriellen Produkten und Produktionsverfahren verbunden sind, nicht vorschnell verschüttet werden dürfen.

Die Unternehmen und ihre Beschäftigten gehen von ihren eigenen Handlungsmöglichkeiten aus, um praktische Beiträge zu leisten und konkrete Problemlösungen vorzuschlagen. Ein wichtiger Ansatzpunkt für die Sozialpartner sind dabei die Managementregeln, die von den Enquete-Kommissionen aufgestellt wurden. Allerdings sehen die Sozialpartner hier einen Bedarf zur Anpassung an die spezifischen Verhältnisse in der Zementindustrie – gerade eine solche branchenspezifische Konkretisierung wird als unabdingbar für eine stärkere Praxisrelevanz des Leitbildes Nachhaltigkeit angesehen. Bis zum jetzigen Zeitpunkt wurden vier Modifikationen vorgeschlagen (vgl. Abb. 2, Änderungen in blauer Schrift hervorgehoben):

- erstens bzgl. der Schonung nicht-erneuerbarer Ressourcen, die durch Stei-

gerung der Ressourcen-Produktivität, Nutzung von Substitutionspotenzialen und Recycling erfolgt,

- zweitens bzgl. der Flächennutzung für die Rohstoffgewinnung, die zeitlich begrenzt und mit anschließender Folgenutzung durchgeführt wird,
- drittens bzgl. der Rahmenbedingungen des Wettbewerbs, die so gestaltet werden sollen, dass Investitionen als Voraussetzung für Innovationen ange-regt werden,
- viertens bzgl. der sozialen Dimension, für die grundsätzlich die Frage beant-wortet werden muss, in welcher Hin-sicht Unternehmen und Beschäftigte als Akteure zu betrachten sind.

Diese Modifikationen sind notwendig, um nachhaltige Entwicklung mit Blick auf die spezifischen Verhältnisse und auf den Handlungsspielraum der Zementindustrie umzusetzen. Die Sozialpartner betonen vor allem den Stellenwert von Investitionen als Basis für Innovationen, Anpassungsfähigkeit und Beschäftigungssicherung. Investi-tionen als Erfolgsfaktor für eine nachhalti-

ge Entwicklung setzen gerade in der kapita-lintensiven Zementindustrie eine ent-sprechende Ertragskraft der Unternehmen sowie eine ausreichend langfristige Roh-stoffversorgung voraus.

Zementgebundene Baustoffe bilden nach Ansicht der Sozialpartner eine unverzicht-bare Grundlage für den Aufbau und Erhalt einer modernen Infrastruktur zur Befriedi-gung der Bedürfnisse Wohnen, Arbeiten und Mobilität. Die Rahmenbedingungen und Implikationen, die mit der Herstellung des Grundstoffes Zement sowie seiner An-wendung verbunden sind, wollen die Sozi-alpartner im Sinne der nachhaltigen Ent-wicklung gestalten. Dialoge hierzu sind einerseits erforderlich zwischen den Sozi-alpartnern selbst und andererseits zwi-schen den Sozialpartnern und weiteren Ak-teuren bzw. Stakeholdern, insbesondere Umweltverbänden, Wissenschaft, Politik und Verwaltung. Auf regionaler Ebene gibt es bereits erste Initiativen, die einem sol-chen Ansatz folgen – beispielhaft sei hier auf die Projekte des Arbeitgeberverbandes Zement und Baustoffe, der IG BAU und der IG BCE zur Qualifizierung der Beschäftig-ten und zur Rohstoffsicherung in der west-fälischen Zementindustrie hingewiesen.

Ökologische Dimension	Ökonomische Dimension	Soziale Dimension
<ul style="list-style-type: none"> ■ Die Abbauraten erneuerbarer Ressourcen sollen die Regenerationsrate nicht übersteigen. ■ Die Schonung nicht-erneuerbarer Ressourcen soll durch die Steigerung der Ressourcen-Produktivität, verstärktes Recycling und die Nutzung von Substitutionspotenzialen erreicht werden. ■ Bei der Sicherung und Gewinnung natürlicher Ressourcen soll die Abstimmung mit anderen Belangen bei der Vor-, Zwischen- und Folgenutzung der betreffenden Flächen optimiert werden. ■ Stoffeinträge in die Umwelt sollen sich an der Belastbarkeit der Umweltmedien orientieren. ■ Das Zeitmaß anthropogener Einträge bzw. Eingriffen in die Umwelt muss an das Reaktionsvermögen natürlicher Prozesse angepasst sein. ■ Gefahren und unvermeidbare Risiken für die menschliche Gesundheit sind zu vermeiden. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Das ökonomische System soll individuelle und gesellschaftliche Bedürfnisse effizient befriedigen, die persönliche Initiative fördern und das Eigeninteresse in den Dienst des Gemeinwohls stellen. ■ Preise müssen dauerhaft die wesentliche Lenkungs-funktion auf Märkten wahrnehmen. ■ Die Rahmenbedingungen des Wettbewerbs sind so zu gestalten, dass funktionsfähige Märkte entstehen, Investitionen und Innovationen angeregt werden, langfristige Orientierung sich lohnt und der gesellschaftliche Wandel gefördert wird. ■ Die ökonomische Leistungsfähigkeit einer Gesellschaft und ihr Produktiv-, Sozial- und Humankapital müssen im Zeitablauf zumindest erhalten bleiben. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Menschenwürde und Entfaltungschancen sollen für heutige und zukünftige Generationen gesichert werden. ■ Jedes Mitglied der Gesellschaft erhält Leistungen von der solidarischen Gesellschaft: <ul style="list-style-type: none"> - entsprechend geleisteter Beiträge zu Sicherungssystemen, - entsprechend der Bedürftigkeit. ■ Jedes Mitglied der Gesellschaft muss entsprechend seiner Leistungsfähigkeit einen Beitrag für die Gesellschaft leisten. ■ Soziale Sicherungssysteme können nur im selben Maß wie das wirtschaftliche Leistungspotenzial wachsen. ■ Das in der Gesellschaft vorhandene Leistungspotenzial soll für künftige Generationen zumindest erhalten werden.

Abb. 2: Management-Regeln für Nachhaltigkeit – Zusammenfassung und Modifikation auf der Basis des Abschlussberichtes der Enquete-Kommission (Quelle: Enquete-Kommission 1998 / eigene Darstellung)

2 Branchencharakteristika und Handlungsrahmen

Struktur und Entwicklung der Branche

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes wurde im Jahr 2000 in Deutschland in 59 Betrieben mit mehr als 19 Beschäftigten Zement hergestellt. Die Zahl der Mitarbeiter lag bei 11.144 und ist damit seit 1995 um 1.433 bzw. 11,4 % zurückgegangen (Tab. 1). Dieser Beschäftigungsrückgang ist nicht nur auf Produktivitätssteigerungen, sondern auch auf die Entwicklung der Baukonjunktur zurückzuführen, in deren Folge die Produktion um rund 3 % und der Umsatz der deutschen Zementindustrie sogar um rund 9 % sank. Die Kapazitätsauslastung der Drehöfen, der zentralen Aggregate integrierter Zementwerke, betrug nach Angaben des Forschungsinstituts der Zementindustrie lediglich 65 %. Trotz des ungünstigen Umfeldes, das sich in 2001 noch einmal drastisch verschlechtert hat, beliefen sich die Bruttoanlageinvestitionen der deutschen Zementindustrie zwischen 1995 und 2000 auf 3,4 Mrd. DM (1,7 Mrd. €) und lagen im Mittel bei 560 Mio. DM (286 Mio. €) pro Jahr.

Die Bauwirtschaft mit ihren konjunkturellen Ausschlägen ist der fast ausschließliche Anwendungsbereich für Zement. Zemente, die in anderen Branchen (z. B. als Tiefbohrzement bei der Erdölförderung) eingesetzt werden, spielen mengenmäßig nur eine geringe Rolle. In den kommenden Jahren wird – einschließlich positiver Effekte im Substitutionswettbewerb der Baustoffe – wieder mit einer Stabilisierung des Zementverbrauchs in Deutschland gerechnet. Grundsätzlich gilt, dass in reifen Märkten der Zementverbrauch weniger

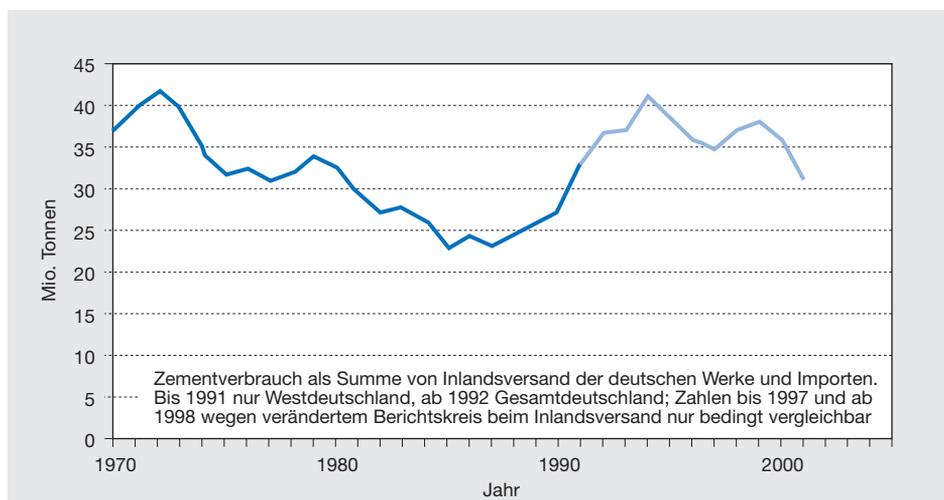


Abb. 3: Entwicklung des Zementverbrauchs in Deutschland (Zahlenangaben: BDZ)

von bauwirksamen Nachholbedarfen geprägt ist als von Ersatzinvestitionen sowie der Modernisierung von Wohnraum und Infrastrukturen.

Die Zementindustrie wird im allgemeinen durch folgende, eng zusammenhängende Merkmale charakterisiert:

- **Kapitalintensität:** Für den Neubau eines kompletten Zementwerks mit einer Jahresproduktion von 1,5 Mio. t Klinker sind Investitionen in Höhe von bis zu 300 Mio. € anzusetzen. Dies entspricht etwa dem Drei- bis Vierfachen des Jahresumsatzes oder – bezogen auf die direkt Beschäftigten – im Durchschnitt etwa 1,5 Mio. € pro Arbeitsplatz. Bei Neuinvestitionen entfällt heute über 20 % des Investitionsvolumens auf Umweltschutzmaßnahmen. Entsprechende Großprojekte amortisieren

sich nur über einen Zeitraum von etwa 25 Jahren. Durch Instandhaltung betragen die betrieblichen Nutzungszeiten großer Aggregate im Allgemeinen sogar mehr als 30 Jahre. Hinzu kommt, dass Investitionen der Zementindustrie in hohem Maße irreversibel sind, weil mit den Anlagen in der Regel keine anderen Produkte hergestellt werden können (Einzweckcharakter) und ihr Liquidationswert gering ist. Die Zementindustrie bedarf daher bei der Rohstoffversorgung einer ausreichenden Investitionssicherheit.

- **Standortgebundenheit:** Die Zementherstellung ist an geeignete und verfügbare Rohstoffvorkommen gebunden. Aufgrund der Transportkostenintensität liegen Zementwerke, in denen das rohstoffintensive Zwischenprodukt Klinker hergestellt wird, in der Regel in unmittelbarer Nähe geeigneter Lagerstätten. Dies ist nicht nur wirtschaftlich sondern auch ökologisch sinnvoll, weil so Umweltbelastungen durch Input-Transporte vermieden werden. Hinzu kommt, dass sich die meisten Normzemente aufgrund ihres geringen spezifischen Wertes auf dem Landweg im Allgemeinen nur über eine relativ kurze Entfernung von etwa 200 km wirtschaftlich absetzen lassen. Die Nähe zu den Absatzmärkten ist daher ein weiterer Standortfaktor, der die regionale Verteilung der Werke stark beeinflusst hat.

Tab. 1: Entwicklung der Zementindustrie in Deutschland

	Einheit	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Unternehmen	Anzahl	35	35	35	33	34	31
	Betriebe*	Anzahl	66	65	65	62	61
Beschäftigte*	Anzahl	12.577	12.326	12.377	11.875	11.375	11.144
	Beschäftigte je Betrieb*	Anzahl	191	190	190	192	183
Umsatz*	Mio. DM	5.696	5.396	5.520	5.376	5.498	5.185
... davon durch Ausfuhr*	Mio. DM	328	348	393	363	378	412
Exportquote*	Prozent	5,8	6,4	7,1	6,8	6,9	7,9
Produktion**	Mio. t	37,2	35,6	35,7	36,1	37,9	36,1
Anlageinvestitionen**	Mio. DM	832,9	520,1	514,1	606,7	451,1	431,6

* Betriebe mit mehr als 19 Beschäftigten / ** Unternehmen

(Zahlenangaben: Statistisches Bundesamt / eigene Berechnungen)

■ **Rohstoff- und Energieintensität:** Zement lässt sich nicht ohne primäre Rohstoffe herstellen, die Stoffumwandlung zur Veredelung der Rohstoffe bedarf zudem des Einsatzes von Brennstoffen und Strom. So lag trotz des hohen energetischen Anlagenwirkungsgrades von über 70 % der Anteil der Energiekosten an der Bruttowertschöpfung der deutschen Zementindustrie nach Angaben des Statistischen Bundesamtes in 1999 bei 26 %, einem der höchsten Werte aller Industriebranchen. Die Unternehmen haben daher ein hohes Eigeninteresse daran, wertvolle Rohstoffvorkommen als Basis der Zementproduktion zu schonen und die Energieeffizienz ihrer Anlagen zu steigern. Neben verfahrenstechnischen Verbesserungen schöpfen sie dabei zunehmend Substitutionspotenziale durch sekundäre Brenn- und Einsatzstoffe aus.

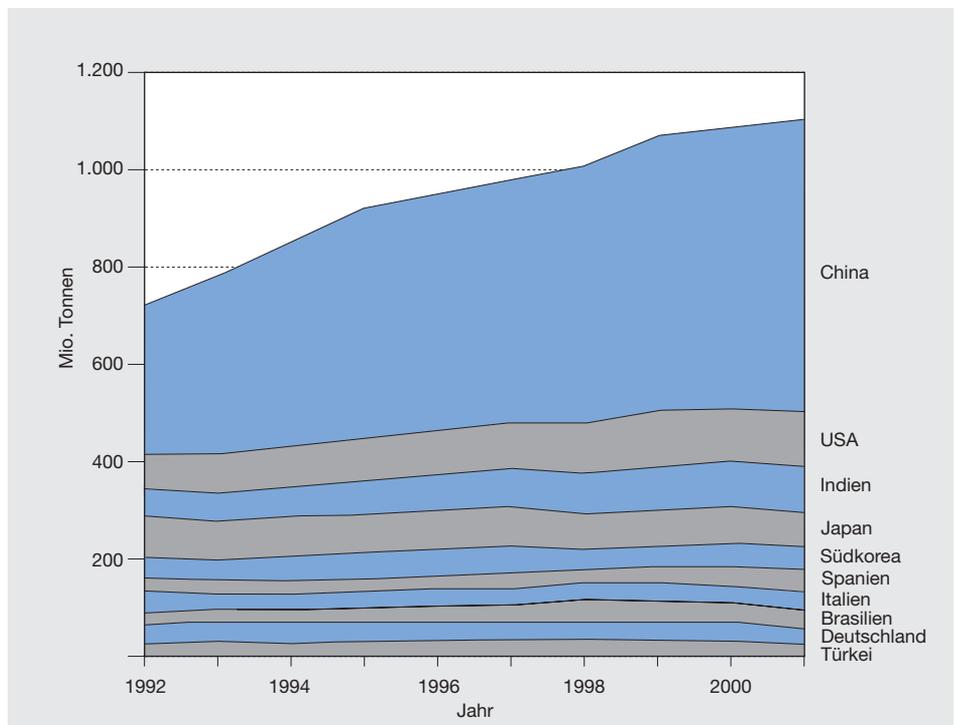


Abb. 4: Entwicklung in den zehn Staaten mit dem höchsten Zementverbrauch (Zahlenangaben: Cembureau)

Im Unterschied zu den meisten anderen Ländern der Erde einschließlich der Mitgliedstaaten der Europäischen Union weist die deutsche Zementindustrie einen strukturellen Mix von konzerngebundenen Unternehmen und industriellem Mittelstand auf. Während in Deutschland bei Berücksichtigung der Kapitalverflechtungen 20 Unternehmen über eine eigene Produktionsbasis zur Herstellung von Zementklinker verfügen, trifft dies in Belgien lediglich auf drei sowie in Frankreich und Großbritannien nur auf jeweils vier Unternehmen zu. Zwar ist auch in Deutschland die Bedeutung der konzerngebundenen Hersteller gewachsen. Die bislang größten Verschiebungen im Verhältnis von konzerngebundenen und mittelständischen Unternehmen liegen allerdings schon etwa 30 Jahre zurück. Derzeit decken die sechs größten Anbieter einschließlich ihrer Beteiligungen sowie der Tochtergesellschaften eines französischen, eines schweizerischen und eines britischen Konzerns rund 80 % des deutschen Zementmarktes ab.

Aufgrund der Frachtkostenintensität spielt der Außenhandel mit Zement traditionell nur eine untergeordnete Rolle. Auch die Importe aus den osteuropäischen Nach-

barstaaten, die Mitte der 1990er Jahre in Deutschland Marktanteile von bundesweit über 15 % (Ostdeutschland: bis zu 40 %) erreichten, waren in den letzten Jahren wieder stark rückläufig. Neben der konjunkturellen Entwicklung und der Transformation der osteuropäischen Volkswirtschaften ist dies sicher auch auf den Umstand zurückzuführen, dass deutsche bzw. westeuropäische Hersteller massiv in den betreffenden Ländern investiert haben. Gleichwohl besteht – anders als in der Vergangenheit – weiterhin ein latenter Importdruck. International wettbewerbsfähige Rahmenbedingungen werden daher auch für die Entwicklung der „standortgebundenen“ Zementindustrie in Deutschland immer wichtiger.

Dazu trägt auch die dynamische Globalisierung der Branche bei. Zwar steht hier nicht eine Verlagerung der Produktion an, wie sie in anderen Industriebranchen vollzogen wurde. Triebfeder ist vielmehr die Ausschöpfung von Wachstumspotenzialen und die Abfederung (bau-)konjunktureller Risiken durch eine möglichst breite räumliche Diversifizierung. Als abgeleiteter Ef-

fekt ist aber selbst in der frachtkostenintensiven Zementindustrie mit einer zunehmenden Optimierung der Produktionsbasis und der Kapazitätsauslastung im internationalen Verbund zu rechnen. Angesichts der relativ günstigen Entwicklung der Seefrachtraten kommt dabei vor allem großen Werksstandorten mit Anschluss an den Seeverkehr eine wichtige strategische Funktion zu. Allerdings gibt es in Deutschland kein integriertes Zementwerk mit direktem Anschluss zum Seeverkehr.

In weltweiter Perspektive wachsen Produktion und Verbrauch von Zement vor allem in Asien, das seinen Weltmarktanteil von rund einem Drittel in 1980 auf etwa zwei Drittel (davon die Hälfte in China) ausgeweitet hat (Abb. 4). Die sieben größten Unternehmensgruppen kontrollieren heute etwa 40 % der weltweiten Produktionskapazitäten außerhalb Chinas; fünf dieser Anbieter stammen aus Westeuropa, zwei davon aus Deutschland. Das internationale Engagement ist mit Investitionen und Know-how-Transfer verbunden, die auch der Verbesserung des Umweltschutzes dienen.

Produkte, Produktionsverfahren und Innovation

Zement ist ein hydraulisches Bindemittel, d. h. ein fein gemahlener, nicht-metallischer, anorganischer Stoff, der nach Zugabe von Wasser erhärtet und sowohl an der Luft als auch unter Wasser fest bleibt. Die Mischung von Zement, Wasser und Gesteinskörnungen bzw. Zuschlagstoffen (Kies/Sand) ergibt Beton, der seinerseits dauerhaft fest und raumbeständig bleibt. Zement wird zudem als Bindemittel für die Herstellung von anderen Baustoffen wie z. B. Putz- und Mauermörtel verwendet. Bei Zement handelt es sich ganz überwiegend um ein homogenes Massengut. Die Zemente, die in Deutschland verwendet werden, entsprechen mit einem Marktanteil von rund 90 % den Zementnormen DIN 1164 und DIN EN 197. Danach wird Zement aus sechs verschiedenen Hauptbestandteilen hergestellt: Neben Portlandzementklinker, der aus den natürlichen Rohstoffen Kalkstein und Ton bzw. Kalkmergel gebrannt wird, handelt es sich dabei um Hüttensand, Puzzolane, Flugasche, gebrannten Ölschiefer und ungebrannten Kalkstein. Aus diesen Stoffen werden in Deutschland zurzeit drei genormte Hauptzementarten hergestellt, die sich ihrerseits in 23 Zementarten unterteilen. Portlandzementklinker ist der wichtigste Hauptbestandteil, ohne den sich kein Zement herstellen lässt. Tab. 2 fasst die wichtigsten Unterschiede in der Zusammensetzung von Normzementen zusammen.

Neben den bekannten Normzementen („Common Cements“) gewinnt die Entwicklung von genormten und nicht genormten Spezialzementen mit besonderen, kundenspezifischen Anwendungseigenschaften an Bedeutung. Hierzu gehören hochleistungsfähige Schnellzemente, umweltfreundliche Spritzzemente und mikrofeine Injektionszemente. Mit Schnellzementen kann die Festigkeitsentwicklung von Beton so beschleunigt werden, dass sich die Sperrzeiten bei der Reparatur stark frequenter Verkehrsflächen (Autobahnen, Flughäfen) drastisch verkürzen. Umweltverträgliche Spritzzemente ersetzen im Tunnelbau alkalihydroxithaltige, stark ätzende Erstarrungsbeschleuniger. Neben

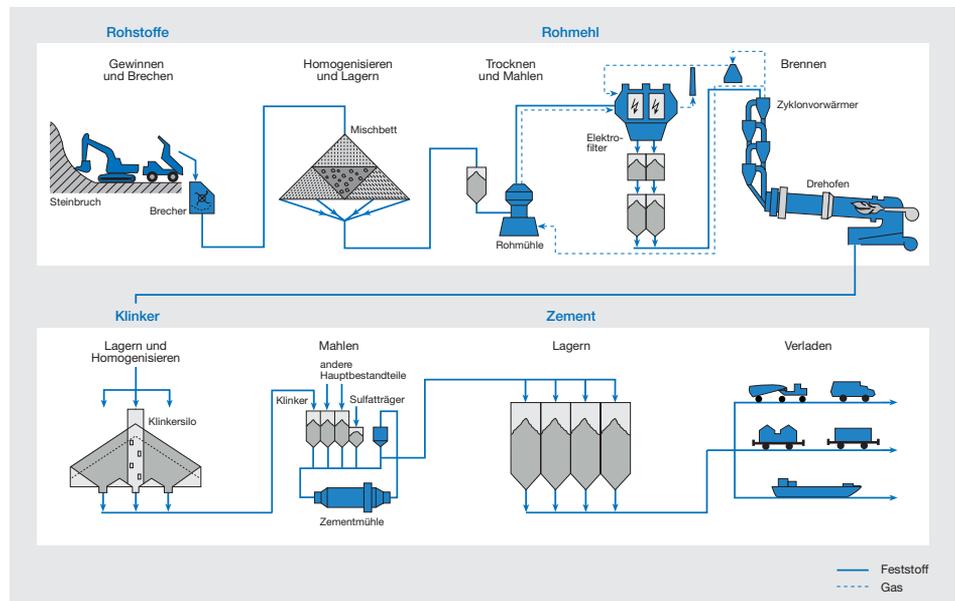


Abb. 5: Produktionsschritte der Zementherstellung (Quelle: BDZ/VDZ)

dem verbesserten Gesundheitsschutz auf der Baustelle wird durch diese Zemente das Risiko einer Auslaugung von Alkalifrachten ins Grundwasser minimiert. Mikrofeine Zemente weisen eine besonders hohe Mahlfeinheit bzw. Reaktivität auf und verbessern in Kombination mit Injektionshilfen und anderen Werkstoffen die Möglichkeiten, Risse in Bauwerken oder Felsen zu verpressen, Böden und Lockergestein zu verfestigen sowie die Dichtigkeit und Festigkeit von Beton zu erhöhen. Im Rahmen der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten werden die Eigenschaften

von Zementen heute auch mit Hilfe computergestützter Modelle simuliert.

Die Zementherstellung umfasst folgende Produktionsschritte (Abb. 5): Am Anfang steht die Gewinnung, Förderung und Aufbereitung der Rohstoffe, die im Hinblick auf ihre chemische Zusammensetzung homogenisiert und zu Rohmehl feingemahlen werden. Das Rohmehl wird im weiteren Produktionsverlauf „entsäuert“, indem das Calciumkarbonat (CaCO_2) der Kalkkomponente in Calciumoxid (CaO) und Kohlendioxid (CO_2) zerlegt und bei Temperaturen von

Tab. 2: Zementarten und ihre Bestandteile

Zementart	Benennung	Anteil Portlandzementklinker	Sonstige Hauptbestandteile
CEM I	Portlandzement	95-100 %	–
	Portlandhüttenzement	65-94 %	Hüttensand: 6-35 %
CEM II	Portlandpuzzolanzement	65-94 %	Natürl. Puzzolan: 6-35 %
	Portlandflugaschezement	80-94 %	Kieselsäurereiche Flugasche: 6-20 %
	Portlandölschieferzement	65-94 %	Gebrannter Ölschiefer: 6-35 %
	Portlandkalksteinzement	80-94 %	Kalkstein: 6-20 %
	Portlandflugaschehüttenzement	65-79 %	Kieselsäurereiche Flugasche: 10-20 %, Hüttensand: 10-20 %
CEM III	Hochofenzement	20-64 %	Hüttensand: 36-80 %

(Quelle: VDZ 2000)

rund 1.450 °C bis zur Sinterung zum Zwischenprodukt „Klinker“ gebrannt wird. Die hier ablaufenden chemischen Reaktionen verleihen dem Zement später seine hydraulischen Eigenschaften. Das Brennen geschieht in Drehöfen von mehreren Metern Durchmesser und 40 bis 90 Metern Länge. Nach rascher Kühlung wird der Zementklinker zusammen mit einem Erstarungsregler (Gips/Anhydrit) und gegebenenfalls weiteren Hauptbestandteilen außer Klinker (z. B. Hüttensand) zu Zement vermahlen und/oder gemischt. Schließlich erfolgt die Bereitstellung für den Versand als Sackware oder in loser Form per LKW (Silozug), Bahn oder Schiff.

Die kapitalintensive Zementherstellung war und ist durch verfahrenstechnische Innovationen geprägt. Hauptfaktoren des Innovationsgeschehens sind die Senkung der fixen und variablen Kosten (einschließlich des Personalaufwands) sowie die Anforderungen des Umweltschutzes, wobei sich die Ziele durchaus ergänzen können. Dies gilt insbesondere für die Verminderung des spezifischen Brennstoffbedarfs. Hier hat die Umstellung vom Nass- auf das Trockenverfahren und die Optimierung der Abwärmenutzung zu einer erheblichen Verbesserung der Energieeffizienz geführt. Vor allem die Öfen mit Zyklonvorwärmern, bei denen das Rohmehl über die Wirbelschichtkammern eines so genannten Wärmetauscherturms im Gegenstrom zum Ofenabgas erwärmt wird, wurden weiter entwickelt.

Nach langjähriger Steigerung konnte auch der spezifische Strombedarf stabilisiert und zuletzt reduziert werden. Neben der Automatisierung der Produktionsprozesse und der Einsparung von Brennstoffenergie ist der Bedeutungszuwachs der „Modernisierungsenergie“ Elektrizität auch auf den Umweltschutz zurückzuführen, der u. a. die Verwendung von Elektrofiltern erforderlich macht. Eine wichtige Rolle spielen zudem höhere Qualitätsstandards: Auf entwickelten Märkten werden zunehmend Zemente nachgefragt, die sich durch höchste Gleichmäßigkeit bei der Festigkeitsentwicklung auszeichnen und daher einen erhöhten Mahlaufwand erfordern. Vor diesem Hintergrund kommt der Effizienzsteigerung bei

Hauptbestandteile von Zement

Zemente werden aus mehreren Hauptbestandteilen hergestellt. Dies sind Stoffe mit einem Anteil von mindestens 5 % an der Gesamtzementmenge. Darüber hinaus können in geringem Umfang Nebenbestandteile hinzugefügt werden, um die richtige chemische Mischung herzustellen. Insgesamt gibt es sechs verschiedene Hauptbestandteile.

Portlandzementklinker ist ein hydraulischer Stoff, der aus einer genau festgelegten Rohstoffmischung hergestellt wird, die vor allem Calciumoxid (CaO), Siliciumoxid bzw. Kieselsäure (SiO₂), Aluminiumoxid bzw. Tonerde (Al₂O₃) und Eisenoxid (Fe₂O₃) sowie geringe Mengen anderer Stoffe enthält. Kalkstein und Ton oder deren natürlich vorkommendes Gemisch, der Kalkmergel, liefern diese chemischen Bestandteile und sind damit die wichtigsten Rohstoffe für die Klinkerherstellung.

Hüttensand (granulierte Hochofenschlacke) ist ein Koppelprodukt der Roheisenherstellung, das durch schnelles Abkühlen (Granulieren) der Schlacke entsteht, die im Hochofen beim Schmelzen von Eisenerz gebildet wird. Es handelt sich um einen latent hydraulischen Stoff, dessen Erhärtung mit Hilfe von Portlandzementklinker und Calciumsulfaten (Gips, Anhydrit) alkalisch bzw. sulfatisch angeregt werden kann.

Puzzolane sind Stoffe, die nach dem Anmachen mit Wasser nicht selbstständig erhärten, sondern in Gegenwart von Wasser bei üblichen Umgebungstemperaturen mit gelöstem Calciumhydroxid unter Entstehung von festigkeitsbildenden Calciumsilikat- und Calciumaluminat-Verbindungen reagieren. Natürliche Puzzolane sind im Allgemeinen Stoffe vulkanischen Ursprungs (z. B. Trass) oder Sedimentgesteine mit geeigneter chemisch-mineralogischer Zusammensetzung.

Flugasche kann ihrer Natur nach silikatisch oder kalkhaltig sein. Erstere verfügt über puzzolanische Eigenschaften, letztere kann zusätzlich hydraulische Eigenschaften haben. Flugasche fällt durch elektrostatische oder mechanische Abscheidung von staubförmigen Partikeln aus Rauchgasen aus der Verfeuerung feingemahlener Kohle an. In Deutschland wird ausschließlich silikatische Flugasche als Zementbestandteil verwendet.

Gebrannter Schiefer – insbesondere gebrannter Ölschiefer – wird in speziellen Öfen bei Temperaturen von etwa 800 °C hergestellt. Er weist feingemahlen ebenso ausgeprägte hydraulische Eigenschaften wie Portlandzementklinker und daneben auch puzzolanische Eigenschaften auf.

Kalkstein ist ein inerter Stoff, der keine hydraulischen oder puzzolanischen Eigenschaften hat. Kalkstein besteht als Hauptbestandteil von Zement zu mindestens 75 % aus Calciumkarbonat (CaCO₃) und darf nur geringe tonige Anteile enthalten.

den stromintensiven Mahlaggregaten ein verstärkter Stellenwert zu. Dem wurde durch die Entwicklung neuer Mahlverfahren Rechnung getragen.

Insgesamt haben Prozessinnovationen nicht nur zur Verbesserung von Teilaggregaten, sondern auch zur Kopplung und

Vernetzung der Verfahrensschritte in den Zementwerken geführt. Der gesamte Stofftransport ist mechanisiert und fast vollständig automatisiert, alle Teilaggregate müssen heute gleichzeitig eine hohe Verfügbarkeit aufweisen. Die Anlagen werden daher über integrierte, computergestützte Prozessleitsysteme gesteuert,

in die zahlreiche Mess- und Regelgrößen einschließlich umweltrelevanter Daten eingehen. Dies zeigt, dass sich die Zementindustrie zu einem bedeutenden High-Tech-Anwender entwickelt hat.

Beschäftigung, Qualifikation und Ausbildung

Im Zuge des technischen und wirtschaftlichen Wandels hat sich die Arbeitswelt in der Zementindustrie einschneidend verändert. Einerseits waren – in Verbindung mit konjunkturellen und strukturellen Veränderungen sowie der Auslagerung von Funktionen (Outsourcing) – die Produktivitätssteigerungen mit einem Verlust von Arbeitsplätzen verbunden. Andererseits sind durch die Rationalisierung der Zementproduktion schwere, heute kaum mehr vermittelbare Tätigkeiten durch moderne Arbeitsplätze mit hohen Anforderungen an die berufliche Qualifikation und Weiterbildung abgelöst worden. Letzteres trifft nicht nur auf Fach- und Führungskräfte zu, sondern auf alle Beschäftigten.

Die Zementindustrie hat in der Vergangenheit viele un- und angelernte Arbeiter beschäftigt. Heute ist die Beschäftigungsstruktur in den Zementwerken durch den hohen Automatisierungsgrad bestimmt: Rund 40 % der Belegschaften sind in der Steuerung und Kontrolle des zentralen Produktionsprozesses beschäftigt, entweder als Vorarbeiter, Meister und Produktionssteuerer auf den zentralen Leitständen oder als Anlagenkontrolleure bzw. Maschinenwärter. In den Laborbereichen, in denen Proben zur Qualitätssicherung analysiert werden, sind rund 10 % der Mitarbeiter tätig, die im Allgemeinen eine Ausbildung als Baustoffprüfer oder Chemielaborant haben. Die übrigen Beschäftigten arbeiten vor allem in der Instandhaltung und haben meist eine dreieinhalbjährige Ausbildung zum Anlagenelektroniker oder Industriemechaniker absolviert.

Vor dem Hintergrund der betrieblichen Anforderungen gewinnt die Qualifizierung der Beschäftigten in der Zementindustrie weiter an Bedeutung. Die Zementindustrie hat

Qualifizierungsinitiative der westfälischen Zementindustrie

Der Arbeitgeberverband Zement und Baustoffe sowie die Industriegewerkschaften Bauen-Agrar-Umwelt und Bergbau, Chemie, Energie und der Deutsche Gewerkschaftsbund haben 1996 ein Bündnis für Standort- und Beschäftigungssicherung in der westfälischen Zementindustrie abgeschlossen. Westfalen ist eine Hochburg der deutschen Zementindustrie: In 18 Werken wird etwa 30 % des gesamten deutschen Zementes produziert, insgesamt sind hier rund 2.500 Beschäftigte tätig. Die Qualifizierungsinitiative wurde von Arbeitgeberverband und Gewerkschaften als eine der Maßnahmen des Bündnisses angestoßen und mit Unterstützung der Landesregierung Nordrhein-Westfalen umgesetzt.

Das Ziel bestand darin, die Beschäftigten über die Inhalte hinaus, die für ihren individuellen Arbeitsplatz erforderlich sind, auch hinsichtlich anderer Funktionen einschließlich der Weiterentwicklungen im Umweltschutz zu qualifizieren. Hierzu wurden innerbetriebliche Weiterbildungsstrukturen aufgebaut, geeignete Lehrmaterialien erarbeitet sowie betriebliche Ausbilder geschult und im Zuge der von ihnen durchgeführten Qualifizierungsmaßnahmen durch ein Coaching inhaltlich und didaktisch begleitet. Insgesamt wurden elf Lehrbriefe erstellt, die von den Ausbildern zur Vorbereitung der Schulungen genutzt werden.

Bemerkenswert ist die Vielfalt der betrieblichen Schulungskonzepte, die entwickelt wurden, um den unterschiedlichen Bedürfnissen von Konzernen mit mehreren Betriebsstandorten und mittelständischen Unternehmen gerecht zu werden. Die breite Umsetzung und Mitarbeit ist vor allem auf das gemeinsame Engagement der Sozialpartner zurückzuführen: Auf diese Weise wurden sowohl Werksleitungen, leitende Angestellte und Ausbilder als auch die Belegschaften von der Qualifizierungsinitiative überzeugt.

daher auch an der Gestaltung neuer, branchenorientierter Berufsbilder aktiv mitgewirkt. Bei den gewerblichen Berufen sind hier insbesondere die Ausbildung zum Verfahrensmechaniker für die Steine- und Erden-Industrie (Fachrichtung Baustoffe) und zum Mechatroniker zu nennen. Aufgrund der „Hybrid-Ausbildung“ sollen die Absolventen unter den modernen Produktionsbedingungen flexibel eingesetzt werden.

Die steigenden Qualifikationsanforderungen führen zu guten Perspektiven in der beruflichen Erstausbildung. Im bundesweiten Durchschnitt lag die Ausbildungsquote der deutschen Zementindustrie 2001 bei 8 % und damit drei Prozentpunkte über dem Wert der gesamten deutschen Wirtschaft (4,9 %). Die Unternehmen bilden nicht nur in den gewerblichen, sondern auch in den kaufmännischen Berufen aus, insbesondere zum Industriekaufmann oder zur Industriekauffrau. Zudem wird – mit Schwerpunkt in den Hauptverwaltungen – eine Ausbildung in den neuen, informati-

onstechnisch geprägten Berufen angeboten (Fachinformatiker, IT-Systemkaufleute).

Auch auf Gemeinschaftsebene tragen verschiedene Aktivitäten dazu bei, dass der branchenspezifische Weiterbildungsbedarf gedeckt wird. Hierzu gehören die Industriemeister-Lehrgänge der Fachrichtung „Kalk/Zement“, die vom Verein Deutscher Zementwerke angeboten werden. Die Weiterbildung zum Produktionssteuerer „Zement“ richtet sich an das Leitstandspersonal in den Werken, zudem werden Seminare mit Schwerpunkten in der chemischen Analytik, im Immissionsschutz und im produktionsintegrierten Umweltschutz durchgeführt. Im Rahmen einer neueren Initiative, die ihre Ursprünge in der westfälischen Zementindustrie hat, werden Lehrmaterialien für innerbetriebliche Schulungen entwickelt, die sich an alle Werksemitarbeiter richten und berufsübergreifend über die verschiedenen Aspekte der Zementproduktion einschließlich des Umweltschutzes informieren.

Cluster und Wertschöpfungskette

Im Rahmen der Wertschöpfungskette ist die Zementindustrie mit vielen anderen Branchen wechselwirksam verflochten. Sie steht im Mittelpunkt eines industriellen Netzwerkes (Clusters), das auf die Produktion mineralischer Baustoffe ausgerichtet ist und neben den Abnehmern auch die Anbieter von Vorleistungen umfasst. Insgesamt bietet das Cluster aus Zementindustrie sowie vor- und nachgelagerten Branchen schätzungsweise rund 100.000 Arbeitsplätze in Deutschland.

Die Zementindustrie ist ein wichtiger Abnehmer von Vorleistungen in Form von Energie (Brennstoffe, Strom), Ausrüstungsgütern (Maschinen, Anlagen) und produktionsnahen Dienstleistungen (Transporte, Wartungsarbeiten, Engineering etc.). Die Bedeutung der Vorleistungen für die Beschäftigung in den betreffenden Branchen hat das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung anlässlich eines Gutachtens im Auftrag des Umweltministeriums von Nordrhein-Westfalen ermittelt: Danach entfallen auf jeden Arbeitsplatz im Zementwerk Lengerich 3,2 zumindest anteilig abhängige Stellen bei zuliefernden Unternehmen (HEIMER UND HERBSTREIT/DIW 1997). Eine kürzlich durchgeführte, detaillierte empirische Analyse zeigt, dass jedem direkten Arbeitsplatz am Standort Lengerich 1,1 indirekte Vollzeitstellen im Bereich der Vorleistungen entsprechen (LÖCKENER/SUNDMACHER 2001). Diese Werte können aufgrund werks- und unternehmensspezifischer Organisationsstrukturen zwar nicht einfach auf die gesamte Zementindustrie übertragen werden. Dennoch machen die genannten Berechnungen deutlich, dass die Beschäftigungseffekte der Zementindustrie weit über die in der Branche selbst tätigen Personen hinausgehen.

Die Herstellung von Investitionsgütern, die zur Baustoff- und insbesondere zur Zementproduktion (Ofen-, Filter-, Mahl- und Fördertechnik, zudem Labor-, Elektro-, Mess- und Regeltechnik) benötigt werden, ist eine Domäne des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus. Allein für Westfa-

Modernisierung der ostdeutschen Zementindustrie

Die DDR gehörte zu den Staaten mit der höchsten Zementproduktion je Einwohner in Europa. 1989 wurden in der DDR 11,7 Mio. t Zement produziert, die Kapazität lag bei ca. 17 Mio. t pro Jahr, die Zahl der Beschäftigten bei über 11.000. Insgesamt wurden an zehn Standorten 34 Öfen betrieben, hinzu kamen zwei kleinere Anlagen, die mit dem so genannten Gips-Schwefelsäure-Verfahren betrieben wurden. Die Produktionstechnik war in den meisten Werken vollkommen veraltet, die Umgebung vor allem durch den Staubausstoß stark belastet.

Nach der Vereinigung der beiden deutschen Staaten wurde die ostdeutsche Zementindustrie innerhalb weniger Jahre grundlegend modernisiert. Betrachtet man ausschließlich die Anlagen zur Zementherstellung ohne nachgelagerte Verarbeitungsschritte (z. B. Betonherstellung), so wurden in den 1990er Jahren insgesamt rund 1,5 Mrd. € investiert. Neben vier großen bzw. international tätigen Unternehmen (Standorte Bernburg, Deuna, Karsdorf und Rüdersdorf) engagierten sich unter anderem auch drei mittelständische Unternehmen, die gemeinsam das Mahlwerk Berlin sanierten. Anstelle von ehemals zehn Werken werden heute neun betrieben, davon vier als integrierte Werke mit Klinkerproduktion.

Ziele der Modernisierung waren die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit, die Verbesserung der Arbeitsbedingungen und die Verminderung der Umweltbelastungen. Je nach spezifischer Ausgangslage wurden Produktionslinien neu errichtet oder bereits bestehende, relativ effiziente Anlagen umfassend saniert. In allen Fällen wurden innovative Technologien eingesetzt. Beispiele sind die Errichtung einer zirkulierenden Wirbelschicht zur Verwertung von sekundären Roh- und Brennstoffen in Rüdersdorf oder der Neubau eines Mischturms zur Produktion kundenspezifischer Bindemittel in Karsdorf. Heute gehören die ostdeutschen Zementwerke zu den modernsten Anlagen weltweit.

Im Zuge der Investitionsmaßnahmen wurden die Umweltbelastungen drastisch verringert. Augenfälliges Beispiel ist die Verminderung der Staubemissionen, die um rund 99 % gesenkt werden konnten. Der spezifische Brennstoffverbrauch zur Klinkerherstellung konnte insgesamt um über 30 % reduziert werden. Erhebliche Verbesserungen wurden auch beim Stromverbrauch, bei den Lärmemissionen sowie bei der Rekultivierung und Renaturierung erzielt.

Allerdings hatte der Modernisierungsprozess erhebliche Auswirkungen auf die Beschäftigung. Die Zahl der direkten Beschäftigten in den Werken liegt heute bei 10-15 % des Wertes von 1989. Dies ist nicht nur auf Rationalisierungseffekte, sondern auch auf die Anpassung der Kapazitäten (derzeit etwa 11 Mio. t Zement) an die Nachfrage sowie auf das Outsourcing sowohl vor- bzw. nachgelagerter als auch völlig branchenfremder Tätigkeiten zurückzuführen. In der Folge entstanden – z. T. mit aktiver Unterstützung der Zementhersteller – im Umfeld der Standorte zahlreiche neue Arbeitsplätze, die teilweise heute noch mit der Zementproduktion verbunden sind.

len, der Region mit der weltweit höchsten Anbieterdichte, wurde die Anzahl der entsprechend spezialisierten Arbeitsplätze auf etwa 6.000 geschätzt (LÖCKENER 1996). Neben einem der weltweit führenden Systemanbieter mit Sitz in Beckum (der zweite deutsche Anbieter hat seinen Sitz in Köln) sind zahlreiche mittelständische Zulieferer mit einem außerordentlich hohen Exportanteil in dieser Region ansässig. Ob-

wohl die deutschen Zementwerke heute nicht mehr die Hauptabnehmer dieser Unternehmen sind, stellt deren kontinuierliche Nachfrage immer noch einen erheblichen wirtschaftlichen Faktor dar. Hinzu kommt, dass die deutschen Zementwerke traditionell eine besondere Rolle bei der Entwicklung, Erprobung und Einführung neuer Verfahrenstechniken spielen, die dann weltweit vermarktet werden. Dies gilt

3 Beiträge zur Nachhaltigkeit in der Wertschöpfungskette des Zements

3.1 Rohstoffgewinnung

Rohstoffbedarf und Versorgungssicherheit

Die Gewinnung der für die Zementproduktion wichtigsten Rohstoffe (Kalkstein und Ton bzw. deren natürlich vorkommendes Gemisch, der Kalkmergel) ist die erste Stufe des Herstellungsprozesses und damit integraler Bestandteil der Wertschöpfungskette. Für die Klinkerproduktion wurden in den vergangenen Jahren in Deutschland zwischen 40 und 45 Mio. t Rohmaterial abgebaut (vgl. BDZ/VDZ 2002c). Der Umgang mit mineralischen Rohstoffen – hierzu gehören neben den für die Zementherstellung notwendigen Materialien u. a. auch Kies und Sand für die Beton- bzw. Mörtelproduktion – ist für die Entwicklung einer Nachhaltigkeitsstrategie von großer Bedeutung: Rohstoffgewinnung stellt einerseits die materielle Basis der heutigen Bauwirtschaft dar, andererseits ist sie mit Eingriffen in das Landschaftsgefüge verbunden. Letzteres führt zunehmend zu Konflikten mit anderen Belangen und Flächenansprüchen. Vor diesem Hintergrund hat sich auch die Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages mit der Gewinnung mineralischer Rohstoffe befasst und folgert dabei u. a.:

„Die im Auftrag der Kommission durchgeführte Stoffstrom-Studie wie auch die Untersuchungen im Auftrag des Bundesforschungsministeriums zeigen, dass der Materialbedarf für den Hochbau noch über viele Jahrzehnte weitgehend über die Gewinnung von Mineralstoffen gedeckt werden muss, da Sekundärmaterialien aus Recyclingprozessen im Hochbau nur einen geringen Prozentsatz des Bedarfes decken können.“

(ENQUETE-KOMMISSION 1998)

Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass Kalksteine nicht nur eine Grundlage zur Erzeugung von Baustoffen für den Hoch- und Tiefbau sind, sondern auch für andere Branchen einen unverzichtbaren Rohstoff darstellen. Dies gilt u. a. für die Stahlindustrie (bei der Roheisenerzeugung), die Chemische Industrie (u. a. für die Herstellung von Düngemitteln), die Glasindustrie, die

Wasserwirtschaft (Reinigung von Wasser) und den Umweltschutz (u. a. Rauchgasentschwefelung). Entsprechende Reststoffe bzw. Koppelprodukte kommen im Sinne einer Kreislaufwirtschaft als sekundäre Materialien bei der Zementherstellung zum Einsatz (siehe unten).

Eine nachhaltige volks- bzw. bauwirtschaftliche Versorgung hängt maßgeblich von den betrieblichen bzw. betriebswirtschaftlichen Anforderungen der Unternehmen ab, die mineralische Rohstoffe gewinnen und zu Baustoffen weiterverarbeiten. So bedarf die Herstellung von 1 t Zementklinker etwa 1,6 t Rohmaterial (der

Massenverlust erklärt sich vor allem durch das Austreiben des im Kalkstein gebundenen Kohlendioxids bei der Zementklinkerherstellung). Hinzu kommt, dass der Transport der Rohstoffe aufgrund ihres Gewichts sehr kostenintensiv ist. Obwohl es – etwa bei der Zufuhr von hochwertigem Kalkstein als Korrekturmateriale – gewisse Ausnahmen gibt, liegen Zementwerke mit Klinkerherstellung deshalb in der Regel in unmittelbarer Nähe der ihrerseits standortgebundenen Lagerstätten. Dies hat nicht nur ökonomische sondern auch ökologische Vorteile, weil Umweltbelastungen durch Transporte vermieden bzw. begrenzt werden können. Aus betriebswirtschaftl-

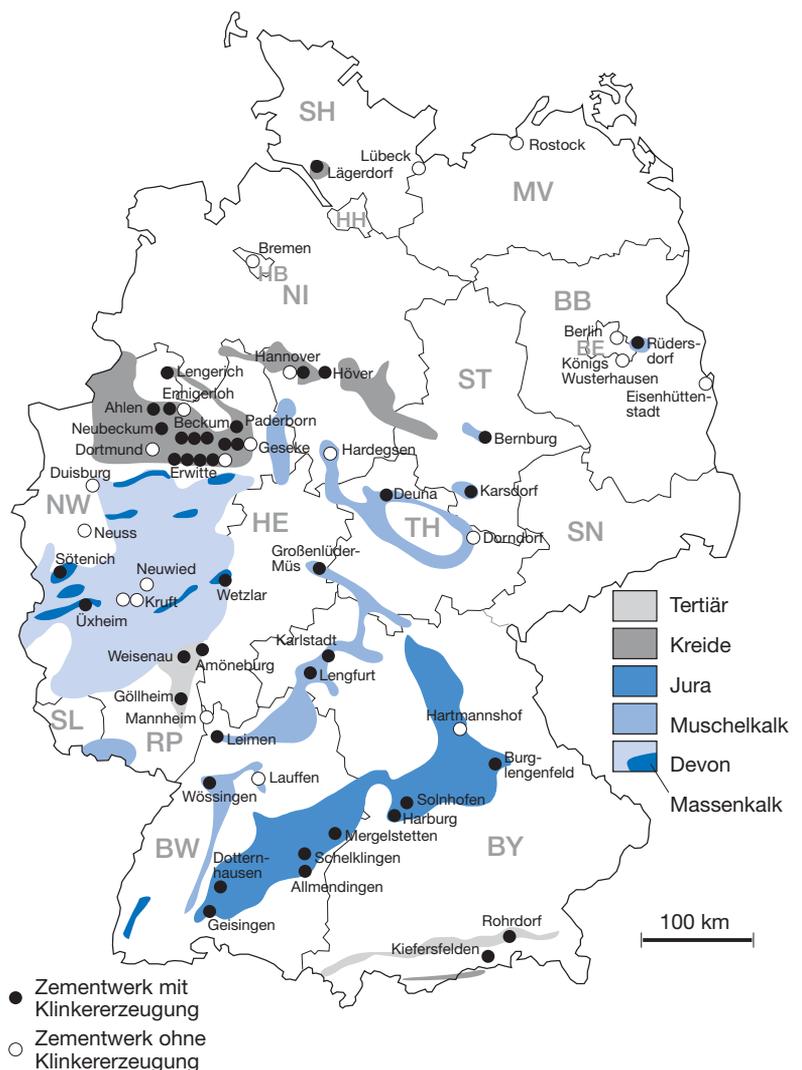


Abb. 7: Lagerstätten und Standorte von Zementwerken (Quelle: BDZ/VDZ 2002c)

Tab. 3: Substitutionseffekte und -potenziale im Jahr 2000 (Prozentangaben gerundet)

Produktionsstufe	Art der Einsatzstoffe	Anteile	Tendenz
Klinkerherstellung	Rohstoffe		
	Natürliche Rohstoffe	95 %	→
	Sekundäre Rohstoffe / Asche	5 %	→
	Brennstoffe		
Klinkerherstellung	Primäre Brennstoffe	77 %	↘
	Sekundäre Brennstoffe	23 %	↗
Zementmahlung	Hauptbestandteile		
	Zementklinker	79 %	↘
	Summe anderer Hauptbestandteile	17 %	↗
	Sulfatträger		
	Gips / Anhydrit	75 %	→
Zementmahlung	REA- / Industriegipse	25 %	→

(Quelle: BDZ/VDZ 2002c)

cher Sicht ist eine langfristige Rohstoffsicherung unverzichtbar, weil die Zementherstellung besonders kapitalintensiv ist und sich umfangreiche Investitionen nur über entsprechende Zeiträume amortisieren (siehe Ausführungen in Kapitel 2).

Substitutionspotenziale

Häufig wird die Frage aufgeworfen, ob die Rohstoffgewinnung zur Produktion zementgebundener Baustoffe durch den verstärkten Einsatz nachwachsender Baustoffe oder ein verstärktes Recycling von Bauabfällen vermindert werden kann.

Zunächst muss bezweifelt werden, dass die Marktanteile nachwachsender Baustoffe so zunehmen, dass der Rohstoffbedarf für die Zement- und Betonproduktion sinkt. In vielen Baubereichen – wie z. B. dem Tiefbau – kann Beton schon aus technischen Gründen nicht ersetzt werden. Selbst wenn der Baustoff Holz Marktanteile im Eigenheimbau gewinnen könnte, würde dies den Zementverbrauch kaum verringern. So hat das DIW errechnet, dass sich die Zementproduktion in Deutschland auch bei starker Zunahme der Holzbauweise und gleichzeitigem Verzicht auf eine Unterkellerung nur um rund 1 % verringern würde (Heimer und Herbstreit/DIW 1997). Auf die Potenziale zementgebundener Baustoffe (Systembauweise etc.) wird an anderer Stelle eingegangen (siehe Kapitel 3.4).

Das Recycling von Beton und anderen Baustoffen hingegen stellt einen wichtigen Beitrag in der Wertschöpfungskette des Zements dar, führt jedoch nicht zu einer Verminderung des Zementbedarfs: Beton mit recycelten Gesteinskörnungen schont zwar Kies- und Sandressourcen, bedarf aber seinerseits des Bindemittels Zement. Je nach Ausgangsfraktion (Betonbruch, Betonbrechsande, Ziegelsplitt etc.) und angestrebter Betonqualität kann der Zementbedarf für Beton mit recycelten Gesteinskörnungen sogar ansteigen, weil nur so bestimmte Eigenschaften des Betons – insbesondere die notwendigen Festigkeiten – erreichbar sind (siehe Kapitel 3.3). Zement, der als Bindemittel zur Betonherstellung eingesetzt wurde, lässt sich nicht mehr recyclieren. Versuche, nicht hydratisierte Reste des Zementsteins zu separieren, stellen mit Blick auf Output, spezifischen Energiebedarf und Bindemittelqualität zumindest aus heutiger Sicht keine technisch durchführbare, ökologisch und ökonomisch zielführende Option dar.

Allerdings trägt die Zementindustrie ihrerseits mit der Verwendung sekundärer Einsatzstoffe zur Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft bei. Insgesamt wurde im Jahr 2000 bereits rund ein Fünftel der natürlichen Rohstoffe für die Klinkerproduktion durch sekundäre Einsatzstoffe und industrielle Neben- bzw. Koppelprodukte ersetzt. So werden hier Kalkschlämme aus der Trinkwasseraufbereitung, Gießereisande oder Flugaschen aus der Entstaubung von Kohlekraftwerken verwertet. Sie

enthalten als Hauptbestandteile Siliciumdioxid, Aluminiumoxid, Eisenoxid und/oder Calciumoxid und werden mit den natürlichen Rohstoffen so kombiniert, dass die Anforderungen an die Klinkerqualität erfüllt werden. Aufgrund des begrenzten Angebots geeigneter Stoffe lag der Anteil von Sekundärrohstoffen am Input der Klinkerproduktion im Jahr 2000 branchenweit nur bei 3,6 % (einschließlich Aschen: rund 5 %). Die Substitutionspotenziale hängen dabei auch von den geologischen Voraussetzungen der jeweiligen Produktionsstandorte ab. Sie sind bei Zementwerken mit sehr kalkreichen Lagerstätten generell höher einzuschätzen als bei Werken, die Kalkmergel verarbeiten.

Bei der Zementmahlung werden hingegen deutlich höhere Substitutionseffekte erzielt. Die größte Bedeutung hat dabei Hüttensand (granulierte Hochofenschlacke), ein Koppelprodukt der Roheisenerzeugung. Hüttensand ist ein latent hydraulischer Stoff, der mit Hilfe von Zementklinker und Gips alkalisch bzw. sulfatisch angeregt werden kann, so dass er in technisch nutzbarer Zeit erhärtet. Er wird daher mit Zementklinker und Gips zu Hütten- oder Hochofenzement vermischt bzw. vermahlen. Dadurch lassen sich nicht nur natürliche Rohstoffe schonen, sondern auch die CO₂-Emissionen senken, die mit der Klinkerherstellung verbunden sind (siehe hierzu Kapitel 3.2). Im Jahr 2000 hat die deutsche Zementindustrie etwa 4,3 Mio. t Hüttensand bei der Zementmahlung eingesetzt, d. h. rund 6,9 Mio. t natürliche Rohstoffe für die Klinkerproduktion eingespart. Abgesehen von logistischen Anforderungen und Aktivitäten zur Steigerung der Marktakzeptanz, die den Zementherstellern erhebliche Anstrengungen und Investitionen abverlangen, ist die Verfügbarkeit von Hüttensand begrenzt. So wurden im Jahr 2000 bereits rund 80 % des in Deutschland erzeugten Hüttensands für die Herstellung entsprechender „Komposit“-Zemente genutzt.

Ein weiterer Beitrag zur Schonung natürlicher Rohstoffressourcen bzw. zur Kreislaufwirtschaft ist die Substitution der Sul-

fatträger Gips und/oder Anhydrit, die mit einem Anteil von etwa 5 M.-% zur Steuerung des späteren Erstarrungsverhaltens bei der Zementmahlung zugesetzt werden. Hier stammten im Jahr 2000 rund 25 % aus der Rauchgasentschwefelung von Kohlekraftwerken (REA-Gips) oder aus anderen industriellen Prozessen (z. B. der Porzellanherstellung).

Flächenbedarf und Raumnutzung auf Zeit

Angesichts der auch in Zukunft notwendigen Rohstoffgewinnung stellt sich die Frage nach Umfang und Art des Flächenbedarfs der deutschen Zementindustrie. Hierbei ist zunächst zu unterscheiden zwischen:

- der langfristigen Flächenbevorratung, für die Zementhersteller Flächen geeigneter Lagerstätten erwerben,
- Abbauflächen in der amtlichen Statistik, die auf Beantragungen mehrjährig geltender Abbaugenehmigungen beruhen,
- dem konkreten jährlichen Flächenbedarf zum faktischen Abbau von Rohstoffen.

Die für die Gewinnung sämtlicher oberflächennaher Rohstoffe (einschließlich Braunkohle und Torf) genehmigten Flächen umfassten nach Angaben des Statistischen Bundesamtes 1997 in Deutschland 1.760 km², was rund 0,5 % der Landesfläche entspricht. Diese Angabe beinhaltet auch zum Abbau vorbereitete Flächen, zum Teil bereits abgebaute Flächen und Sicherheitsstreifen, die u. a. aufgrund der Mindestabstände zu Siedlungen und Verkehrswegen erforderlich sind. Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe hat unlängst eine Schätzung über den faktischen Flächenbedarf der Gewinnung oberflächennaher Rohstoffe für das Jahr 1997 vorgenommen (BGR 2000). Danach ergibt sich aufgrund des Abbaus von 42,4 Mio. t Kalk- bzw. Kalkmergelstein für die Herstellung von Zementklinker bei Annahme einer Schüttdichte von 2,6 t/m³ und einer durchschnittlichen, eher zu niedrig angesetzten Abbaumächtigkeit von 25 m ein Flächenäquivalent von 0,652 km². Dies entspricht weniger als 0,0002 % der gesamten deutschen Landesfläche. Selbst wenn man den Kies- und Sandabbau für die Beton- und Mörtelproduktion hinzunimmt, ergeben sich im Vergleich zu anderen Nutzungstypen niedrige Werte. Insgesamt hat der Abbau oberflächennaher Rohstoffe (inklusive Braunkohle und Torf) 1997

weniger als 0,01 % der gesamten Landesfläche beansprucht (vgl. Tab. 4).

Trotz des geringen bundesweiten Flächenbedarfs, den die Rohstoffgewinnung zur Zementherstellung erfordert, nehmen die Konflikte mit anderen Nutzungsformen zu. Dabei wird nicht selten die Forderung nach einer Verlagerung von Rohstoffgewinnung und Zementherstellung erhoben. Abgesehen von den damit verbundenen ökologischen und ökonomischen, struktur- und beschäftigungspolitischen Friktionen steht aber fest, dass eine Verlagerung an Standorte mit geeigneten Lagerstätten ohne Konflikte mit anderen Belangen in Deutschland kaum noch möglich ist. Dies bestätigt das bereits zitierte Gutachten, das im Auftrag des NRW-Umweltministeriums vorgelegt wurde. Die Verfasser kommen zu dem Ergebnis, dass bei fast allen Lagerstätten, die als Standorte für Zementwerke geeignet wären, ein erhebliches Konfliktpotenzial zwischen Rohstoffgewinnung und Naturschutz besteht (vgl. HEIMER UND HERBSTREIT/ DIW 1997).

Flächenverknappung, Überplanung und Nutzungskonflikte machen eine Erweiterung oder einen Neuaufschluss von Abbauflächen zunehmend schwieriger. In Zukunft drohen daher Engpässe in der Roh-

Tab. 4: Flächenbedarf für den Abbau oberflächennaher Rohstoffe im Jahr 1997 (Quelle: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe 2000)

	Tonnage [t]	Schüttdichte [t/m ³]	Volumen- äquivalent [m ³]	Ø Abbaumächtigkeit [m]	Flächen- äquivalent [km ²]
Bausand, Baukies	374.500.000	1,8	208.055.556	15	13,870
Quarzsande	13.500.000	1,8	7.500.000	15	0,500
Gebrochene Natursteine	203.000.000	2,6	78.076.923	25	3,123
Kalk- und Dolomitsteine	72.100.000	2,6	27.730.769	25	1,109
Kalkstein für Zement	42.400.000	2,6	16.307.692	25	0,652
Tone	30.200.000	2,2	13.727.273	10	1,372
Rohkaolin	4.100.000	2,2	1.863.636	10	0,186
Gips- und Anhydritstein	4.800.000	2,0	2.400.000	10	0,240
Braunkohle, Rheinland	99.200.000	1,3	76.307.692	35	2,180
Braunkohle, Lausitz	59.400.000	1,3	45.692.307	11	4,154
Braunkohle, Mitteldeutschland	14.400.000	1,3	11.076.923	11	1,007
Braunkohle, Helmstedt	3.900.000	1,3	3.000.000	11	0,273
Torf	./.	./.	10.000.000	2,5	4,000
Summe					32,667

stoffversorgung. Dies erkennt auch die zweite Enquete-Kommission des Bundestages ausdrücklich an:

„Entsprechende Grundstoffe wie Sand, Kies, Kalk stehen in einigen Regionen Deutschlands nur noch mittelfristig in ausreichenden Mengen zur Verfügung, da viele Lagerstätten durch andere Ausweisungen blockiert sind. Die Sicherung durch Festlegung in Landes- und Regionalplänen ist zwar derzeit ausreichend. Es stellt sich aber die Frage, inwieweit in Zukunft eine Ausweisung von Vorrats- und Vorrangflächen für die Gewinnung von Mineralstoffen über die heute übliche Sicherung durch Gebietsentwicklungspläne oder Landesentwicklungspläne hinaus erforderlich wird.“

(ENQUETE-KOMMISSION 1998)

In diesem Zusammenhang muss berücksichtigt werden, dass die Gewinnung oberflächennaher Rohstoffe eine Raumnutzung auf Zeit darstellt: Die entsprechenden Flächen werden nicht dauerhaft blockiert, sondern stehen nach der dynamischen, im Allgemeinen etappenweise durchgeführten Abbautätigkeit wieder für andere Nutzungszwecke zur Verfügung. Dies unterscheidet die Flächeninanspruchnahme der Zementindustrie und anderer abgrabender Branchen grundlegend von anderen Nutzungsformen. Die Abbaufelder der Zementindustrie stehen einer nachhaltigen Entwicklung nicht im Wege, sondern lassen sich in verschiedene Entwicklungs- und Raumnutzungskonzepte einpassen (vgl. die Ausführungen zur Folgenutzung weiter unten).

Landes- und Regionalplanung

Abbauvorhaben müssen mit den Grundsätzen und Zielen der Raumordnung und Landesplanung übereinstimmen. Für eine vorsorgende Sicherung der Rohstoffe ist eine Ausweisung geeigneter Lagerstätten bzw. Rohstoffgebiete in der Landes- und Regionalplanung von großer Bedeutung, zumal die raumordnerischen Ziele erheblichen Einfluss auf die Beurteilung der Genehmigungsfähigkeit von Abbauvorhaben durch die Behörden haben. Im Unterschied zu Fachplanungen für andere Belange (z. B.

für den Naturschutz) gibt es in Deutschland keine spezifische bzw. explizite Planung zur Sicherung der u. a. für die Zementproduktion notwendigen mineralischen Rohstoffe. Immerhin stellt die Rohstoffsicherung einen Grundsatz des Bundesraumordnungsgesetzes dar, der in der Landes- und Regionalplanung berücksichtigt werden muss. Im Gesetz heißt es:

„Für die vorsorgende Sicherung sowie die geordnete Aufsuchung und Gewinnung von standortgebundenen Rohstoffen sind die räumlichen Voraussetzungen zu schaffen.“

(§ 2 Abs. 2 Satz 9 ROG)

Mit Vorrang-, Vorbehalts- und Eignungsgebieten unterscheidet das Raumordnungsgesetz dabei drei Gebietskategorien, mit deren konsequenter textlicher und kartographischer Umsetzung eine nachhaltige Rohstoffsicherung in der Landes- und Regionalplanung besser als bisher erfüllt und Nutzungskonflikte vermieden werden könnten. Die Landes- und Regionalplanung ist in den einzelnen Bundesländern sehr unterschiedlich geregelt und organisiert. Zwar finden sich in den Landesentwicklungsprogrammen grundsätzliche Aussagen zur Rohstoffsicherung, eine konkrete Zielfestlegung und Darstellung von Rohstoffgebieten für die Zementindustrie erfolgt aber in der Regel erst durch die Regionalplanung.

Für die Absicherung geeigneter Lagerstätten ist die Regionalplanung in der Praxis bisher nur eingeschränkt geeignet. Vor allem greift der Planungshorizont im Allgemeinen zu kurz. Eine längerfristige Planung ist in mehrfacher Hinsicht wünschenswert: für eine volkswirtschaftlich nachhaltige Baustoffversorgung, für die Investitionssicherheit zumal der kapitalintensiven Zementindustrie und für eine faire Abstimmung der verschiedenen Nutzungsansprüche. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass durch eine längerfristige Planung zwar latente Nutzungskonflikte deutlicher werden, die erhöhte Sicherheit jedoch für alle Nutzungsansprüche letztlich vorteilhaft ist.

Die Beförderung einer nachhaltigen Entwicklung ist in den vergangenen Jahren

auch zum Leitbild für die Landes- und Regionalplanung geworden (vgl. § 1 Abs. 2 Satz 1 ROG). Neben inhaltlichen Aspekten spielen dabei Moderation und Mediation zwischen verschiedenen Interessen sowie die kooperative Erarbeitung von Planungsempfehlungen eine zunehmende Bedeutung. Entsprechend breit angelegte Verhandlungsprozesse sind sicherlich in vielen Fällen eine Belastung für die Unternehmen, implizieren mit Blick auf den ohnehin steigenden Abstimmungsbedarf und die Defizite des jetzigen Planungssystems aber auch Chancen für eine weitsichtige Rohstoffsicherung.

Vor diesem Hintergrund sind an einzelnen Standorten der Zementindustrie in Zusammenarbeit mit den Vertretern anderer Interessengruppen ergänzende Instrumente auf freiwilliger Basis entwickelt worden. Ein Beispiel ist die Gesamtrekultivierungsplanung in der Stadt Beckum: Hier wurde erstmals 1979 ein Plan erstellt, mit dem die Rohstoffgewinnung von (zum Zeitpunkt der Erstellung) sieben Zementwerken mit den Entwicklungsbedürfnissen der Kommune abgestimmt wurde. Der Gesamtrekultivierungsplan wurde im Jahr 2001 zwischen der Kommune und den derzeit vier abgrabenden Unternehmen überarbeitet und aktualisiert.

Genehmigungsrecht und umweltverträgliche Rohstoffgewinnung

Auch die genehmigungsrechtlichen Rahmenbedingungen der Rohstoffgewinnung sind äußerst komplex und variieren erheblich. Die wichtigsten Grundlagen für die Abbaustätten der Zementindustrie sind das Immissionsschutzrecht, das Naturschutzrecht, das Wasserhaushaltsrecht und das Baurecht sowie – in Ostdeutschland – das Bergrecht. Neben den diversen bundes- und landesrechtlichen Bestimmungen kommt europäischen Vorgaben eine zunehmende Bedeutung zu. Dies gilt zum Beispiel für die Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie, die von den Mitgliedstaaten der EU durch Meldung bzw. Ausweisung naturschutzfachlich geeigneter Gebiete umgesetzt werden muss.

Für das Genehmigungsverfahren müssen abgrabende Unternehmen in der Regel eine Umweltverträglichkeitsstudie nach dem UVP-Gesetz vorlegen. Dabei werden alle Auswirkungen eines Vorhabens auf Menschen, Tiere und Pflanzen, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft sowie auf Kultur- und sonstige Sachgüter (einschließlich ihrer Wechselwirkungen) berücksichtigt. Zusätzlich kann die zuständige Genehmigungsbehörde spezielle Ausarbeitungen einfordern, zum Beispiel schalltechnische Analysen über mögliche Lärmbelastigungen, hydrogeologische Gutachten über potenzielle Auswirkungen der Abbautätigkeit auf das Grundwasser oder naturschutzfachliche Untersuchungen über bestimmte Tier- und Pflanzenarten.

Auf dieser Basis wird der Antrag für die Aufnahme oder Erweiterung der Abbautätigkeit geprüft und festgelegt, welche Maßnahmen die Unternehmen durchführen müssen und welche Beschränkungen ihnen auferlegt werden. Abbautechnik und Abbauführung werden – auch mit Blick auf Umweltschutz und Nachbarschaften – in einem Abbauplan festgelegt. Umfangreiche Anforderungen resultieren nicht zuletzt aus der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung. Danach muss jeder Eingriff in Natur und Landschaft auf der Grundlage vorgegebener, von den Bundesländern unterschiedlich definierter Schemata bewertet und mindestens in gleichem Umfang durch Ausgleichs- bzw. Ersatzmaßnahmen kompensiert werden. Auch für die Rekultivierungs- bzw. Renaturierungsmaßnahmen nach Abschluss der Abbautätigkeit gibt es daher entsprechende Festlegungen (Rekultivierungspläne, landschaftspflegerische Begleitpläne etc.).

Insgesamt gehören Maßnahmen des Natur- und Umweltschutzes heute zu den umfangreichsten Pflichten der Betreiber von Abbaustätten. Während das Ziel einer umweltverträglichen Rohstoffgewinnung außer Zweifel steht, sind die zunehmende Rechtszersplitterung sowie die damit verbundene Intransparenz weder ökonomisch noch ökologisch zielführend, zumal sie schon im Bundesgebiet erhebliche Wettbewerbsverzerrungen implizieren können.

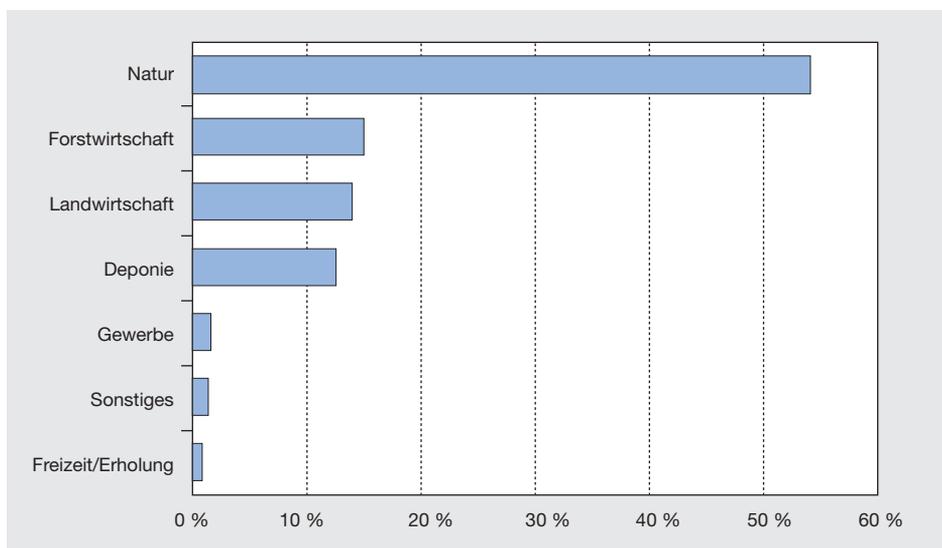


Abb. 8: Anteil der Folgenutzungstypen an der Gesamtfläche der Folgenutzung (Quelle: BDZ/VDZ 2001)

Dies gilt um so mehr, als verfahrenstechnische Entwicklungen und freiwillige Maßnahmen der Unternehmen ihrerseits zu einer möglichst umweltschonenden Abbauführung und Gewinnung beitragen. Neben naturschutzorientierten Aktivitäten (siehe unten) lässt sich dabei auf folgende Beispiele verweisen:

- Konventionell erfolgt die Gewinnung fester Gesteine mittels Bohren und Sprengen. Die dabei entstehenden Bodenerschütterungen und Lärmemissionen sind durch moderne Verfahren (Verwendung von Zündzeitverzögerern) und/oder organisatorische Maßnahmen (Verringerung der Abbauwand- bzw. Strossenhöhen etc.) erheblich reduziert worden. Hier ist auch in Zukunft mit Weiterentwicklungen zu rechnen. Wo geologisch möglich, werden zudem auch andere Verfahren wie insbesondere das Reißen (Ripping) durch leistungsstarke Großgeräte (Hydraulikbagger oder Raupen) genutzt.
- Im engeren Tagebaubetrieb überwiegen Ladung und Transport mittels Hydraulikbagger bzw. Radlader und Schwere Lastkraftwagen (SLKW), während der Weitertransport ab den Vorebrechaggregaten durch Förderbänder erfolgt.

Statt Förderbändern werden mitunter auch andere Transportmittel wie z. B. Seilbahnen eingesetzt. Aufgrund der geologisch, aber auch umweltpolitisch bedingten Unterschiede in der Abbauführung (Hangabbau, Abbau nach der Teufe) werden die Betriebsmittel unterschiedlich kombiniert. Grundsätzlich gilt, dass der spezifische Energieeinsatz und die Lärmemissionen des Equipments erheblich gesenkt werden konnten. So verlaufen z. B. die Förderbänder teilweise gekapselt oder unterirdisch, auch wurde der Kraftstoffverbrauch der Großgeräte in den vergangenen Jahren schon aus Kostengründen erheblich reduziert.

- Als Basis der kapitalintensiven Zementproduktion sind die Rohstoffe ein kostbarer Produktionsfaktor. Durch parallelen Abbau unterschiedlicher Gesteinsqualitäten (selektiver Abbau) und eine aufwendige Homogenisierung werden die Lagerstätten so effektiv wie möglich genutzt und der Anfall von nicht nutzbarem Material minimiert. Falls sinnvoll, wird die Produktpalette eines Werks um Erzeugnisse mit anderen Materialanforderungen (z. B. Branntkalk oder Schotter) ergänzt. Zur Optimierung der Tagebauplanung und

der Prozesse werden computergestützte Programme genutzt, die betriebliche und umweltspezifische Aspekte berücksichtigen (Qualitätssteuerung, effizienter Geräteeinsatz, Minimierung der hydrologischen Effekte etc.). Mit Hilfe dreidimensionaler Simulationsmodelle lässt sich der geplante Abbauvortrieb einschließlich Rekultivierung bzw. Renaturierung zur Verdeutlichung der landschaftsästhetischen Effekte detailgetreu visualisieren.

Folgenutzung und Naturschutz

Abbauflächen müssen nach ihrer Stilllegung von den Unternehmen hergerichtet werden – in welcher Weise dies geschieht, wird bereits im Rahmen der Abbaugenehmigung festgelegt. Grundsätzlich kommen hier verschiedene Möglichkeiten in Betracht, am häufigsten sind die Rekultivierung und die Renaturierung. Während unter Rekultivierung die Wiederherrichtung der Flächen insbesondere für die Land- oder Forstwirtschaft verstanden wird, bezeichnet Renaturierung die Vorbereitung und Flankierung einer natürlichen oder naturnahen Entwicklung (Sukzession) von Flora und Fauna.

Aufgrund der zunehmenden Bedeutung entsprechender Fragestellungen hat die deutsche Zementindustrie im Rahmen eines naturschutzfachlichen Gesamtprojektes eine Umfrage durchgeführt und von einschlägig qualifizierten Wissenschaftlern auswerten lassen (BDZ/VDZ 2001). Die Auswertung gibt u. a. erstmals umfassend Auskunft über die Vor- und Folgenutzung der Abbauflächen. Bei der Umfrage konnte eine Rücklaufquote von 100 % erzielt werden, so dass sich die Datenbasis auf alle Werksstandorte mit Klinkerproduktion und eigenen Abbaustätten bezieht.

Danach zeigt sich, dass die Folgenutzung Naturschutz auf einen Flächenanteil von 53,7 % kommt (Abb. 8). Forstliche und landwirtschaftliche Rekultivierung folgen bei fast identischen Anteilen mit zusammen 29,7 %. Letztere müssen durchgeführt werden, wenn ein Grundeigentümer die zwischenzeitlich zur Rohstoffgewin-

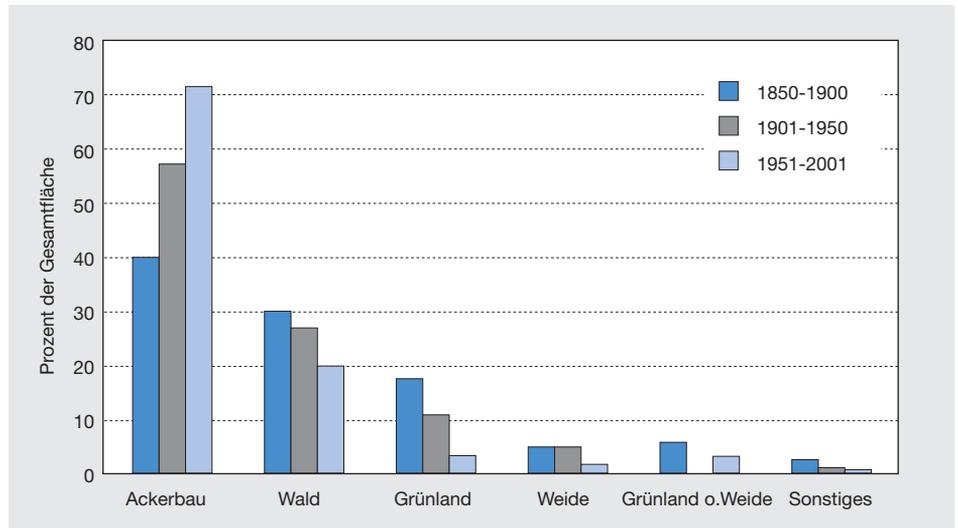


Abb. 9: Nutzungstypen vor dem Abbau, differenziert nach 50-Jahreszeiträumen (Quelle: BDZ/VDZ 2001)

nung genutzten Flächen für die Fortführung eines land- oder forstwirtschaftlichen Betriebs benötigt. Der Anteil von Deponieflächen (Reifen-, Hausmüll- und Erddeponien) beträgt bei abnehmender Tendenz bundesweit 13,3 %, während andere Nutzungstypen – wie z. B. Freizeit und Erholung (0,7 %) – bei den stillgelegten Flächen der Zementindustrie quantitativ nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Während bei der Folgenutzung der Naturschutz dominiert, tritt bei der Vornutzung der Ackerbau, d. h. eine im Allgemeinen intensive Form der Landwirtschaft, mit einem Anteil von 54,9 % in den Vordergrund. Auf die forstwirtschaftliche Vornutzung entfallen 26,3 %, Grünland- und Weidenutzung kommen als weitere landwirtschaftliche Nutzungsformen zusammen auf einen Anteil von 17,5 %. Eine Detailauswertung zeigt, dass die ackerbauliche Vornutzung bei gleichzeitig sinkendem Anteil der Wald- und Weidenutzung kontinuierlich zugenommen hat und seit den 1950er Jahren bei über 70 % liegt (vgl. Abb. 9).

Die Auswertung der Umfrage zeigt zudem, dass nur 32 % der stillgelegten und 27 % der betriebenen Abbaustätten keinerlei Berührungspunkte mit bereits bestehenden oder planerisch vorgesehenen Natur-, Landschafts- und Wasserschutzflächen ha-

ben. Mitunter liegen sogar Naturschutzgebiete innerhalb betriebener Abbaustätten. Dies zeigt einerseits, dass in Deutschland ein dichtes Schutzgebietsnetz aufgebaut wurde, und andererseits, dass ein Interessenausgleich möglich ist.

Heute ist fachlich unbestritten, dass stillgelegte Abbaustätten als Rückzugsgebiete und Sekundärbiotop eine positive Rolle für den Natur- und Artenschutz spielen. Neuere Untersuchungen zeigen, dass dies teilweise auch für Abbaustätten gilt, die sich im Betrieb befinden. Das Vorkommen seltener und gefährdeter Amphibienarten, Vögel und Insekten ist u. a. auf die große Strukturvielfalt der Abbaustätten zurückzuführen. Gerade betriebene Abbaustätten zeichnen sich zudem durch eine Vielzahl verschiedener Pflanzenarten aus. Manche Tiere und Pflanzen sind in ihrer Lebensweise sogar auf die dynamischen Veränderungen und „Extremstandorte“ (flachgründige Sohlen, Steilwände etc.) in betriebenen Abbaustätten angewiesen. Die Bedeutung ehemaliger und betriebener Abbaustätten für den Natur- und Artenschutz wird derzeit im Rahmen einer umfassenden Literaturstudie aufgearbeitet (BDZ/VDZ 2002a).

Wengleich Untersuchungen belegen, dass eine umfassende landschaftspflegeri-

sche Gestaltung zur Renaturierung nicht erforderlich ist, müssen natürliche Entwicklungsprozesse durch diverse Maßnahmen flankiert und gesteuert werden. Dies ist – bei Vorrang der betrieblichen Belange – bereits während der Abbautätigkeit möglich. Von besonderer Bedeutung ist die Förderung von Wanderbiotopen auf Flächen, die temporär nicht genutzt werden. Hierdurch können Abbaustätten auch als „Trittstein“ zur Biotopvernetzung im jeweiligen Naturraum beitragen.

Zur Optimierung des Naturschutzpotenzials von Abbaustätten werden die Renaturierungsverfahren weiterentwickelt. So lässt sich durch die so genannte Mähgutausbringung die Entwicklung ökologisch wertvoller Magerrasenstandorte flankieren. An entsprechenden Forschungsvorhaben sind auch Unternehmen der Zementindustrie beteiligt. Auf Gemeinschaftsebene wurden kürzlich einschlägige Erfahrungen in Form von Management-Empfehlungen veröffentlicht (BDZ/VDZ 2002b). Die deutsche Zementindustrie stellt sich bereits seit mehreren Jahren auf die zunehmende Bedeutung des Naturschutzes ein und verstärkt über den bereits etablierten Dialog hinaus die Kooperation mit den relevanten Interessengruppen. Beispiele vor Ort zeigen, dass eine Zusammenarbeit zwischen Unternehmen und Naturschutzgruppen ein konstruktiver Weg zur Minimierung von Nutzungskonflikten sein kann. Vor diesem Hintergrund sollte von allen Beteiligten auch über einen Ausbau flexibler Instrumente wie z. B. Vertragsnaturschutz oder Ökokonto nachgedacht werden.

3.2 Zementproduktion

Rechtlicher Rahmen und Umweltmanagement

Zementwerke unterliegen dem Bundes-Immissionsschutzgesetz. Danach ist für den Bau und den Betrieb eines Zementwerks eine Genehmigung erforderlich. Hierin prüft die zuständige Genehmigungsbehörde, ob das Werk alle Umweltauflagen erfüllt und die Grenzwerte für staub- und gasförmige Emissionen oder Lärm einge-

Die Interessengemeinschaft Teutoburger Wald (IG Teuto)

Die IG Teuto ist ein seit 1998 bestehender Verein, der sich aus Vertretern der Dyckerhoff Zement GmbH und der Schencking Kalk- und Kalksandsteinwerke GmbH & Co. KG sowie der Arbeitsgemeinschaft Naturschutz Tecklenburger Land e.V. (ANTL) zusammensetzt. Der Kreis der Vereinsmitglieder umfasst zudem die Gemeinden Lengerich und Lienen, den Deutschen Gewerkschaftsbund sowie weitere regionale Einrichtungen. Ziel und Zweck der IG Teuto ist die Förderung von Maßnahmen des Natur-, Landschafts- und Bodendenkmalschutzes und ihre praktische Umsetzung. Aktuelle Projekte sind die Schafbeweidung zur Pflege artenreicher Kalkmagerrasen und die Niederwaldbewirtschaftung zur Entwicklung orchideenreicher Wälder.

Die IG Teuto entstand auf der Basis eines Gutachtens, mit dem Wege zur Lösung des Konflikts zwischen Kalksteingewinnung und Naturschutz am Teutoburger Wald erarbeitet werden sollten und das im Auftrag des Umweltministeriums von Nordrhein-Westfalen erstellt wurde. Die heutigen Mitglieder der IG Teuto waren in die Erstellung des Gutachtens eingebunden und wollen mit ihrer Initiative erreichen, dass Konflikte zwischen Kalksteingewinnung und Naturschutz in Zukunft vermieden werden. Leitbild der Zusammenarbeit ist die nachhaltig zukunftsverträgliche Entwicklung der Region, die den Schutz der Natur ebenso umfasst wie die Sicherung der wirtschaftlichen Perspektiven und der Arbeitsplätze in der Zement- und Kalkindustrie.

halten werden. Falls erforderlich, wird in dem Genehmigungsverfahren eine Umweltverträglichkeitsuntersuchung durchgeführt, in der alle zu erwartenden Umwelt-

auswirkungen dargestellt und bewertet werden. In der Genehmigung wird auch festgelegt, wie der laufende Anlagenbetrieb kontrolliert und überwacht wird.

Emissionsvorschriften für die Zementindustrie

Die zulässigen Schadstoffmengen im Abgas eines Zementwerks werden durch die erste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG), die Technische Anleitung Luft (TA Luft), festgelegt. Sie bestimmt die Emissionsgrenzwerte, deren Überschreitung nach dem Stand der Technik vermeidbar ist. Die TA Luft wurde bei einer Änderung 1986 mit einer Klausel versehen, nach der die Grenzwerte dynamisch dem technischen Fortschritt angepasst werden. Nach der jüngsten Novellierung sieht die TA Luft in Zukunft u. a. die folgenden Emissionsgrenzwerte für Zementwerke vor:

- staubförmige Emissionen: 20 mg/m³ Abgas
- Stickstoffoxide (NO_x): 0,50 g/m³ Abgas
- Schwefeloxide (SO₂): 0,35 g/m³ Abgas.

Beim Einsatz von Sekundärbrennstoffen unterliegen Zementwerke zudem der 17. Bundesimmissionsschutz-Verordnung (17. BImSchV), die derzeit an die anspruchsvollen Vorgaben der neuen EU-Richtlinie über die Verbrennung von Abfällen angepasst wird. Für die Zementindustrie ist von besonderer Bedeutung, dass künftig feste Emissionsgrenzwerte bei der Mitverbrennung von Abfällen gelten. Die bisher im nationalen Recht verankerte Mischungsrechnung aus Vorgaben der 17. BImSchV und der TA Luft entfällt.

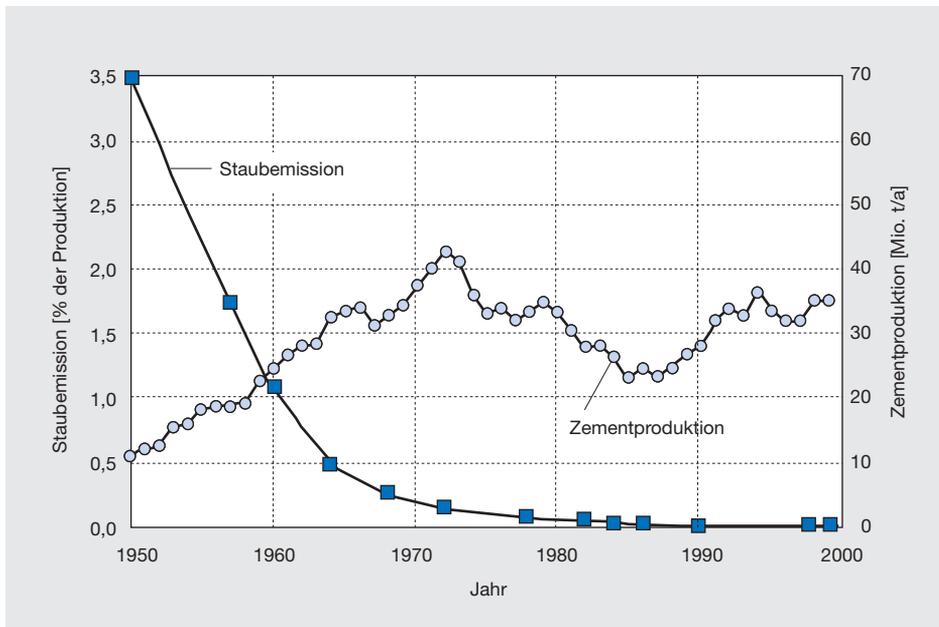


Abb. 10: Entwicklung der Staubemissionen (Quelle: VDZ 2002b)

Europäische Verordnungen und Richtlinien gewinnen für den Betrieb von Zementwerken eine immer stärkere Bedeutung.

Um den hohen Anforderungen an Qualität, Umweltschutz und Arbeitssicherheit gerecht zu werden, sind Abläufe und Aufbauorganisation in den Zementwerken schon seit langem auf der Grundlage von Managementsystemen strukturiert. Durch diese Managementsysteme gelingt es den Unternehmen nicht nur, den umfangreichen umweltrechtlichen Vorgaben zu genügen. Vielmehr werden über kontinuierliche Verbesserungsprozesse (KVP) laufend Fortschritte in den genannten Handlungsfeldern erzielt. So umfassen moderne Managementsysteme auch die systematische Suche nach Einsparmöglichkeiten bei den Rohstoff- und Energieverbräuchen.

Bei der Zementherstellung treten luftgetragene Emissionen sowie Lärm und Erschütterungen auf. Gas- und staubförmige Emissionen entstehen vor allem bei der Klinkerherstellung durch den Einsatz von Brennstoffen und die Stoffumwandlung von Rohmehl zu Zementklinker; Staubemissionen gehen zudem von Transporten, Lagerung sowie Mahl- und Trocknungsprozessen aus. Für die Emissionen

an Staub, Spurenelementen, Stickoxiden (NO_x) und Schwefeldioxid (SO_2) sind die gültigen Grenzwerte der Technische Anleitung Luft (TA Luft) und – im Falle des Einsatzes von Sekundärbrennstoffen – der 17. Bundesimmissionsschutz-Verordnung (17. BImSchV) einzuhalten. Die Grenzwerte werden dynamisch an den Stand der Technik angepasst und damit fortschreitend verschärft. Messungen zeigen, dass die Grenzwerte von der Zementindustrie vielfach deutlich unterschritten werden.

Beim Einsatz von Sekundärstoffen muss die Zementindustrie zudem die Vorgaben des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes erfüllen. In diesem Gesetz sind insbesondere alle Anforderungen an die umweltverträgliche Verwertung solcher Stoffe festgelegt. Für die Konkretisierung hat die Zementindustrie mit der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) beispielhaft ein Konsenspapier über „Maßstäbe und Kriterien für die energetische Verwertung von Abfällen in Zementwerken“ erarbeitet. Es wird inzwischen in vielen Bundesländern als Hilfe bei Entscheidungen über den Einsatz von Sekundärbrennstoffen herangezogen. Außerdem hat die Bundesgütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe Güte- und Prüfbestimmungen erarbeitet, mit denen ein kon-

sequentes Qualitätsmanagement auf Seiten der Anbieter etabliert werden soll. Die Güte- und Prüfbestimmungen wurden im Jahr 2001 vom RAL-Institut zertifiziert.

Luftreinhaltung und Emissionsminderung

Die Luftreinhaltung ist eines der wichtigsten umweltschutztechnischen Maßnahmenfelder in der Zementindustrie. In der Vergangenheit sind auf diesem Gebiet starke Fortschritte erzielt worden, so dass die Zementwerke in Deutschland im weltweiten Vergleich zu den Anlagen mit den geringsten Emissionen gehören. Die Schwerpunkte liegen auf der Verminderung der Emissionen an Staub, Spurenelementen und Stickstoffoxiden:

- **Staub** hat vor 40 bis 50 Jahren die Umgebung von Zementwerken geprägt: Noch 1950 gingen im Durchschnitt rund 3,5 % der Produktion als Staub verloren. Staub entsteht v. a. durch die Verarbeitung der Rohmaterialien sowie beim Brennen und Mahlen des Zementklinkers und wird heute durch Elektro- und Gewebefilter aus den Abluftströmen der einzelnen Anlagenteile gefiltert. Die Staubemissionen sind in den vergangenen Jahrzehnten sehr stark vermindert worden (vgl. Abb. 10) und betragen heute deutlich weniger als 0,1 % der Produktion.

- **Spurenelemente** können Bestandteil von Stäuben sein, weil sie in geringen Konzentrationen in den Roh- und Brennstoffen enthalten sind. Die Gehalte entsprechen der natürlichen Verteilung dieser Elemente in der jeweiligen Lagerstätte. Spurenelemente wie z. B. Arsen, Vanadium, Nickel, Blei oder Cadmium werden praktisch vollständig in den Klinker eingebunden. Thallium- und Quecksilber-Verbindungen hingegen werden gezielt abgeschieden und ausgeschleust. Werden beim Klinkerbrennprozess Sekundärstoffe eingesetzt, so wird der Spurenelementgehalt in diesen Stoffen in jedem Einzelfall durch Genehmigungsaufgaben beschränkt und überwacht.

■ **Stickstoffoxide** (NO/NO_x) entstehen im Drehofen durch die hohen Flammentemperaturen von rund 2.000 °C. Zur Reduzierung von Stickstoffoxiden werden in der Zementindustrie verschiedene Verfahren angewendet. Zu den primären, prozessintegrierten Maßnahmen der NO_x-Minderung gehören die Vergleichmäßigung des Ofenbetriebes, die NO_x-arme Feuerungstechnik sowie eine gestufte Verbrennungsführung durch Aufteilung der Brennstoff- und Verbrennungsluftströme. Sollten primäre Maßnahmen nicht ausreichen, ist der Einsatz sekundärer Minderungsmaßnahmen erforderlich. Hierzu gehört das SNCR-Verfahren, bei dem durch Zugabe eines Reduktionsmittels (zumeist Ammoniak-Wasser) das NO_x zu unbedenklichem Stickstoff (N₂) sowie Wasser umgesetzt wird. Das SNCR-Verfahren entspricht dem Stand der Technik, in der Erprobung befindet sich die selektive katalytische Reduktion (SCR-Verfahren).

■ **Schwefeldioxid** (SO₂) entsteht durch den Eintrag von Schwefelverbindungen mit den Brennstoffen und dem Rohmehl in den Drehofen. Zwar wird der brennstoffbedingte Eintrag praktisch vollständig in den Zementklinker eingebunden, ein hoher Anteil von leichtflüchtigen Sulfiden im jeweiligen Rohmaterial (z. B. in Form von Pyrit oder Markasit) kann jedoch zu höheren SO₂-Emissionen führen. Falls verfahrenstechnische bzw. betriebliche Maßnahmen nicht ausreichen, können die SO₂-Emissionen mit dem Trockenadditiv-Verfahren (d. h. meist durch Zugabe von Kalkhydrat) gemindert werden.

Viele Emissionen werden heute mit kontinuierlich arbeitenden Messsystemen überwacht, die Abgaswerte häufig online an die zuständigen Umweltbehörden übermittelt. Gleichwohl wird der Zementproduktion im Hinblick auf mögliche Schadstoffbelastungen häufig Skepsis entgegengebracht. Immissionsmessungen in der Umgebung von Zementwerken zeigen jedoch, dass die Luftqualität in ländlichen Räumen mit Zementproduktion heute genauso gut ist wie

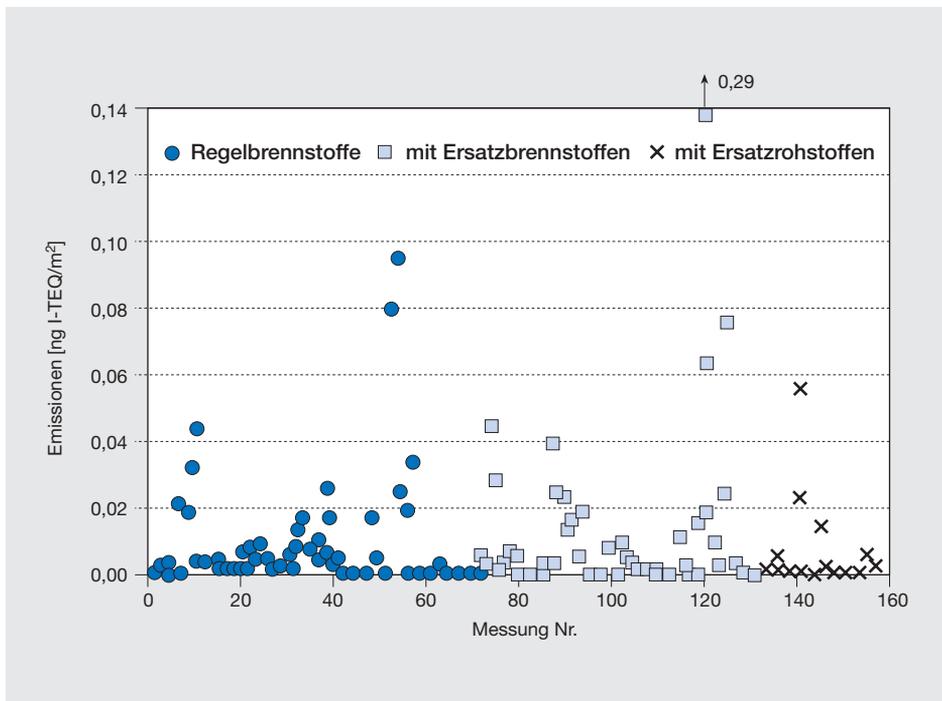


Abb. 11: Messergebnisse für Dioxin- und Furanemissionen (Quelle: VDZ 1996, S. 35)

in rein ländlichen Gebieten ohne industrielle Tätigkeit.

Im Zusammenhang mit dem Einsatz von Sekundärbrennstoffen wird zudem über Emissionen von Dioxinen und Furanen diskutiert. Entgegen mancher Befürchtungen belegen die vorliegenden Messergebnisse, dass diese Emissionen sehr gering sind, und zwar unabhängig von der Wahl des eingesetzten Brennstoffs. Abb. 11 zeigt die Ergebnisse aus 160 Messungen durch das Forschungsinstitut der Zementindustrie. Alle Emissionskonzentrationen lagen mit einer Ausnahme unter dem Wert der 17. BImSchV von 0,1 ng ITEQ/m³ (ITEQ: Internationales Toxizitätsäquivalent). Die Dioxin- und Furanemissionen sind deshalb sehr gering, weil die organischen Verbindungen in den Brennstoffen bei sehr hohen Temperaturen vollständig zerstört werden. Darüber hinaus bilden sich im Abgas der Drehofenanlagen – anders als bei Müllverbrennungsanlagen – so gut wie keine Dioxine und Furane. Drehofenanlagen der Zementindustrie müssen daher nicht wie Müllverbrennungsanlagen mit einem speziellen Dioxinfilter ausgestattet werden.

Energieintensität und Energieeffizienz

Die Herstellung von Zement ist ausgesprochen energieintensiv. Energie kommt einerseits in Form von Brennstoffen zur Beheizung der Drehöfen für die Herstellung des Zementklinkers zum Einsatz. Andererseits wird elektrische Energie zum Betrieb verschiedener Aggregate – insbesondere der Rohmaterial- und Zementmahlanlagen – eingesetzt. Heute macht der spezifische elektrische Energieverbrauch bei Zementwerken etwas mehr als 10 % des Gesamtenergieverbrauchs aus, wobei sich die Energiekosten etwa je zur Hälfte auf Brennstoffe und Strom aufteilen.

Insgesamt hat die deutsche Zementindustrie im Jahr 2000 Brennstoffenergie in einem Umfang von 99,3 Mio. GJ verwendet, der spezifische Brennstoffenergieverbrauch lag bezogen auf 1 kg Zement bei 2.835 kJ (VDZ 2001, S. 20). Abb. 12 zeigt die Entwicklung des spezifischen Brennstoffenergieverbrauchs bezogen auf die Herstellung des gebrannten Zwischenproduktes Klinker. Hier ist die Energieeffizienz insbesondere in den 1950er und 1960er Jahren stark gestiegen; mittlerweile liegt

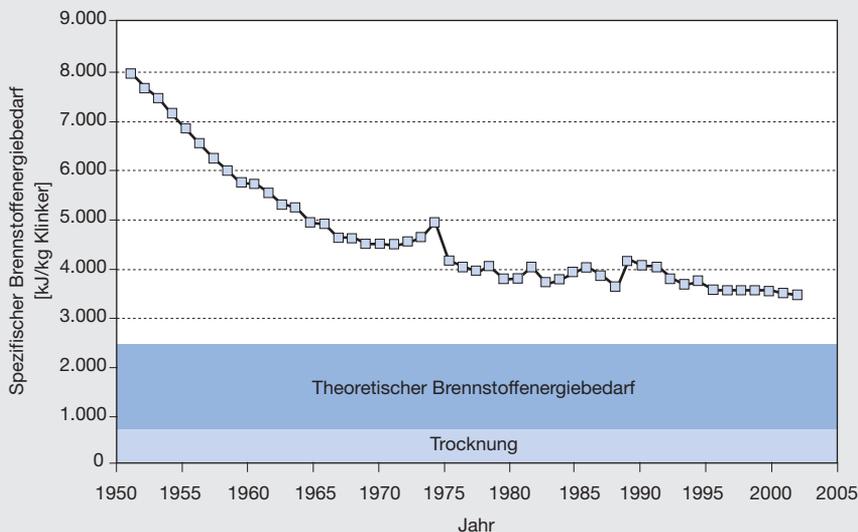


Abb. 12: Entwicklung des spezifischen Brennstoffenergieverbrauchs in der Klinkerproduktion, ab 1987 inklusive ostdeutscher Werke (Quelle: VDZ 2002a)

der spezifische Brennstoffenergieverbrauch zur Klinkerproduktion nahe am verfahrenstechnischen Optimum, der energetische Wirkungsgrad bei über 70 %.

Abb. 12 gibt den spezifischen Brennstoffenergieverbrauch zur Klinkerherstellung ab 1987 als Mittelwert der west- und ostdeutschen Zementwerke wieder. Deutlich

ist der Effekt der deutschen Vereinigung zu erkennen: Danach ist der Rückgang des spezifischen Energieverbrauchs zwischen 1987 und 1993 v. a. auf den Neubau und die Modernisierung der ostdeutschen Werke zurückzuführen. Zudem wurden mehrere Ofenlinien in den alten Bundesländern durch drei Neuanlagen ersetzt und bestehende Anlagen optimiert. Aus Abb. 12 wird



Abb. 13: Entwicklung des spezifischen elektrischen Energieverbrauchs in der Zementproduktion, ab 1987 inklusive ostdeutscher Werke (Quelle: VDZ 2002a)

auch ersichtlich, dass der spezifische Brennstoffenergieverbrauch nach der Modernisierung der ostdeutschen Zementindustrie nur noch geringfügig gesunken ist.

Der hohe Bedarf an elektrischer Energie ist auf die Rohmaterialaufbereitung (ca. 35 %), das Brennen und Kühlen des Klinkers (ca. 22 %) und die Zementmahlung (ca. 38 %) zurückzuführen. Während der spezifische Brennstoffeinsatz in den vergangenen Jahrzehnten nahezu kontinuierlich reduziert wurde, ist der spezifische Stromverbrauch noch bis Mitte der 1980er Jahre angestiegen. 1987 wurden in Deutschland 111,2 kWh für die Herstellung von 1 t Zement benötigt; dies entsprach einem absoluten Stromverbrauch von 3,8 Mio. MWh. Inzwischen sinkt in der Tendenz jedoch auch der spezifische Stromverbrauch: Im Jahr 2000 wurden 101,5 kWh/t Zement benötigt; dies entsprach einem absoluten Verbrauch von 3,55 Mio. MWh/a.

Abb.13 zeigt die Entwicklung des spezifischen elektrischen Energieverbrauchs bei der Herstellung von 1 t Zement. Der zwischenzeitliche Anstieg hat seine Ursachen vor allem in der höheren Produktqualität, die durch eine feinere Mahlung des Zementes erreicht wird, in gestiegenen Anforderungen an die Luftreinhaltung, die durch den Einsatz von Filteranlagen zur Säuberung der Ofenabgase erfüllt werden, sowie in der zunehmenden Automatisierung der Produktionsprozesse. Die Maßnahmen zur Senkung des spezifischen Stromverbrauchs zielen in erster Linie auf die Entwicklung und den Einsatz effizienterer Mahlsysteme (siehe unten).

Maßnahmen zum Klimaschutz

Mit dem nationalen Klimaschutzprogramm der Bundesregierung sollen die CO₂-Emissionen zwischen 1990 und 2005 um 25 % und die Emissionen der so genannten Kyoto-Gase (CO₂, CH₄, N₂O, H-FKW, FKW, SF₆) im Rahmen der Umsetzung des Kyoto-Protokolls zwischen 1990 und 2008/2012 um insgesamt 21 % gesenkt werden. Nachdem sich die deutsche Zementindustrie bereits 1995 freiwillig verpflichtet hatte, den spezifischen Brennstoffenergiever-

brauch erheblich zu verringern, hat sie als Beitrag zur Klimaschutzvereinbarung zwischen Bundesregierung und Wirtschaft vom November 2000 zugesagt, ihre spezifischen energiebedingten CO₂-Emissionen zwischen 1990 und 2008/2012 um insgesamt 28 % zu vermindern. Hierin sind jetzt auch die Emissionen enthalten, die aus der Bereitstellung elektrischer Energie für die Zementherstellung bei der Stromerzeugung entstehen. Diese Zusage entspricht einer Minderung der gesamten CO₂-Emissionen um 16 %, wenn die prozessbedingten CO₂-Emissionen aus der Entsäuerung des Kalksteins mit berücksichtigt werden.

Die Umsetzung der Selbstverpflichtung wird in einem jährlichen Monitoring-Bericht dokumentiert, der vom Verein Deutscher Zementwerke auf der Basis von Unternehmensbefragungen erstellt und vom Rheinisch-Westfälischen Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) überprüft wird. Der VDZ hat mit seiner Umfrage bisher stets einen besonders hohen Deckungsgrad erreicht: Im Jahr 2000 wurden 99,3 % des Brennstoffverbrauchs der deutschen Zementindustrie erfasst. Der Bericht weist einen prozess- und energiebedingten CO₂-Ausstoß von insgesamt 24,3 Mio. t aus (ohne die Emissionen aus Sekundärbrennstoffen, die CO₂-neutral gerechnet werden, siehe unten). Dies entspricht einer Freisetzung von 0,69 t Kohlendioxid je t Zement. 62 % der CO₂-Emissionen sind prozessbedingt und entstehen, wenn das Calciumcarbonat (CaCO₃) des Kalksteins in die Bestandteile Calciumoxid (CaO) und Kohlendioxid (CO₂) zerlegt wird. Man spricht hierbei auch von Entsäuerung bzw. Calcinierung. Zudem werden durch den Brennstoffeneinsatz 28 % und durch den Stromverbrauch 10 % der CO₂-Emissionen verursacht. Andere klimarelevante Gase (z. B. Methan) sind bei der Zementherstellung ohne Bedeutung. Der Anteil der CO₂-Emissionen aus der Zementherstellung (prozess- und energiebedingt) entspricht 2,6 % der gesamten CO₂-Emissionen in Deutschland.

Die Fortschritte bei der Minderung der CO₂-Emissionen in der Zementindustrie beruhen auf folgenden Maßnahmen:

1. weitere Steigerung der Energieeffizienz bei der Verwendung von thermischer und elektrischer Energie,
2. Substitution des gebrannten Zwischenproduktes Zementklinker durch andere Stoffe,
3. Substitution fossiler Brennstoffe durch energetische Verwertung von Sekundärbrennstoffen.

Effizienzsteigerungen beim thermischen Energieverbrauch basieren auf verschiedenen verfahrenstechnischen Innovationen:

- Die Entwicklung der Ofentechnik hat zur Umstellung auf Öfen geführt, die im Trockenverfahren arbeiten und mit Zyklonvorwärmern ausgestattet sind. Mittlerweile werden in Deutschland rund 90 % des Zementklinkers in solchen Anlagen hergestellt.
- Mit Zyklonvorwärmern wird die Abluft des Drehofens zur Aufwärmung und Teilcalcinierung des Rohmehls genutzt. Die Effizienz konventioneller vierstufiger Vorwärmer kann durch den Zubau von einer oder zwei weiteren Stufen erhöht werden. Allerdings muss das Abgas des Zyklonvorwärmers noch ausreichend heiß sein, um das Rohmaterial zu trocknen – die Ausbaumöglichkeiten sind deshalb je nach werksspezifischem Feuchtegehalt des Rohmaterials begrenzt.
- Durch moderne Vorcalcinieretechnik können neue Drehofenanlagen heute von den Ausmaßen her kürzer ausgelegt werden als dies früher üblich war. Hierdurch verringern sich die Abstrahlverluste des Ofens. Außerdem ermöglicht ein Vorcalcinator eine Vergleichmäßigung des Ofenbetriebs.
- Die Optimierung der Klinkerkühler dient zur besseren Ausnutzung der Abwärme des heißen Klinkers, mit der die im Drehofen und im Calcinator genutzte Verbrennungsluft vorgewärmt wird. Gegenwärtig können mit modernster Technik Kühlerwirkungsgrade von bis zu 75 % erreicht werden.

Weitere Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung liegen z. B. in einer Verminderung von Falschlufztzuehr in den Ofen, in der Weiterentwicklung der Brennertechnik und in der Installation neuester Ofenführungssysteme. Aufgrund der bereits umgesetzten Maßnahmen sind die verbleibenden verfahrenstechnischen Minderungspotenziale aber eher gering. Offen ist, inwieweit eine weitere CO₂-Minderungen in den kommenden Jahren durch den Neubau von Ofenanlagen erreicht werden kann: In Deutschland werden derzeit noch eine Reihe von Drehöfen betrieben, die aus den späten 1960er und frühen 1970er Jahren stammen und aufgrund ihrer vergleichsweise geringen Größe einen höheren spezifischen Energieverbrauch als größere Anlagen haben.

Als weitere Maßnahme kommt eine Nutzung der Abwärme in Betracht, soweit sie nicht zur energetischen Optimierung der Zementproduktion verwendet wird. So ist die Erzeugung von Fernwärme möglich, die an Wohngebiete weitergegeben werden könnte. Eine Kopplung der Wärmeproduktion an die Zementherstellung ist allerdings problematisch, weil im Winter – wenn die Fernwärme in besonderem Maße benötigt wird – der Zementabsatz gering ist und die meisten Drehöfen für mehrere Wochen stillgesetzt werden, um erforderliche Wartungs- und Reparaturarbeiten durchzuführen. Eine begrenzte Möglichkeit zur Abwärmenutzung stellt auch die Eigenerzeugung von Strom dar. Ein neues Verfahren zur Stromerzeugung aus der Abluft des Klinkerkühlers wird seit 1999 im Werk Lengfurt der HeidelbergCement AG eingesetzt: Es handelt sich dabei um das so genannte ORC-Verfahren, das hier weltweit erstmals in einem Zementwerk angewendet wird.

Die Maßnahmen zur Minderung des elektrischen Energieverbrauchs zielen vor allem auf effizientere Systeme bei der Mahlung von Rohstoffen und Zementen. Allerdings stehen Stromverbrauch und Zementqualität in einem engen Zusammenhang. Energieeffiziente Gutbett-Walzenmühlen führen zu einer steileren Korngrößenverteilung im Zement, so dass sich

dessen Gebrauchseigenschaften verändern. Moderne Gutbett-Walzenmühlen werden deshalb in vielen Werken in Kombination mit konventionellen Kugelmühlen verwendet (Kombi-Mahlung). Hierdurch lassen sich Energieeinsparungen von 7 bis 15 % gegenüber einer kompletten Mahlung in einer Kugelmühle erzielen.

Das zweite Handlungsfeld zur CO₂-Minderung ist die **Substitution des gebrannten Zwischenprodukts Zementklinker** durch andere Stoffe. Hierbei geht es darum, die Produktion von Portlandzement, der als Hauptbestandteil mindestens 95 % Zementklinker enthält, zunehmend auf „Komposit“-Zemente umzustellen, die außer Zementklinker weitere Hauptbestandteile enthalten. Von Bedeutung ist hier in erster Linie Hüttensand. Daneben wird v. a. ungebrannter Kalkstein verwendet. Durch eine Ausweitung des Marktanteils dieser Zemente lassen sich die CO₂-Emissionen erheblich verringern – nach dem gegenwärtigen Stand der Technik handelt es sich hierbei um das Handlungsfeld mit dem größten CO₂-Minderungspotenzial. Der Minderungseffekt beruht darauf, dass insgesamt weniger CO₂ im Zuge der Rohmaterial-Entsäuerung entsteht und der thermische Energiebedarf für das Brennen von Zementklinker reduziert wird.

Der Marktanteil von Zementen mit mehreren Hauptbestandteilen ist in den vergangenen Jahren kontinuierlich gestiegen (vgl. Tab. 5) und lag 2000 bereits bei insgesamt 38,2 % des Inlandsversands. Dabei konnte insbesondere der Marktanteil von Portlandhüttenzement erheblich gesteigert werden. Im Jahr 2000 fielen in der deutschen Stahlindustrie 7,6 Mio. t Hochofenschlacke an; davon wurden rund 5,2 Mio. t

Modellprojekt ORC-Anlage im Zementwerk Lengfurt

Das Zementwerk Lengfurt der HeidelbergCement AG hat einen durchschnittlichen Strombedarf von 80.000 MWh pro Jahr. Zur Eigenstromerzeugung wurde eine Anlage zur Nutzung der Niedertemperaturwärme aus der Klinkerkühlerabluft installiert. Eine Analyse der potenziell nutzbaren Abwärmequellen (Vorwärmerabgas, Bypassgas und Kühlerluft) sowie der anwendbaren Verfahren ergab, dass für den Standort Lengfurt die thermische Nutzung der Kühlerabluft nach dem ORC-Verfahren (Organic Rankine Cycle) am besten geeignet ist. Diese Technologie zur Verstromung von Niedertemperaturwärme unter 250 °C wird vorwiegend zur Nutzung geothermischer Heißwasserquellen angewendet. Beim ORC-Verfahren wird die Turbine anstelle von Wasserdampf mit einem organischen Treibmedium (in diesem Fall Pentan) betrieben. Aufgrund des höheren Wirkungsgrades, der höheren Flexibilität bei Temperaturschwankungen der Kühlerabluft und der niedrigeren Investitionskosten wurde diesem Verfahren gegenüber einer Stromerzeugung mit Wasserdampf der Vorzug gegeben.

Mit dem Pilotprojekt kommt das ORC-Verfahren weltweit erstmalig in einem Zementwerk zur Anwendung. Aufgrund des innovativen und umweltfreundlichen Charakters wurde die Errichtung dieser Anlage mit Zuschüssen des Bundesministeriums für Umwelt und des Freistaates Bayern gefördert. Die Verfahrenstechnik besteht im Wesentlichen aus einem Abhitzeessel, der ORC-Anlage selbst und einem Kondensator. Die Kühlerabluft wird nach Durchströmung des Heißgaselektrofilters dem Abhitzeessel zugeführt. Zur Energieauskopplung werden die Heizflächen des Kessels mit Wärmeträgeröl beaufschlagt. Die Kühlerabluft wird hierdurch auf ca. 125 °C abgekühlt, das Wärmeüberträgeröl auf 230 °C erwärmt und die ausgekoppelte Energie der ORC-Anlage zugeführt.

Die Anlage wurde im Mai 1999 in Betrieb genommen. Nach Abzug aller internen Stromverbraucher (Pentan- und Wärmeträgerölpumpen sowie Ventilatoren des Luftkondensators) erzeugt die Anlage 1,13 MW Strom (netto). Damit können etwa 12 % des Eigenbedarfs gedeckt werden. Außerdem wird mehr Flexibilität beim Strombezug während der Hochtarifzeiten erreicht. Die stromerzeugungsbedingten CO₂-Emissionen werden um ca. 7.600 t pro Jahr gesenkt.

Quellen: VDZ 1999b, S. 11 ff./Umweltbundesamt 1999, S. 131

zu Hüttensand granuliert, der zu rund 80 % zur Zementherstellung verwendet wurde. Die Hüttensandproduktion wird in den nächsten Jahren voraussichtlich auf über 6,0 Mio. t steigen – in den vergangenen Jahren wurden zwei zusätzliche Granulationsanlagen in Eisenhüttenstadt und in Salzgitter in Betrieb genommen. Die zusätzli-

Tab. 5: Marktanteile von Zementarten am Inlandsversand, absolute Angaben in 1.000 t (Quelle: BDZ)

Zementsorte	1993		1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
	absolut	Marktanteil							absolut	Marktanteil
Portlandzement	23.414	76,6 %	26.143	23.635	21.623	21.623	21.925	22.131	19.778	61,8 %
Portlandhüttenzement	979	3,2 %	946	761	1.023	1.023	3.436	4.417	4.810	15,0 %
Hochofenzement	3.956	12,9 %	4.346	4.166	3.916	3.916	4.524	4.651	4.536	14,2 %
Portlandkalksteinzement	1.055	3,4 %	1.218	1.614	1.602	1.602	1.504	1.852	2.170	6,8 %
Sonstige Zementarten	1.178	3,9 %	1.124	880	639	639	621	725	691	2,2 %
Inlandsversand gesamt	30.582	100,0 %	33.777	31.056	28.803	28.803	32.010	33.776	31.985	100,0 %

Errichtung einer Anlage zur Produktion von Hüttensand in Salzgitter

Im Jahr 1996 haben die heutige Salzgitter AG (früher Preussag Stahl AG) und die Alsen AG eine Grundsatzvereinbarung unterzeichnet, auf deren Grundlage die Firma Alsen eine Granulationsanlage an dem 1993 in Betrieb genommenen Hochofen B errichtet hat. Bei der Produktion von Roheisen fallen dort täglich ca. 1.400 t (ca. 400.000 t/a) Hochofenschlacke an.

In der Granulationsanlage wird die bis zu 1.500 °C heiße flüssige Hochofenschlacke mit kaltem Wasser auf 90 °C abgeschreckt. Dabei entsteht der glasig erstarrte, granulierende Hüttensand, der zusammen mit Portlandzementklinker zu Hochofen- oder Portlandhüttenzement verarbeitet wird. Die Granulationanlage der Alsen AG in Salzgitter entspricht dem neusten Stand der Technik. So wird das zur Abkühlung der Hochofenschlacke erforderliche Wasser in einem geschlossenen Kreislauf geführt und der Verbrauch von Frischwasser minimiert.

Quelle: VDZ 1998, S. 22 ff.

darf um 18 % gesenkt. Zur Herstellung von Kompositzementen werden erhebliche Investitionen getätigt, wie beispielhaft die Errichtung einer Granulationsanlage durch die Alsen AG in Salzgitter zeigt.

Das dritte wichtige Handlungsfeld zur CO₂-Minderung in der Zementindustrie ist die **Wahl der Brennstoffe**, mit denen der thermische Energiebedarf gedeckt wird. Tab. 6 gibt einen Überblick über die Entwicklung der verschiedenen Brennstoffe – daraus geht hervor, dass der Anteil der Stein- und Braunkohle von rund 87 % in 1987 auf rund 62 % in 2000 zurückgegangen ist. Stark angestiegen (mehr als verzehnfacht) ist der Anteil von Petrolkoks, einer kohleähnlichen Fraktion des Mineralöls, und von Sekundärbrennstoffen (mehr als versechsfacht).

die Hüttensandmenge könnte in entsprechenden Zementen jährlich rund 1,5 Mio. t Zementklinker ersetzen, womit neben einer Schonung primärer Rohstoffe (siehe Kapitel 3.1) eine weitere Verminderung der energiebedingten CO₂-Emissionen um 0,33 Mio. t/a und der rohstoffbedingten CO₂-Emissionen um 1,1 Mio. t/a verbunden wäre.

Die Verwendung des Hüttensands für die Zementherstellung hängt nicht zuletzt von der Akzeptanz entsprechender Zemente bei den Kunden ab. Maßgeblich hierfür sind einerseits deren objektive Eigenschaften und andererseits verstärkte Vermarktungsbemühungen seitens der Zementhersteller. Ein wichtiger Ansatzpunkt sind dabei die spezifischen Eigenschaften der unter-

schiedlichen Zementarten: So ist die langsamere Festigkeitsentwicklung von Portlandhüttenzementen auf das Hydratationsverhalten des Hüttensands zurückzuführen. Dies führt einerseits zu einer langsameren Aushärtung der Bauteile – und damit zu längeren Ausschalfristen. Andererseits entsteht bei der Verwendung dieser Zemente weniger Hydratationswärme. Dies ist vor allem bei der Herstellung großer, massiger Bauteile vorteilhaft. Die Möglichkeiten zur gezielten Vermarktung von Kompositzementen werden beispielhaft durch eine Initiative belegt, die 1998 von der Dyckerhoff Zement GmbH im Verkaufsgebiet ihrer Werksgruppe Süd durchgeführt wurde. Dort wurde der Anteil von Portlandhüttenzement gegenüber dem Vorjahr um 30 % erhöht und der Klinkerbe-

Eine weitere Verminderung von CO₂-Emissionen ließe sich durch den Einsatz von Brennstoffen mit möglichst geringem Kohlenstoffgehalt erreichen – dies gilt insbesondere für Erdgas, das jedoch aus Kostengründen keine Alternative zum Einsatz von Stein- und Braunkohlenstaub ist. Eine deutliche CO₂-Minderung macht die Zementindustrie hingegen durch die energetische Verwertung von Sekundärbrennstoffen geltend. Eingesetzt werden vor allem Altreifen, Altöle, Fraktionen aus Gewerbe- und Siedlungsabfällen sowie Altholz, Bleicherden und Lösungsmittel. Die Erhöhung des Anteils von Sekundärbrennstoffen gilt in der Branche als eine der wichtigsten Maßnahmen zur Umsetzung der Selbstverpflichtung zum Klimaschutz. Bei der Ermittlung der CO₂-Emissionen werden

Tab. 6: Brennstoffeinsatz in der deutschen Zementindustrie, Angaben in 10⁶ GJ/a (Quelle: VDZ 2002a)

	1987		1990	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
	absolut	v.H.								absolut	v.H.
Steinkohle	48,2	40,2 %	47,5	49,9	43,1	38,2	37,9	32,0	29,4	31,4	31,6 %
Braunkohle	56,0	46,7 %	45,8	32,5	33,4	31,4	32,1	33,2	32,1	30,1	30,3 %
Petrolkoks	0,8	0,7 %	0,8	1,9	10,0	9,5	9,9	10,2	9,7	8,4	8,5 %
Heizöl S	4,5	3,8 %	4,2	5,8	3,3	2,2	2,4	4,5	5,9	1,9	1,9 %
Heizöl EL	0,2	0,2 %	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3 %
Erdgas und andere Gase	2,4	2,0 %	0,8	0,3	1,1	1,6	1,3	0,6	0,6	0,7	0,7 %
Sonstige fossile Brennstoffe	2,9	2,4 %	2,1	1,9	0,6	0,5	0,6	1,1	0,9	1,0	1,0 %
Fossile Brennstoffe insgesamt	115,0	95,9 %	101,4	92,5	91,8	83,6	84,5	81,9	78,9	73,8	74,3 %
Sekundärbrennstoffe	4,9	4,1 %	8,1	10,4	11,0	15,7	13,1	18,8	23,4	25,5	25,7 %
Thermischer Energieverbrauch	119,9	100,0 %	109,5	102,9	102,8	99,3	97,6	100,7	102,3	99,3	100,0 %

die aus der energetischen Verwertung von Abfällen entstehenden Emissionen nicht eingerechnet, weil dadurch fossile Brennstoffe substituiert werden und geeignete Abfälle mit entsprechender Entlastung der deutschen CO₂-Bilanz nicht extra an anderer Stelle verbrannt oder deponiert werden müssen.

Die Zementindustrie stützt sich bei dieser Verrechnungsweise unter anderem auf eine Ökobilanz des Fraunhofer-Instituts für Lebensmitteltechnologie und Verpackung. Dabei wurde beispielhaft die Verwertung von Kunststoffabfällen in Zementwerken mit anderen Entsorgungs- bzw. Verwertungspfaden verglichen (Heyde/Kremer 1997). Danach führt die energetische Verwertung in der Zementindustrie bei den CO₂-Emissionen zu den vergleichsweise günstigsten Effekten. Abb. 14 zeigt das Umweltlastenpotenzial verschiedener Verwertungspfade für DSD-Kunststoffe im Verhältnis zur Deponierung, bemessen in kg CO₂ je kg DSD-Kunststoff. Danach ergibt sich für den Einsatz im Zementwerk – hier wurde eine Substitution von Steinkoh-

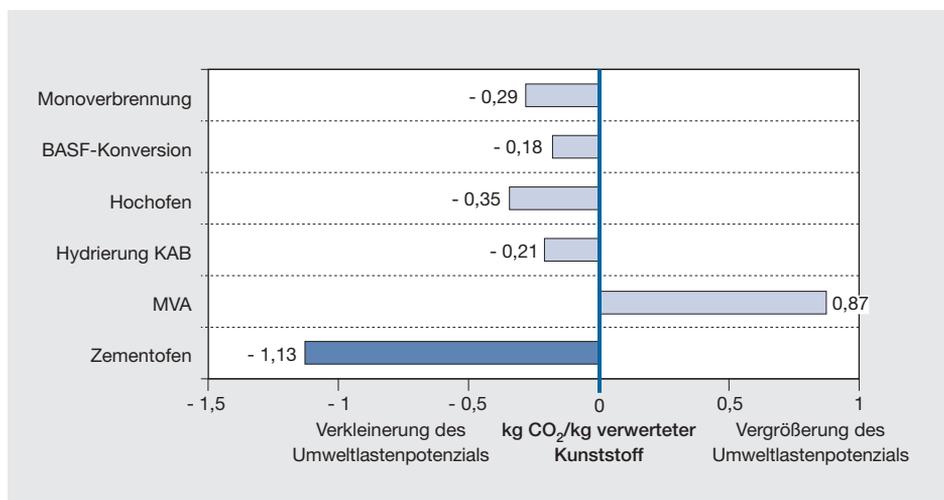


Abb. 14: CO₂-Effekte unterschiedlicher Entsorgungsverfahren für DSD-Kunststoffe im Vergleich zur Deponierung (Quelle: Heyde/Kremer 1997, S. 45)

le angesetzt – in der Gesamtbilanz eine Verminderung um 1,13 kg CO₂ je kg verwertetem Kunststoff. Der Minderungseffekt ist damit dreimal höher als beim Einsatz von DSD-Kunststoffen im Hochofen. Der Einsatz in einer Müllverbrennungsanlage (MVA) hat sogar einen zusätzlichen

CO₂-Ausstoß von 0,87 kg CO₂ je kg DSD-Kunststoff zur Folge.

In der Summe der verschiedenen, hier beschriebenen Handlungsfelder und Maßnahmen wurden die spezifischen energiebedingten CO₂-Emissionen von 0,352 t

Tab. 7: CO₂-Minderung in der deutschen Zementindustrie, *ohne Sekundärbrennstoffe (Quelle: VDZ CO₂-Monitoringberichte 1997-2000)

	1987	1990	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	1987-2000	1990-2000
Brennstoffenergieverbrauch absolut [10 ⁶ GJ/a]	119,9	109,5	102,9	102,8	97,6	99,3	100,7	102,3	99,3	-17,2 %	-9,3 %
Brennstoffenergieverbrauch spezifisch [kJ/kg Zement]	3.510	3.200	3.000	3.000	2.995	2.975	2.905	2.800	2.835	-19,2 %	-11,4 %
Elektrischer Energieverbrauch absolut [10 ⁶ MWh/a]	3,80	3,67	3,72	3,64	3,50	3,47	3,63	3,73	3,55	-6,6 %	-3,3 %
Elektrischer Energieverbrauch spezifisch [kWh/t Zement]	111,2	107,4	107,8	106,5	107,4	103,9	104,7	102,0	101,5	-8,7 %	-5,5 %
Brennstoffbedingte CO ₂ -Emissionen absolut [10 ⁶ t CO ₂ /a]*	10,8	9,6	8,7	8,7	8,0	7,7	7,6	7,26	6,83	-36,8 %	-28,9 %
Brennstoffbedingte CO ₂ -Emissionen spezifisch [t CO ₂ /t Zement]*	0,317	0,280	0,252	0,254	0,245	0,231	0,218	0,199	0,195	-38,5 %	-30,4 %
Strombedingte CO ₂ -Emissionen absolut [10 ⁶ t CO ₂ /a]	2,55	2,46	2,49	2,44	2,34	2,32	2,43	2,50	2,38	-6,7 %	-3,3 %
Strombedingte CO ₂ -Emissionen spezifisch [t CO ₂ /t Zement]	0,075	0,072	0,072	0,071	0,072	0,070	0,070	0,068	0,068	-9,3 %	-5,6 %
Gesamte energiebedingte CO ₂ -Emissionen absolut [10 ⁶ t CO ₂ /a]	13,03	12,06	11,16	10,93	10,16	10,03	9,99	9,70	9,21	-29,3 %	-23,6 %
Gesamte energiebedingte CO ₂ -Emissionen spezifisch [t CO ₂ /t Zement]	0,392	0,352	0,324	0,325	0,317	0,301	0,288	0,267	0,263	-32,9 %	-25,3 %

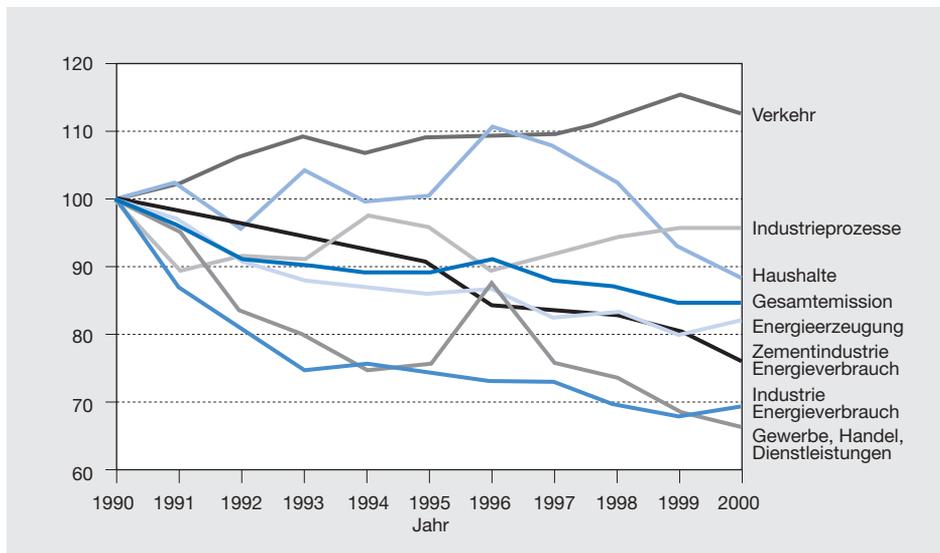


Abb. 15: Entwicklung der CO₂-Emissionen in Deutschland, 1990=100
(Quellen: DIW 2001/VDZ 2002a/eigene Berechnungen)

Zement in 1990 auf 0,263 t/t Zement im Jahr 2000, d. h. um ein Viertel, gesenkt (vgl. Tab. 7). Dies bedeutet, dass die Zielsetzung der Selbstverpflichtung bereits zu über 90 % erreicht wurde. Die absoluten energiebedingten CO₂-Emissionen, die auch in starkem Maße von der (schwankenden) Produktion abhängen, sind von 12,1 Mio. t in 1990 auf 9,2 Mio. t im Jahr 2000 zurückgegangen, was einer Minderung um 23,6 % entspricht. Der Großteil dieser Fortschritte ist auf den Einsatz von Hüttensand und Sekundärbrennstoffen zurückzuführen – daraus folgt zugleich, dass die Zielvorgabe aus der Selbstverpflichtung nur dann nachhaltig erreicht werden kann, wenn die Verfügbarkeit dieser Stoffe einschließlich der entsprechenden wirtschaftlichen, politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen gewährleistet ist.

Mit der Senkung ihrer energiebedingten CO₂-Emissionen übertrifft die Zementindustrie die bisher insgesamt erreichten Fortschritte bei der CO₂-Minderung in Deutschland, die zwischen 1990 und 2000 bei rund 15 % lag. Betrachtet man die verschiedenen Sektoren, wurden die größten Beiträge in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (-33,8 %) sowie bei den energiebedingten Emissionen der Industrie (-30,5 %) erreicht; der Rückgang bei den Industrieerzeugnissen betrug 4,3 %. Demgegenüber

ber sind die Emissionen aus dem Verkehrsbereich angestiegen und stellen damit die größte Herausforderung für den Klimaschutz in Deutschland dar (Abb. 15). Große Minderungspotenziale werden trotz der in den letzten Jahren erzielten Verbesserungen außerdem bei den Privathaushalten gesehen.

Verbesserung des Lärmschutzes

Neben den Staubemissionen haben in der Vergangenheit auch die Lärmemissionen die unmittelbare Umgebung von Zementwerken belastet. Maßgeblich für die Belastung des Umfeldes sind die abgestrahlte Schalleistung sowie der Abstand der Werksanlagen zur benachbarten Wohnbebauung. Die wesentlichen Geräuschquellen im Bereich eines Zementwerks sind Mühlen, Kamine und Ausblasöffnungen, Filterventilatoren, Ofenantriebe, Gebläse und Transportbänder sowie der werksinterne Fahrzeugverkehr. Insbesondere über Kaminmündungen können – ohne entsprechende Minderungsmaßnahmen – relevante Schalleistungen aufgrund der Quellhöhe ungehindert, d. h. ohne Abschirmung durch umliegende Gebäude, abgestrahlt werden.

Zur Ermittlung der relevanten Lärmquellen sind Werkslärnkarten geeignet, aus denen

die effektivsten Lärmschutzmaßnahmen abgeleitet werden können. Aufgrund des ganztägigen Betriebs von Zementwerken werden die Lärmschutzmaßnahmen heute so ausgelegt, dass die strengeren Immissionsrichtwerte für die Nachtzeit auch tagsüber eingehalten werden. Lärmintensive Anlagenteile (z. B. Mühlen) werden in schalldämmenden Gebäuden untergebracht oder mit Schallschutzkapseln bzw. -wänden versehen. Die Außenwände von schalldämmenden Gebäuden bestehen i. d. R. aus Betonbauelementen, die ein hohes Flächengewicht haben, so dass die Schallübertragung über die Außenhaut möglichst gering gehalten wird. Störende Geräusche von Ventilatoren werden durch den Einbau von Schalldämpfern in den Ansaug- und Ausblasöffnungen bekämpft. Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl von Lärmschutzmaßnahmen, mit denen die Emissionen kleinerer Quellen vermindert werden können.

Steigerung der Arbeitssicherheit

Der Schutz der Mitarbeiter vor Unfällen ist ein wichtiges Handlungsfeld in den Zementwerken. Neben den gesetzlichen Bestimmungen gehört die Verbesserung der Arbeitssicherheit zu den satzungsgemäßen Aufgaben des VDZ. Entscheidend für die Verbesserung der Arbeitssicherheit ist die Motivation der Mitarbeiter, die Sicherheitsvorschriften im Betrieb anzuwenden. Hierfür sind auch die Führungskräfte im Betrieb verantwortlich. Daher organisiert der VDZ gemeinsam mit der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft (StBG) Schulungen für Meister und Vorarbeiter. Ziel der Seminare ist die Verbesserung der Kenntnisse über sicheres Arbeiten (v. a. in Bereichen mit höherem Unfallrisiko), die Erörterung typischer Unfälle und die Vermittlung praktischer Maßnahmen zur Verbesserung der Arbeitssicherheit.

Der VDZ gibt Sicherheits-Merkblätter mit den Beschreibungen typischer Betriebsunfälle sowie Sicherheits-Prüflisten für die verschiedenen Betriebsbereiche heraus. Außerdem wird seit über 25 Jahren ein jährlicher Wettbewerb zur Arbeitssicherheit durchgeführt, bei dem die Mitglieds-

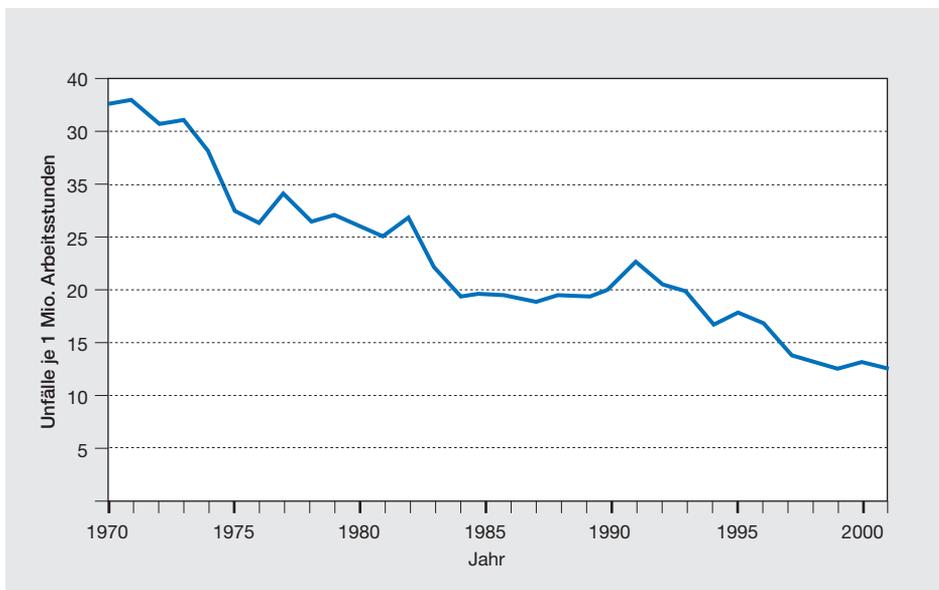


Abb. 16: Entwicklung der Unfallhäufigkeit in der deutschen Zementindustrie (Zahlenangaben: VDZ)

werke mit der niedrigsten Unfallhäufigkeit ausgezeichnet werden. Die Unfallhäufigkeit in den deutschen Zementwerken hat in den letzten 30 Jahren um über 70 % abgenommen. Danach sank die Zahl der meldepflichtigen Betriebsunfälle je 1 Mio. geleisteter Arbeitsstunden (mittlere Unfallhäufigkeitsrate) von 43,9 in 1969 auf 12,8 in 2001 (Abb. 16). Sie liegt damit um etwa zwei Drittel unter der Unfallhäufigkeit aller Mitgliedsunternehmen der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft und rund ein Drittel unter der Unfallhäufigkeit der gesamten gewerblichen Wirtschaft. Im Jahr 1997 verzeichneten erstmals fünf Werke mit Klinkerproduktion überhaupt keine meldepflichtigen Unfälle (VDZ 1999a, S. 166 ff.).

3.3 Zementverarbeitung und Betonrecycling

Betonherstellung und Baustoffinnovation

Zement wird mit Gesteinskörnungen bzw. Zuschlägen (insbesondere Kies und Sand) sowie mit Wasser zu verschiedenen Baustoffen verarbeitet. Die weitaus größte Bedeutung hat dabei Beton, der in Form von Transportbeton, Betonfertigteilen oder

Betonsteinen hergestellt und verarbeitet wird. Beton muss in Deutschland der DIN 1045 sowie spätestens ab 2005 auch der DIN EN 206 entsprechen und wird in verschiedene Rohdichteklassen (Leicht-, Normal- und Schwerbeton) sowie Festigkeitsklassen eingeteilt. Weitere Baustoffe, die mit Zement gebunden werden, sind Putze, Mörtel und Faserzementplatten.

Die technische Weiterentwicklung von Beton war in der Vergangenheit vor allem auf die Erhöhung der Druckfestigkeit ausgerichtet – sie galt lange Zeit als das bestimmende Qualitätsmerkmal, von dem auch verschiedene andere Gütemerkmale abhängig sind. Dabei wurden erhebliche Fortschritte erzielt: Die unter Baustellenbedingungen sicher erreichbare Druckfestigkeit von Betonen stieg von ca. 40 N/mm² in den 1960er Jahren auf mittlerweile 200 N/mm² bei (ultra-)hochfesten Betonen. In der Folge kann die Tragstruktur eines modernen Bauwerks aus Beton heute mit deutlich geringeren Querschnittsabmessungen ausgeführt werden. Dies gilt sowohl für Stützen als auch für Träger, die auf Biegung beansprucht werden: Abb. 17 zeigt den Vergleich von Querschnitten mit gleicher Tragfähigkeit in verschiedenen Ausführungsweisen. Dabei reicht der Träger aus

ultrahochfestem Beton hinsichtlich Querschnittsabmessungen und Gewicht an das Niveau von Stahlträgern heran. Durch Verwendung hochfester Betone wird in Gebäuden zusätzliche Nutzfläche gewonnen. Dadurch können die nutzflächenbezogenen Bauwerkskosten sinken, während gleichzeitig die Ressourcenproduktivität erhöht und Umweltbelastungen verringert werden.

Aktuelle Entwicklungen gehen über die Erhöhung der Festigkeit hinaus und geben modernen Betonen den Charakter von „High-Tech“-Werkstoffen, die für spezielle Anwendungsfälle zugeschnitten werden. Ein Beispiel hierfür ist Selbstverdichtender Beton, der vor rund zehn Jahren in Japan entwickelt wurde und die Optimierung von Bauprozessen ermöglicht. Er hat eine höhere Fließfähigkeit und Homogenität. Die Verdichtung erfolgt ausschließlich durch die Schwerkraft, so dass der Einsatz von Rüttlern überflüssig wird. Auf diese Weise werden eine größere Dauerhaftigkeit der Bauwerke, wirtschaftliche Vorteile (höhere Einbauleistung, Reduzierung von Einbau- und Nacharbeiten), eine bessere gestalterische Qualität (Betonoberflächen) sowie eine Entlastung der Umwelt (Reduzierung von Lärm beim Bau) erreicht. Selbstverdichtende Betone weichen in ihrer Konsistenz und in der Regel auch in ihrem Mehlkorngesamt von den Anforderungen der derzeit gültigen Betonnorm ab. Deshalb ist ihr Einsatz gegenwärtig noch an eine bauaufsichtliche Einzelfallzustimmung oder an bauaufsichtliche Zulassungen durch das Deutsche Institut für Bautechnik gebunden. Eine entsprechende Anwendungsrichtlinie ist vom Deutschen Ausschuss für Stahlbeton erarbeitet worden und dürfte eingeführt werden, wenn umfassendere Erfahrungen aus der Zulassungspraxis vorliegen.

Positive Auswirkungen auf Bauprozesse werden heute auch mit schnell erhärtenden Reparaturmörteln oder Betonen erreicht, die durch Verwendung spezieller Zemente früher abbinden und so eine Verkürzung von Bauzeiten ermöglichen. Wichtig ist dies beispielsweise im Straßenbau, wo durch die Verwendung schnell erhär-

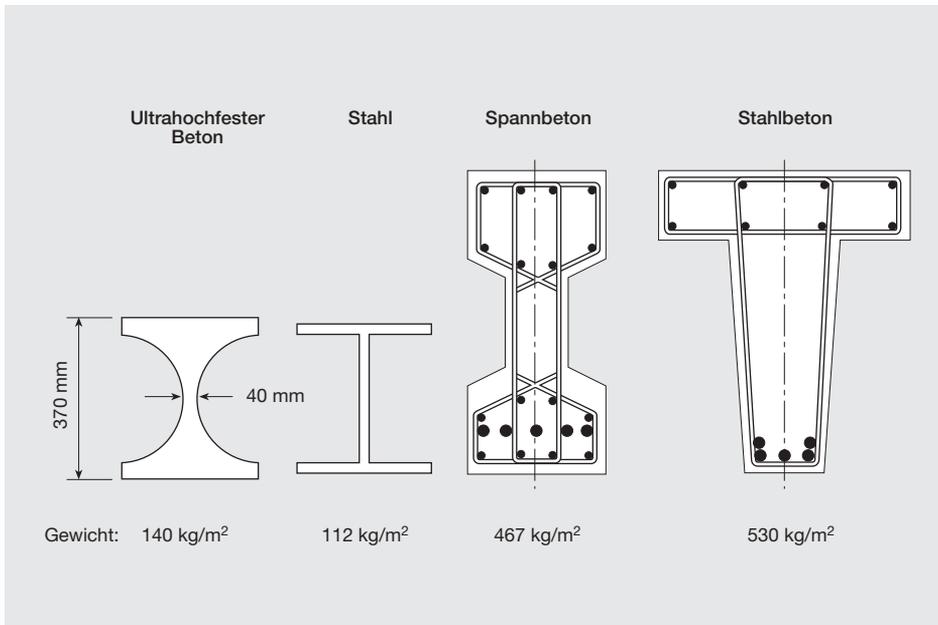


Abb. 17: Balkenquerschnitte bei verschiedenen Bauweisen (Quelle: Roubin 1999/eigene Darstellung)

tender Systeme bei Reparaturen die Fahrbahn bereits nach wenigen Stunden wieder genutzt werden kann (vgl. SCHMIDT 1998). Im Fertigteilbau können bei Einsatz von Zementen mit hoher Frühfestigkeit die Ausschaltzeiten verkürzt und die Fertigteile schneller eingesetzt werden. Außerdem eignen sich schnell erhärtende Betone auch für den Einsatz bei Umgebungstemperaturen von unter 0 °C, so dass sie den Betonbau bei ungünstigen Witterungsbedingungen ermöglichen.

Eine zunehmende Bedeutung erhält die Verarbeitung von Zement zu modernen Verbundwerkstoffen wie z. B. Faserbetonen. In den DFG-Sonderforschungsbereichen 532 in Aachen und 528 in Dresden wird dieses Thema gegenwärtig intensiv untersucht. Traditionell wird Beton mit Stahl kombiniert, um seine Zugfestigkeit zu erhöhen. Während die Bewehrung beim Stahlbeton die Aufgabe hat, die Zugkräfte im Grenzzustand der Tragfähigkeit aufzunehmen, bieten textile Verstärkungen in erster Linie die Möglichkeit zur Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit. Hierzu wird Beton durch eine textile Bewehrung ergänzt, die in der Vorproduktion maßgerecht an die jeweilige Aufgabe angepasst

werden kann. Dabei kommen v. a. industriell hergestellte Chemiefasern zum Einsatz. Weil solche Stoffe gegenüber den im Stahlbeton üblichen Korrosionsmechanismen widerstandsfähig sind, bedarf die Bewehrung keiner Überdeckung, wodurch filigraner und leichter gebaut werden kann.

Aber auch die traditionelle Kombination von Beton und Stahl bietet noch Innovationsmöglichkeiten, beispielsweise bei der Herstellung von Bauteilen für Systembauweisen. Dies zeigt z. B. ein innovatives Bausystem mit tragenden Wandtafeln aus kaltgewalzten Stahlprofilrahmen und Leichtbeton. Aufgrund des an allen vier Kanten umlaufenden speziellen Stahlprofils lassen sich die für das jeweilige Haus maßgefertigten Tafeln auf der Baustelle durch ein Stecksystem mit unterstützendem Mörtel Einsatz besonders schnell und passgenau montieren. Die Verarbeitungsqualität bei der Vorfertigung der Wandtafeln im Betonfertigteilwerk macht auf der Rauminnenseite sogar einen Putz überflüssig, was zu einer weiteren Optimierung des Bauprozesses führt.

Ein weiteres Handlungsfeld für betontechnische Innovationen ist der Schutz von Be-

tonbauteilen gegen Korrosion und schädigende Angriffe, wie sie z. B. durch Chemikalien in Abwasserleitungen auftreten können. Solchen Angriffen auf Oberflächen kann durch ein möglichst dichtes Betongefüge begegnet werden. Hierzu werden die Gesteinskörnungen und das Bindemittel Zement im Hinblick auf ihre Korngrößen so aufeinander abgestimmt, dass eine möglichst dichte Matrix entsteht. Gegebenenfalls werden weitere, geeignete Feinstoffe als Füller eingesetzt. Insgesamt kann hierdurch eine hohe Chemikalienbeständigkeit des Betons erreicht werden. Wichtige Anwendungen entsprechender Hochleistungsbetone stellen Kanalsysteme und – in der jüngsten Vergangenheit – der Bau des Kühlturms des Kraftwerks Niederaußem bei Köln dar.

Ressourcenschonung durch Betonrecycling

Beton lässt sich – sortenreine Fraktionierung vorausgesetzt – vollständig recyceln. Dabei ist zweierlei zu unterscheiden (vgl. Abb. 18): Erstens das Produktionsrecycling insbesondere von Frischbeton und zweitens das Recycling von Beton und anderen Baustoffen nach Abriss oder Rückbau von Bauwerken. Für das Produktions- bzw. Frischbetonrecycling hat der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton eine Richtlinie entwickelt, nach der die Produktionsreste bei der Betonherstellung so ausgewaschen werden, dass Restwasser und Restzuschlag direkt wiedergewonnen und erneut eingesetzt werden können. Die Richtlinie schreibt dazu Verfahren vor, die eine normgerechte Produktqualität gewährleisten. Beim Frischbetonrecycling ist ein geschlossener anlageninterner Kreislauf heute Stand der Technik. Betonbruch, der beim Abriss oder Rückbau anfällt, wird in Form von Betonsplitt oder Betonbrechsand als recycelte Gesteinskörnungen bei der Beton-Herstellung oder für andere Zwecke (insbesondere im Straßenbau) verwendet. Als „Betonzuschlag“ können weitere sortierte und klassifizierte Baurestoffe – beispielsweise Ziegelsplitt – verwertet werden, so dass Zement eine sinnvolle Wiederverwendung auch dieser Materialien ermöglicht.

Das Recycling von Betonbruch und anderen Baurestmassen ist eine wichtige Maßnahme, um Gesamtabfallmenge und Deponierung zu verringern. Zugleich werden damit bei der Baustoffproduktion natürliche Rohstoffe eingespart. Um diese Ziele umzusetzen, haben Bauwirtschaft und Baustoffindustrie 1996 die Arbeitsgemeinschaft Kreislaufwirtschaftsträger Bau gegründet, in der die deutsche Zementindustrie über den Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden mitwirkt.

Insgesamt liegt der jährliche Verbrauch an mineralischen Baustoffen in Deutschland bei 700 bis 800 Mio. t. Für das Recycling von Baurestmassen sind vor allem die Fraktionen Bauschutt, Straßenaufbruch und Baustellenabfälle relevant, die jeweils auch Betonbruch umfassen. 1998 betrug das Aufkommen dieser Stoffe in Deutschland 77,1 Mio. t (Abb. 19). Hiervon wurden 72 % verwertet, womit bereits die von der EU-Kommission für das Jahr 2010 angestrebte Verwertungsquote (70 bis 85 %) erzielt wurde. Die höchste Verwertungsquote (rund 86 %) wurde beim Straßenaufbruch erreicht, der in der Regel direkt vor Ort erneut als Baumaterial eingesetzt wird (Arbeitsgemeinschaft Kreislaufwirtschaftsträger Bau 2001).

Aus den verwerteten Materialien wurden rund 55 Mio. t Recyclingbaustoffe hergestellt. Dies bedeutet, dass sich trotz der hohen Verwertungsquote nur rund 8 % des gesamten Bedarfs an mineralischen Baustoffen unterschiedlicher Qualität mit Recyclingmaterial abdecken ließen. Hinzu kommt, dass sich maximal drei Viertel der Recyclingbaustoffe als Ersatz für qualifizierte primäre Mineralstoffe eignen, der Rest hingegen nur für Erdbau und Verfüllungen (SCHMIDT CONSULT 2000, S. 79).

Für die Zukunft ist aufgrund der Altersstruktur des Gebäude- und Infrastrukturbestandes ein Anstieg der jährlichen Baurestmassen zu erwarten – das Recycling wird deshalb an Bedeutung gewinnen. Die Arbeitsgemeinschaft Kreislaufwirtschaftsträger Bau schätzt, dass die Menge der jährlich anfallenden Baurestmassen von 77 Mio.

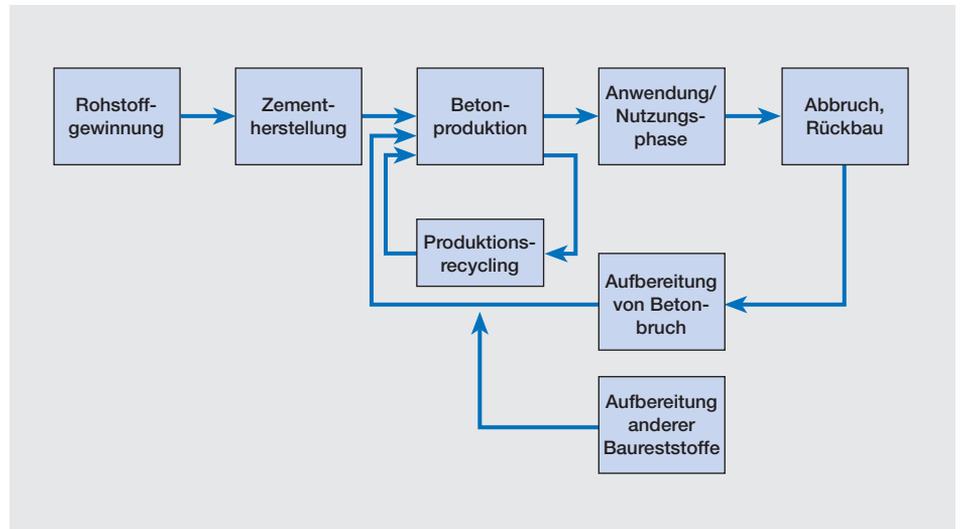


Abb. 18: Stoffströme beim Recycling von Beton

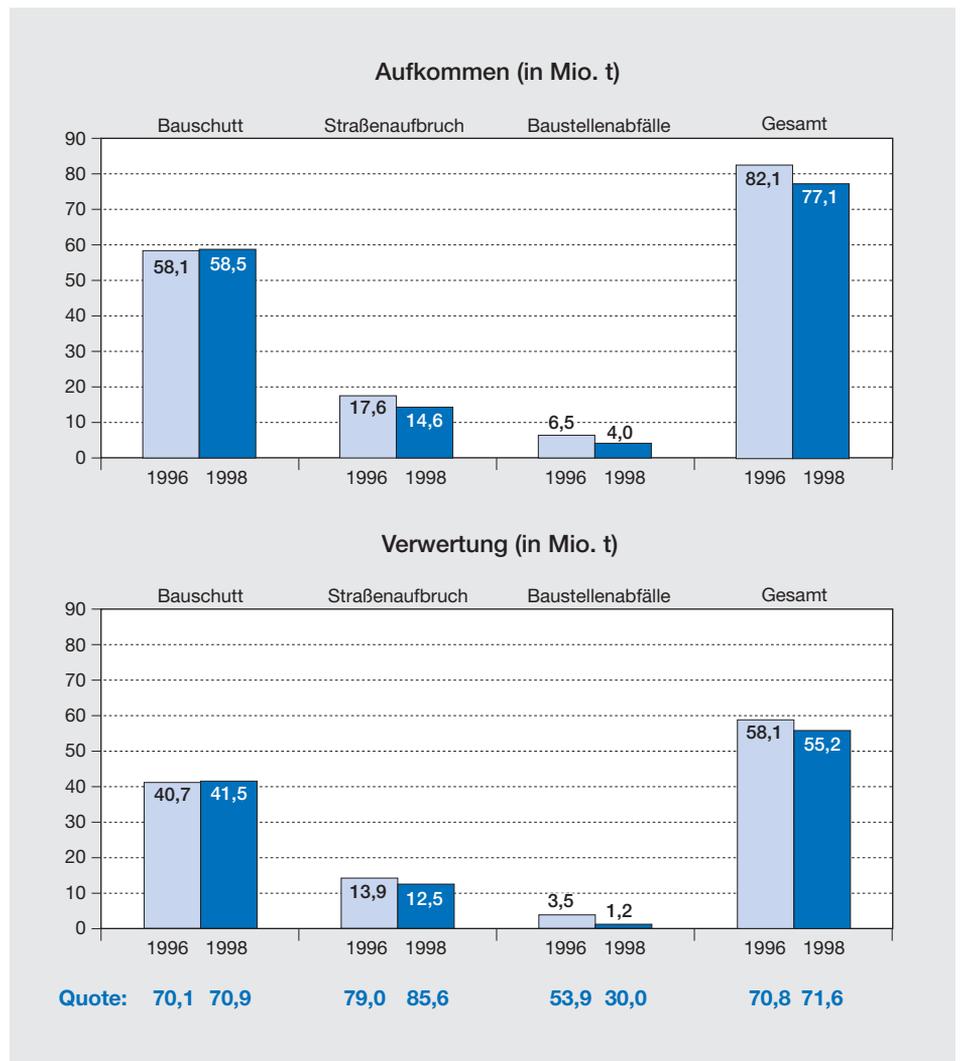


Abb. 19: Anfall und Verwertung von Baurestmassen (Quelle: Kreislaufwirtschaftsträger Bau 2001)

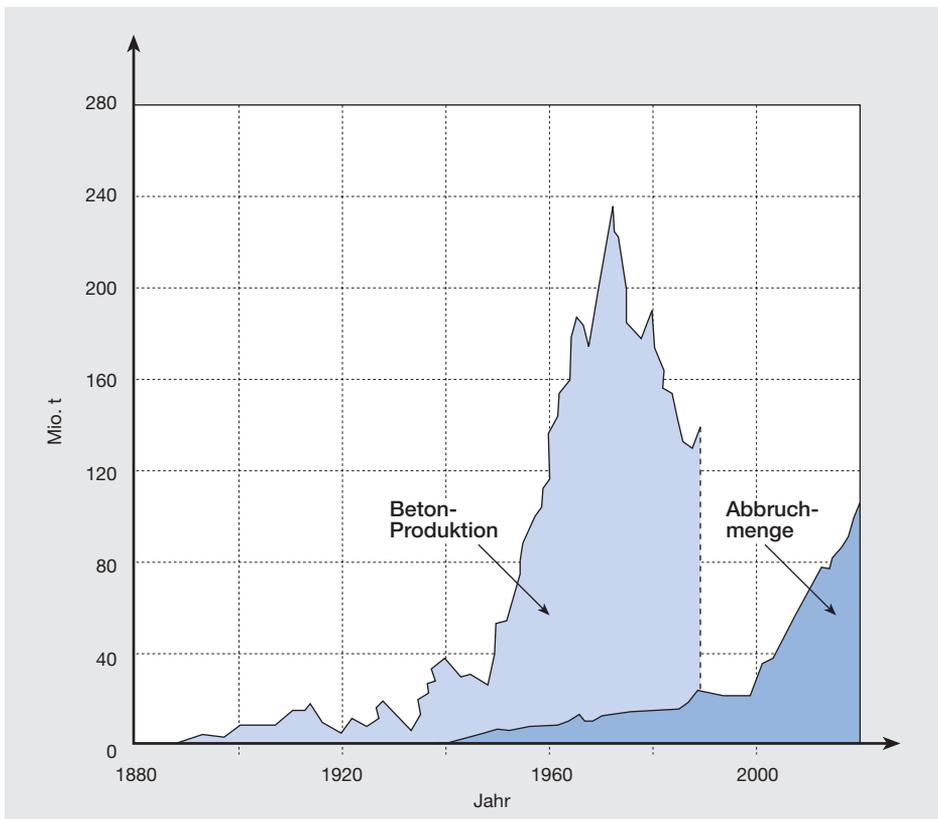


Abb. 20: Schätzung von Betonabbruchmengen (Quelle: VDZ 1999a, S. 140)

t in 1998 auf 100 bis 130 Mio. t in 2010 zunimmt. Zudem ist eine weitere Steigerung der Verwertungsquote denkbar. Da sich die Baustoffnachfrage in den kommenden Jahren weitgehend stabil entwickeln dürfte, kann davon ausgegangen werden, dass der Marktanteil von Recyclingbaustoffen signifikant steigt. Eine wichtige Voraussetzung sind geeignete Rahmenbedingungen im Abfallrecht, das die Ziele der Kreislaufwirtschaft nicht konterkarieren sollte. Allerdings dürfte der Marktanteil der meisten Recyclingbaustoffe im Hochbau selbst unter günstigen Voraussetzungen mittelfristig kaum mehr als 10 bis 15 % betragen (SCHMIDT CONSULT 2000, S. 80).

In Zukunft ist vor allem mit einer starken Zunahme von Betonbruch zu rechnen (Abb. 20), weil Beton ab den 1920er Jahren verstärkt als Baustoff eingesetzt wurde und deshalb im Bauwerksbestand, der in den nächsten Jahren abgerissen bzw. rückgebaut wird, stark steigende Anteile hat. So besteht ein typisches Wohnhaus heute

zu rund 45 Vol.-% aus Beton, der Anteil des Mauerwerks beträgt 30 %. Mörtel, Putz und Gips machen etwa 20 % aus. Ein Ingenieurbauwerk, wie z. B. eine Brücke, kann sogar zu rund 90 % aus Beton bestehen.

Betonbruch wird heute zu unterschiedlichen Recyclingprodukten aufbereitet, er kann z. B. als recycelte Gesteinskörnung für Beton oder für den Unterbau von Straßen verwendet werden. Betonbruch, der im Straßenbau anfällt, wird bereits heute nahezu vollständig verwertet. Hier gilt auch Beton mit recycelten Gesteinskörnungen als bewährt, während dieser im Hochbau bisher nur zurückhaltend eingesetzt wird. Die Ursache hierfür liegt in Unsicherheiten bezüglich der Materialqualität, die u. a. von Fremdstoffen ausgehen, die dem Ausgangsmaterial anhaften können. Zudem gab es in der Vergangenheit keine technischen Regeln für die Anwendung im Hochbau – eine Lücke, die seit 1998 durch die Richtlinie „Beton mit rezykliertem Zu-

schlag“ des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton geschlossen wurde. Inzwischen liegt auch eine Norm für den Einsatz recycelter Gesteinskörnungen in Beton vor (DIN 4226, Teil 100).

Tatsächlich ergeben sich bei der Herstellung und Verarbeitung von Beton mit recycelten Gesteinskörnungen einige Besonderheiten, die mit dem Zementsteinanteil der wieder verwendeten Stoffe zusammenhängen. Die Porosität der recycelten Gesteinskörnungen führt im Vergleich zu primären Gesteinskörnungen zu einem erhöhten Wassersaugen, was bei der Herstellung des Frischbetons durch Vornässung berücksichtigt werden kann. Um vergleichbare Druckfestigkeiten im Festbeton zu erhalten, können bei Beton mit recycelten Gesteinskörnungen erhöhte Zementzugaben erforderlich sein. Da sich selbst in diesem Fall die Festbetoneigenschaften gegenüber Beton mit primären Gesteinskörnungen verändern können, hat der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton den Anteil an recyceltem Material in der o. g. Richtlinie begrenzt. Dass sich Betone mit recycelten Gesteinskörnungen wie Normalbetone einsetzen lassen, wird durch praktische Erfahrungen im Hochbau – z. B. beim Neubau der Deutschen Bundesstiftung Umwelt in Osnabrück – bestätigt.

Nach dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz ist die Vermeidung von Abfällen das oberste Ziel, an zweiter Stelle steht deren Verwertung. Abfälle, die nicht verwertbar sind, müssen beseitigt werden. Übertragen auf Bauwerke ist danach am Ende einer Nutzungsphase zunächst deren Weiterverwendung bzw. Modernisierung zu prüfen. Allerdings haben sich die Bedürfnisse von Wirtschaft und Gesellschaft so verändert, dass Bauwerke, die in der Vergangenheit errichtet wurden, unter technischen, ökologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten häufig nicht mehr verwendbar sind. Auch eine Wiederverwendung einzelner Bauteile erfüllt in der Praxis nur selten die Anforderungen für den Einsatz in Neubauten. Daher dürfte auch in Zukunft der überwiegende Teil der Gebäude am Ende ihrer Nutzung abgerissen bzw. gezielt zurückgebaut werden.

Forschungsarbeiten sollen dazu beitragen, die Anforderungen an eine Wiederverwendung von Baumaterialien technisch-wissenschaftlich abzusichern. Der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton hat hierzu ein Forschungsprogramm „Baustoffkreislauf im Massivbau“ aufgelegt, das vom Bundesminister für Bildung und Forschung und der Industrie unter Projekträgerschaft der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt finanziert wurde. Das Forschungsinstitut der Zementindustrie war an diesem Vorhaben, das 1999 abgeschlossen wurde, mit drei Projekten beteiligt. Dabei stand die Verwertung von Betonbrechsand und Betonsplitt in Form von recycelten Gesteinskörnungen im Vordergrund.

Arbeitsschutz durch chromatarne Zemente

Dem Gesundheitsschutz für Bauarbeiter wurde in den letzten Jahren bei der Herstellung bzw. Vermarktung von Beton zunehmend Beachtung geschenkt. Durch die Verarbeitung von Zement bzw. zementgebundenen Baustoffen erkranken nach Angaben der Bau-Berufsgenossenschaften in Deutschland jedes Jahr über 300 Bauarbeiter an allergischer Chromatdermatitis („Maurerkrätze“). Auslöser dieser allergischen Hautkrankheit ist Chromat, das in geringen Konzentrationen im Zement und in zementhaltigen Baustoffen enthalten ist. Bei der Verarbeitung zu Frischmörtel und Frischbeton löst sich ein Teil des Chromats im Wasser. Bei manueller Verarbeitung und Hautkontakt besteht die Gefahr einer sensibilisierenden Wirkung. In Abhängigkeit von Intensität und Dauer des Kontakts sowie der Konzentration des Chromats kann es später – meistens nach 10 bis 20 Jahren – zum Ausbruch allergischer Krankheitssymptome kommen.

Ohne weitergehende Maßnahmen sind in Zement und zementhaltigen Produkten bis zu maximal 20 ppm wasserlösliches Chromat enthalten. Das Chromat entsteht beim Brennen des Zementklinkers aus dem in der Natur verbreiteten Spurenelement Chrom, das in geringen Konzentrationen auch in den Rohstoffen Kalk und Ton enthalten ist. Nach heutigem Erkenntnisstand

ist davon auszugehen, dass bei Konzentrationen von weniger als 2 ppm wasserlöslichen Chromats im Zement Erkrankungen der Haut weitgehend vermieden werden können. Zemente und zementhaltige Produkte gelten daher als chromatarm, wenn sie weniger als 2 ppm wasserlösliches Chromat enthalten. Entsprechende Produkte werden mit dem Aufdruck „Chromatarm gemäß TRGS 613“ gekennzeichnet.

Im Dezember 1998 vereinbarten Vertreter der Zementindustrie, der Weiterverarbeiter, des Baustoff-Fachhandels, der Bauwirtschaft, der Bau-Berufsgenossenschaften, der IG BAU sowie der Arbeitsschutzbehörden hierzu eine Branchenregelung. Sie umfasst effektive Maßnahmen zur Bekämpfung der Maurerkrätze, die sich vor allem auf die Herstellung und den Einsatz chromatarmer Produkte für die überwiegend manuelle Verarbeitung (Sackzement, Werk trocken- und Werkfrischmörtel, bauchemische Produkte und Zweikammersilomörtel) sowie die Vermeidung von direktem Hautkontakt mit feuchten zementhaltigen Baustoffen beziehen. Zur Chromatreduzierung von Sackzement wird überwiegend granulatförmiges Eisen(II)sulfat verwendet. Das Eisen(II)sulfat wird dem Zement vor der maschinellen Verpackung volumetrisch oder gravimetrisch zudosiert und durch den Einfüllvorgang ausreichend homogenisiert. Die Wirksamkeit der vereinbarten Maßnahmen wird durch Monitoring regelmäßig überprüft. Auf dieser Basis wurde die Branchenregelung Anfang 2002 weiterentwickelt.

3.4 Anwendung zementgebundener Baustoffe

Die Auswahl und Anwendung von Baustoffen bzw. Bauweisen ist wesentlich für die Umsetzung von Zielen und Handlungsvorschlägen, wie sie unter anderem von der Enquete-Kommission des Bundestages für das Beispielfeld des nachhaltigen Bauens und Wohnens entwickelt wurden. Zementgebundene Baustoffe tragen aufgrund ihrer spezifischen Materialeigenschaften in vielerlei Hinsicht dazu bei, dass

Ansprüche an nachhaltige Bauweisen erfüllt werden können. Dies gilt z. B. im Hinblick auf den Brandschutz: Beton bleibt unter Temperatureinwirkungen weitgehend fest, trägt nicht zur Brandlast bei, leitet den Brand nicht weiter, bildet keinen Rauch und setzt keine toxischen Gase frei. Im Folgenden kann nicht auf alle Aspekte der Anwendung zementgebundener Baustoffe eingegangen werden – vielmehr erfolgt hier eine Darstellung bestimmter Schwerpunkte, die für die aktuelle Diskussion von nachhaltiger Entwicklung im Feld Bauen und Wohnen eine besondere Relevanz haben.

Wie die zweite Enquete-Kommission in ihrem Abschlussbericht dargelegt hat, ist nachhaltige Entwicklung ein Lernprozess zwischen allen gesellschaftlichen Akteuren. Für den Baubereich, der durch Unikatifertigung, differenzierte Nutzungsansprüche an die Gebäude und die Vielzahl verschiedener Beteiligter im Bauprozess geprägt ist, gilt dies in besonderem Maße. Der Förderung einer entsprechenden Zusammenarbeit dienen auch verschiedene Aktivitäten des Bundesverbandes der Deutschen Zementindustrie. Beispiele hierfür sind die Weiterbildungsveranstaltungen und Veröffentlichungen der Bauberatung Zement, das Forum „Zukunft Bauen“, das als dialogorientierte Veranstaltungsreihe seit 1992 bundesweit durchgeführt wird, oder die Beteiligung an Initiativen der Bundesregierung zum kostengünstigen Wohnungsbau. Mit zwei Architekturpreisen werden jährlich zukunftsweisende und ästhetische Baukonzepte prämiert. Ästhetik wurde bereits von der Enquete-Kommission als wesentliches Element einer nachhaltigen Bauweise hervorgehoben. Beide Architekturpreise heben zudem auf kostengünstige und Flächen sparende Baulösungen ab. Aktivitäten der Zementhersteller zum Thema Mobilität und Infrastruktur werden weiter unten beschrieben.

Kostengünstiges Bauen und Systembauweise

In wirtschaftlicher Hinsicht ist die Minimierung der Lebenszykluskosten von Gebäuden ein vorrangiges Ziel – hiervon hängt in entscheidendem Maße ab, ob soziale

Nachhaltigkeitsziele wie die Erhöhung der Wohneigentumsquote und die Schaffung von bedarfsgerechtem und angemessenem Wohnraum für die verschiedenen Altersgruppen, Haushaltsgrößen und Einkommensschichten erreicht werden können. Ausschlaggebend sind erstens die Kosten der Gebäudeerrichtung und zweitens die Kosten der Gebäudenutzung, wobei letztere über den gesamten Lebenszyklus in der Regel überwiegen.

Gerade die Gebäudeerrichtung – dies gilt vor allem für den Wohnungs- und Eigenheimbau – ist in Deutschland vergleichsweise teuer. Bei der hier angestrebten Kostensenkung geht es weniger um die Baustoffe, deren Kostenanteil bei der Errichtung eines Gebäudes in der Regel nur wenige Prozent ausmacht und deshalb keinen Spielraum für eine spürbare Senkung der Baukosten bietet. Die Ursachen hoher Baukosten liegen vielmehr in den Grundstückspreisen, den Ansprüchen an die Ausstattung und ineffizienten Bauprozessen. Während Grundstückskosten und Ausstattung eines Gebäudes von den verwendeten Baustoffen vollständig bzw. weitgehend unabhängig sind, gibt es zwischen der Organisation von Bauprozessen und der Wahl der eingesetzten Baumaterialien zumindest potenziell starke Wechselwirkungen. An dieser Stelle ist deshalb auch die Baustoffindustrie angesprochen, die durch Produktinnovationen eine rationellere Bauweise unterstützen kann.

Schließt man eine Absenkung bisheriger Qualitätsstandards aus, können für eine Kostensenkung in der Bauerstellung vor allem zwei Ansätze verfolgt werden:

- eine stärkere Koordination aller Bauteilgigen (Bauherren, Architekten, Tragwerks- und Fachplaner, ausführende Unternehmen) vom Beginn des Planungsprozesses an durch die Bildung von Bauteams;
- eine stärkere Anwendung von Systembauweisen durch vorgefertigte Bauteile, um die Kostenvorteile der industriellen Produktion zu nutzen, Bauzeiten zu verringern, Bauschäden zu vermeiden

und die Bauerstellung witterungsunabhängiger zu machen.

Die Entwicklung von Systembauweisen, die in vielen Staaten (z. B. in den USA und Japan) weitaus verbreiteter sind als in Deutschland, hängt stark mit der Auswahl von Baustoffen zusammen – besondere Potenziale hierfür besitzen Beton, Stahl und Holz (vgl. Abb. 21). Hierzu hat die Bauhaus-Universität Weimar im Auftrag des Bundesverbandes der Deutschen Zementindustrie kürzlich eine Untersuchung vorgelegt (vgl. www.systembauweise.de bzw. LINDNER/SCHMITZ-RIOL 2001), die anhand ausgewählter Beispiele einen Überblick über rationelle, durch Fertigteile geprägte Massivbauweisen gibt. Zudem werden weitere Optimierungspotenziale hinsichtlich Bauteile-Herstellung, Transport, Montage, Wartung und Instandhaltung identifiziert, mit denen niedrigere Bauwerkskosten und kürzere Bauzeiten erreicht werden können.

Die betrachteten Bausysteme bieten Lösungen für den Neubau von Einfamilienhäusern, Reihenhäusern sowie mehrgeschossigen Wohnhäusern und sind zum Teil auch auf das Bauen im Bestand (Sanierung, Modernisierung) übertragbar. Dabei zeigt sich nicht nur, dass mit den Systemen preiswert gebaut werden kann, sondern auch, dass die Gebäude trotz hohem Vorfertigungsgrad ästhetischen Ansprüchen gerecht werden, die industrielle Vorfertigung von Modulen (z. B. Wand-, Decken- und Ausbauelemente) sich also mit kreativer Gestaltung und individuellen Ansprüchen der Nutzer verknüpfen lässt.

Die von der Bauhaus-Universität Weimar untersuchten Modellprojekte belegen zudem, dass sich Wohngebäude hinsichtlich ihrer Nutzung flexibel und reversibel gestalten lassen, so dass sie an Nutzungsänderungen angepasst werden können. Auf diese Weise kann die Lebensdauer von Gebäuden verlängert werden. Entsprechende Maßnahmen sind vor allem von der Möglichkeit abhängig, Innenwände zu versetzen und damit Raumzuschnitte zu verändern. Demnach muss der Anteil tragender Wände möglichst klein gehalten

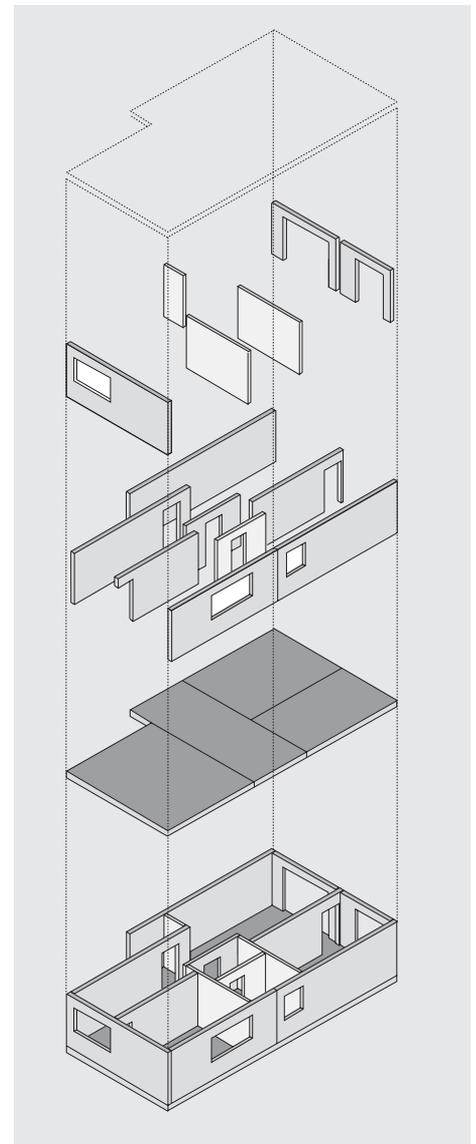


Abb. 21: Konstruktion mit Systembauelementen aus Beton (Quelle: Lindner/Schmitz-Riol, 2001, S. 29)

und eine Architektur mit großen Spannweiten umgesetzt werden. Die Tragkraft von Beton bietet hierzu entsprechende Möglichkeiten. Solche Lösungen lassen sich auch durch eine Skelettbauweise realisieren, wobei Beton neben Stahl für die Ausführung verwendet wird.

Im Ergebnis zeigt die Untersuchung, dass die Bauwerkskosten (Kostengruppen 300 bis 400 nach DIN 276 inkl. MwSt.) bei der Systembauweise im Durchschnitt nur wenig über 920 €/m² Wohnfläche liegen. Dies

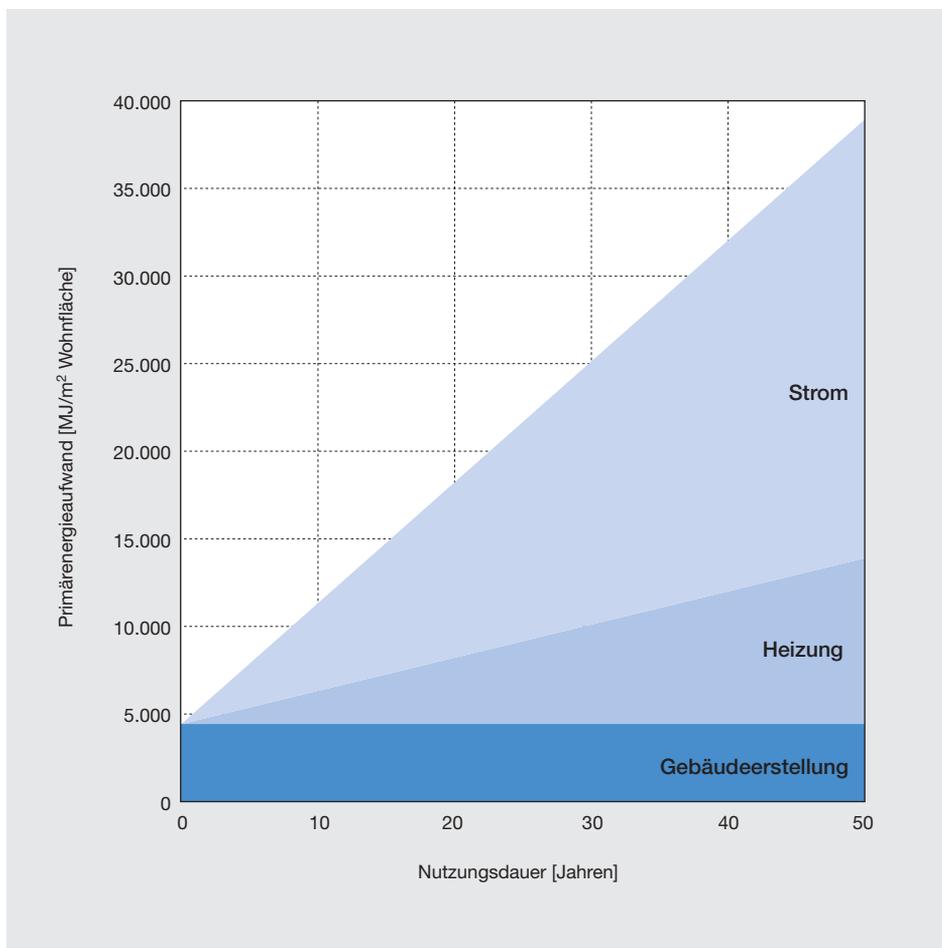


Abb. 22: Primärenergieverbrauch für Erstellung und Nutzung eines Mehrfamilien-Niedrigenergiehauses (Quelle: VDZ 1999a)

ist deutlich günstiger als der statistische Mittelwert der Baukosten in Deutschland (rund 1.250 €/m²). Zudem wurde die Senkung der Betriebskosten berücksichtigt: Solarkollektoren, Regenwassernutzung, kontrollierte Lüftung sowie Erdwärmetauscher sind auch im kostengünstigen Wohnungsbau zu realisieren. Der Baustoff Beton – so ein weiteres Ergebnis der Untersuchung – ist für die Realisierung leistungsfähiger Bausysteme unverzichtbar. In Kombination mit anderen Baustoffen wie Stahl, Holz und Glas verleiht Beton entsprechenden Konstruktionen die notwendige schall- und brandschutztechnische Leistungsfähigkeit. Die Ergebnisse der Studie werden im Rahmen einer neu konzipierten Hochschulinitiative des BDZ für die Ausbildung von Architekten und Bauingenieuren genutzt.

Angaben über die Baukosten aus der amtlichen Statistik zeigen, dass die in der Untersuchung exemplarisch dargestellten Möglichkeiten kostengünstiger Systembauweisen sich bisher nur in geringem Maße durchgesetzt haben: Bis 1997 sind die durchschnittlichen Baukosten je m² Wohnfläche in Deutschland angestiegen, seit 1998 ist lediglich ein geringer Rückgang zu verzeichnen. In der Marktentwicklung für Betonprodukte lassen sich allerdings bereits Verschiebungen zugunsten fertiger Betonbauteile erkennen. Für die Zukunft wird eine Fortsetzung dieses Trends erwartet.

Die stärkere Nutzung von Systembauweisen hätte erhebliche Auswirkungen auf die Beschäftigung in der Bauwirtschaft. Einerseits wird die Bauerstellung durch Sys-

tembauweisen rationalisiert, so dass sich der Umfang menschlicher Arbeit reduziert. Andererseits könnte eine Senkung der Bauwerkskosten zu einer Steigerung der Nachfrage nach Bauleistungen und damit zu Beschäftigungsimpulsen führen. Mit Systembauweisen sind in jedem Fall qualitative Verbesserungen der Arbeit verbunden: Erstens werden Tätigkeiten von der Baustelle in wetterunabhängige Produktionsstätten verlagert und zweitens stellt die Montage von Systembauteilen veränderte Anforderungen an die Qualifikation der Beschäftigten. Perspektivisch könnte daher mit Systembauweisen eine Requalifizierung von Bauarbeit verbunden sein.

Ressourcen schonendes Bauen

Grundsätzlich ist jede Bautätigkeit und Gebäudenutzung – und damit auch jede Anwendung zementgebundener Baustoffe – mit einem Eingriff in die Umwelt verbunden. Das Umweltbundesamt versteht unter dem Begriff „Ökologisches Bauen“ eine Minimierung des Energie- und Ressourcenverbrauchs sowie der Belastung des Naturhaushaltes im gesamten Lebenszyklus von Gebäuden. Die sozialen und wirtschaftlichen Bedürfnisse beim Bauen und Wohnen sollen danach mit einem möglichst geringen Bauaufwand und Flächenverbrauch erreicht werden.

Flächen sparendes Bauen ist keine isolierte Aufgabe bei der Gebäudeerrichtung, sondern muss im Zusammenhang mit notwendigen Infrastrukturmaßnahmen (z. B. bei der Erschließung der Grundstücke) und der Siedlungsentwicklung gesehen werden. Aus diesem Grund schlägt die zweite Enquete-Kommission des Bundestages eine Stärkung städtischer Strukturen und des Bestandsbaus vor. Die Zementindustrie hat ihrerseits zum Thema Flächen sparende Bauweisen praktische Modellprojekte gefördert, die auf die Schließung von Baulücken, die Nachverdichtung (z. B. durch Aufstockung vorhandener Gebäude) und das Flächenrecycling abzielen. Auch die Unterkellerung von Wohnhäusern kann diesem Ziel dienen. Bei den Architekturpreisen, die der BDZ verleiht, ist Flächen sparendes Bauen ein wichtiges Kriterium.

Die Verwendung von Beton ermöglicht die Erstellung dauerhafter Bauwerke mit langen Nutzungsphasen. In den deutschen Berechnungs- und Bemessungsnormen wird eine technische Mindestlebensdauer von 50 Jahren angenommen, die in manchen Fällen (z. B. bei großen Tunnel- oder Brückenbauwerken) auch erheblich länger ausfallen kann. Grundsätzlich kann die tatsächliche Lebensdauer der Gebäude die angesetzte technische Lebensdauer deutlich übersteigen. Gegen Angriffe durch Korrosion, chemische Stoffe und mechanischen Verschleiß werden Bauwerke in Expositionsklassen eingeteilt und entsprechend bemessen. Langlebigkeit und Dauerhaftigkeit von Bauwerken müssen durch Wartung und Instandhaltung abgesichert werden, bei der Instandsetzung und Erüchtigung wird u. a. Spritzbeton auf der Basis von Spezialzementen eingesetzt. Schäden an Betonbauwerken können auch durch eine unsachgemäße Verarbeitung zementgebundener Baustoffe bei der Gebäudeerstellung verursacht werden. Deshalb beteiligen sich die Zement- und Betonhersteller nicht nur an der Erarbeitung der technischen Regelwerke, sondern bieten im Rahmen von Weiterbildungsveranstaltungen detaillierte Informationen zur korrekten Anwendung zementgebundener Baustoffe für Architekten, Bauherren und Bauunternehmen an.

Energieeinsparung

Umweltbelastungen sind besonders im Wohnungsbau nicht in erster Linie mit der Erstellung eines Bauwerks einschließlich der Baustoffproduktion verbunden, sondern vor allem mit seiner Nutzung. Abb. 22 verdeutlicht dies am Beispiel des Primärenergieaufwands: Bereits wenige Jahre nach der Erstellung eines Gebäudes übersteigt der Primärenergieaufwand aufgrund des Stromverbrauchs und der Gebäudeheizung den Energieaufwand, der mit der Erstellung des Gebäudes verbunden ist. Daher sollten sich Entwurf und Planung eines Gebäudes stärker als bisher an der zukünftigen Nutzung orientieren – auch um Umweltwirkungen und Kosten in der Nutzungsphase (Energieverbrauch, CO₂-Emissionen etc.) zu minimieren.

Der Heizenergiebedarf ist in starkem Maße von bauphysikalischen Eigenschaften und damit auch von der Gestaltung des Bauwerks und den eingesetzten Baumaterialien abhängig. Eine große Rolle spielt dabei die Wärmeleitfähigkeit der Gebäudehülle. Im Vergleich zu anderen konstruktiven Wandbaustoffen hat Normalbeton hier zunächst Nachteile, denn als Folge seiner hohen Dichte leitet er Wärme besonders gut. Durch den Einsatz moderner Wärmedämmungen lassen sich mit dem Wandbaustoff Beton aber Dämmwerte erzielen, die hinter Wandsystemen auf der Basis anderer konstruktiver Baustoffe nicht zurückstehen. Leichtbetonbauteile weisen durch leichte Gesteinskörnungen wie Bims oder Blähton bzw. durch Porenbeton („Aufschäumen“ eines Gemisches aus Sand und Bindemitteln) sogar besonders gute Dämmeigenschaften auf. Leichtbeton wird vor allem zur Herstellung von Wänden eingesetzt.

Im Übrigen bedingt die hohe Masse von Beton nicht nur eine hohe Wärmeleitfähigkeit, sondern führt auch zu einer hohen Wärmespeichereigenschaft, die in Gebäuden genutzt werden kann, um den Bedarf an Heizenergie zu verringern. Dies ist durch die passive Nutzung von Sonnenenergie

möglich: Hierzu eignen sich Beton-Kollektortwände, die auf der Bauteilaußenseite mit einer transparenten, strahlungsdurchlässigen Dämmschicht (so genannte transparente Wärmedämmung) ausgestattet sind. Durch Verlagerung der Strahlungsabsorption in tiefere Bauschichten entstehen geringere Wärmeverluste und höhere Wärmegewinne für den Raum (vgl. Abb. 23).

Neben dem Energie sparenden Bauen im Niedrig- und Passivhausstandard kann mit Beton auch Energie gewinnend gebaut werden. Dazu lassen sich Beton-Massivabsorber nutzen, die als Wärmequellen für Wärmepumpen eingesetzt werden. Massivabsorber sind Außenbauteile aus Beton, die im Wärmeaustausch mit der Umgebungsluft, dem Erdreich oder dem Grundwasser stehen. Die Umgebungswärme wird von den Betonbauteilen aufgenommen, an ein in den Absorber einbetoniertes Rohrsystem für den Flüssigkeitskreislauf abgegeben und einer Wärmepumpe zugeführt. Die Flüssigkeit in den Kunststoffschlangen wird dann in der Wärmepumpe abgekühlt und in den Betonabsorber eingeleitet, wo sie wieder aufgewärmt wird. Betonabsorber können als Betonfertigteile eine Doppelfunktion besitzen (z. B. als

Modellprojekt Bleichstraße in Bad Lippspringe

In Bad Lippspringe wurden 1996 durch den Spar- und Bauverein Paderborn e.G. zwölf Wohneinheiten in kostengünstiger Bauweise errichtet; unterstützt wurde das Projekt u. a. von der westfälischen Zementindustrie. Die Konstruktion beruht überwiegend auf Beton: Außenwände und Decken wurden aus Beton, Loggien, Treppen und Dachschrägen aus Betonfertigteilen und Innenwände in Leichtbauweise mit Metallständerwerk ausgeführt. Zur Realisierung wurde ein Bauteam mit allen Beteiligten eingerichtet. Schließlich konnten die Bauwerkskosten auf 910 €/m² begrenzt werden. Gleichzeitig entsprechen die Häuser dem Niedrigenergiestandard: Der Heizwärmebedarf liegt bei 52,1 kWh/m² pro Jahr.

Der Primärenergieaufwand für die Errichtung des Gebäudes wurde über den gesamten Bauprozess (ausgenommen die Installation der Haustechnik) bilanziert. Es zeigt sich, dass der Energieverbrauch zur Erstellung eines Wohngebäudes vom Verbrauch während der Nutzungsphase (Strom und Wärme) trotz Niedrigenergiehaus-Standard bereits nach zehn Jahren übertroffen wird (vgl. Abb. 22). Für eine ökologische Optimierung ist also vor allem die Reduzierung des Energieverbrauchs während der Nutzungsphase ausschlaggebend.

Quelle: Informationszentrum Beton

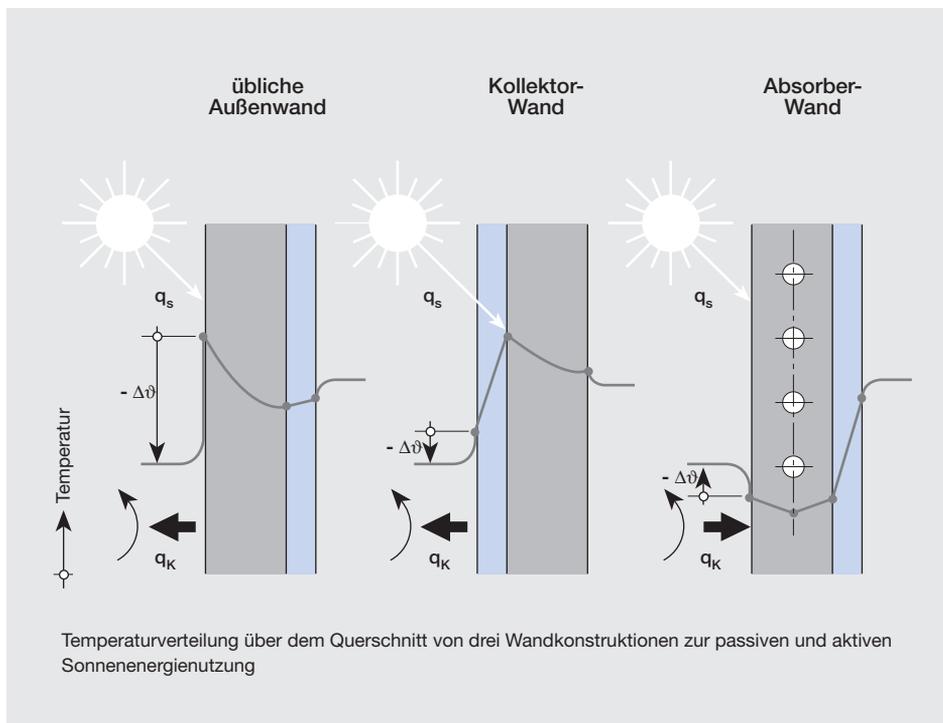


Abb. 23: Beton-Außenwandkonstruktionen für die passive und aktive Solarenergienutzung (Quelle: Schwarz 1987)

Garagenwand und als Wärmequelle), die Kosten dämpfend wirkt. In Kombination mit einer Wärmepumpe wird der Ausstoß von Schadstoffen und Treibhausgasen gegenüber konventionellen Heizungssystemen deutlich verringert. Die Speicherfähigkeit von Beton lässt sich zudem zur langfristigen Speicherung von Sonnenergie nutzen, die damit über ihren direkten Anfall hinaus nutzbar wird. Die Kombination von Langzeitwärmespeicher aus Beton und solarthermischer Wärmegewinnung wurde bei mehreren Siedlungsprojekten erprobt.

Gesundes Wohnen

Neben günstigen Kosten und geringen Umweltbelastungen bei der Nutzung und Errichtung von Gebäuden ist „gesundes Wohnen“ ein wichtiges Nachhaltigkeitsziel, das auch von der Enquete-Kommission des Bundestages hervorgehoben wird. Wesentliche Faktoren sind das Raumklima (Lufttemperatur, thermische Behaglichkeit, Luftfeuchtigkeit), der Lärm- und Brandschutz sowie der Schutz vor Luftschadstoffen und Strahlung, die unter anderem durch bauphysikalische Eigenschaften der Bau-

teile und damit auch durch die Auswahl der Baustoffe beeinflusst werden.

Für ein angenehmes Raumklima ist die Vermeidung extremer Temperaturen wichtig. Im Winter verhindern Wärmedämmung und Beheizung eine Abkühlung der Innenraumluft, längere Phasen mit hohen Außentemperaturen im Sommer führen dagegen in vielen Gebäuden zu einer starken und vielfach als belastend empfundenen Erhöhung der Innenraumtemperatur. Prinzipiell lässt sich eine solche Aufheizung durch eine Beschattung des Gebäudes, durch den Einsatz von Klimaanlage oder durch die Verwendung massiver Bauteile mit hoher spezifischer Wärmekapazität vermindern. Während Beschattungen und Klimaanlage zusätzliche Ausstattungen und damit Kosten bedeuten, können ohnehin benötigte Decken und Wände als massive Bauteile ausgeführt werden. Von den üblicherweise verwendeten mineralischen Baustoffen hat Beton die höchste volumenbezogene Wärmekapazität und gleicht deshalb die Innenraumtemperaturen am besten aus.

Thermische Behaglichkeit wird außerdem beeinflusst durch die Differenz zwischen Luft- und Oberflächentemperatur. Die Oberflächentemperaturen der Wände sind bei gleichen Wärmedurchgangskoeffizienten unabhängig vom Baustoff. Allerdings kann die unterschiedliche Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität von Baustoffen bei Berührungen dazu führen, dass Beton als vergleichsweise kalt empfunden wird. Dies lässt sich durch das Aufbringen von Tapeten und Putz vermeiden.

Starke Auswirkungen auf das Wohlbefinden von Gebäudenutzern hat der Luftaustausch zwischen innen und außen, der den Wärme- und Luftaustausch in Wohnräumen beeinflusst und zu einer Schadstoffentlastung der Raumluft führt. Ein Luftaustausch findet unabhängig vom verwendeten Baustoff durch Bauelemente bzw. Wände hindurch nicht statt, was auch aus energetischen und schallschutztechnischen Gründen kontraproduktiv wäre. Auch Diffusionsvorgänge tragen nur unwesentlich zur Schadstoffentlastung der Raumluft bei. Die effizienteste Methode zur Schadstoffentlastung der Raumluft ist die Lüftung. Dies belegen Untersuchungen des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik. Bezüglich der Luftfeuchte zeigen weitere Untersuchungen, dass – abgesehen von Wasserverdunstungen in den ersten Monaten, die im Wesentlichen schon während der Bauzeit erfolgen – keine nachteilige Beeinflussung des Raumklimas durch Wasserdampf-abgaben zementgebundener Bauteile zu erwarten ist.

Bei der Vermeidung von Lärmbelastungen muss unterschieden werden zwischen Tritt- und Luftschall. Grundsätzlich besteht das Problem der Schallübertragung bei allen Baustoffen. Je geringer die Dichte und das spezifische Gewicht eines Baustoffs ist, desto durchlässiger ist er für Schall. Betondecken sind aufgrund ihrer hohen Masse für einen wirksamen Trittschallschutz besonders geeignet, wenn sie mit einem schwimmenden Estrich kombiniert werden. Demgegenüber müssen bei Decken in leichter Ausführung (z. B. Holzbalkendecken) aufwendigere Konstruktionen gewählt werden, um einen gleichwertigen

Trittschallschutz zu erreichen. Massive Betonelemente schützen auch wirksam gegen Luftschall.

Mitunter wird verschiedenen Baustoffen – darunter auch Beton – eine gesundheitsgefährdende radioaktive Belastung unterstellt. Tatsächlich ist die von Beton ausgehende radioaktive Strahlung geringer als die mancher natürlicher Gesteine wie z. B. Granit. Zusätzlich leistet Beton einen wichtigen Beitrag zur Abdichtung gegen radioaktive Edelgase (z. B. Radon), die aus dem Erdreich in das Gebäudeinnere diffundieren können. Dies zeigt eine Auswertung von systematischen Messungen in Gebäuden sowie eine Auswertung von rund 80 wissenschaftlichen Untersuchungen, die sich mit diesem Thema befassen.

Die Nutzer von Gebäuden müssen nicht nur vor Radioaktivität, sondern auch vor der Aufnahme gesundheitsgefährdender Stoffe geschützt werden. Dazu zählen Spurenelemente – insbesondere Schwermetalle – und organische Verbindungen. Diese sind in geringen Konzentrationen in den Ausgangsstoffen zur Zement- und Betonherstellung enthalten. Entscheidend ist jedoch, dass diese Stoffe fest eingebunden sind und deshalb nicht freigesetzt werden können. Organische Verbindungen können lediglich unmittelbar nach Einbau des Betons – also vor der eigentlichen Nutzungsphase des Gebäudes – in geringen Mengen entweichen.

Anwendungen für den Umweltschutz

Zementgebundene Baustoffe werden vielfach für Bauten und Objekte benötigt, die dem Umweltschutz dienen. Ein Beispiel hierfür sind Anlagen für die Wasserversorgung. Der Umgang mit Wasser – dem wichtigsten Lebensmittel des Menschen – rückt in der Diskussion über nachhaltige Entwicklungsstrategien mittlerweile immer stärker in den Vordergrund. Ein erstes Problemfeld ist die Unterbrechung von natürlichen Wasserkreisläufen: Regenwasser wird durch die zunehmende Versiegelung des Bodens immer stärker daran gehindert, einen Weg ins Grundwasser zu finden, und fließt statt dessen ungebremst in die Ab-

Wärmepumpenheizung mit Betonabsorber

In Oberhausen wurden 22 Niedrigenergiehäuser als Solarthermie-Wohnanlage erstellt. Zur Wärmeengewinnung wurden Wärmepumpen installiert. Als Wärmequelle wurden nicht wie üblich Grundwasser oder Luft eingesetzt, sondern Wärme speichernde Betonteile. Mit entsprechenden Massivabsorber-Heizsystemen werden rund zwei Drittel der Heizwärme aus der Umgebungsluft oder aus der Sonneneinstrahlung gewonnen.

Im Rahmen eines von der Stiftung Energieforschung Baden-Württemberg und der Badenwerk AG geförderten Projektes wurde die Universität Karlsruhe mit einer Untersuchung zur Wirtschaftlichkeit und Ökoeffizienz der Massivabsorber-Heizsysteme beauftragt. Zwar liegen die Investitionskosten über denen einer fossil befeuerten Heizung, durch die günstigen Betriebs- und Verbrauchswerte liegen die Gesamtkosten jedoch auf dem Niveau einer konventionellen Heizung. Die öffentliche Förderung für Wärmepumpen schafft sogar einen Kostenvorteil.

Die Emissionen, die einer Wärmepumpe zugerechnet werden, hängen vom Kraftwerksmix ab, der bei der Stromerzeugung für den Betrieb des Systems zugrunde gelegt wird. Sie können deutlich unter den Emissionen einer Ölzentralheizung liegen. Wärmepumpen mit Betonabsorbern weisen in Kombination mit der Stromerzeugung aus einem GuD-Kraftwerk die geringsten Schadstoffemissionen auf. Legt man die gleiche Primärenergie (Erdgas) zugrunde, so beträgt die Gesamtemission klimarelevanter Gase einer Wärmepumpenheizung mit Betonabsorber nur 54 % der Emissionen einer Gas-Brennwertzentralheizung.

Quelle: Jastrow 1997

wasserkänäle. Die Folge ist u. a. eine Absenkung des Grundwasserspiegels. Aus diesem Grund gewinnen Maßnahmen zur Entseigerung von bebauten Flächen, zur gezielten Versickerung, zur verzögerten Ableitung in ein Oberflächengewässer und zur Nutzung von Brauchwasser an Bedeutung. Solche Maßnahmen für einen nachhaltigen Umgang mit Wasser sind ohne Betonprodukte kaum denkbar. Dies gilt für die gezielte Versickerung von Regenwasser (z. B. Dränbetonsteine aus haufwerksporigem Material), für die Trinkwassereinsparung durch Speicherung von Brauchwasser (z. B. in Betonzisternen) oder für die Sicherung einer flächendeckenden Versorgung mit Trinkwasser.

In Deutschland ist Trinkwasser zwar insgesamt ausreichend verfügbar, dennoch gibt es auch im Inland regionale Wassermangelgebiete. Mit Fernversorgungsleitungen wird ein Ausgleich zwischen Wassermangel- und -überschussgebieten hergestellt.

Das notwendige Wassermanagement umfasst somit die Gewinnung, Aufbereitung, Sammlung, Lagerung und Verteilung des Trinkwassers. Durch die Lagerung von Trinkwasser in speziellen Betonbehältern und den Wassertransport in Hochdruckrohren, die mit Beton ausgekleidet sind, wird ein wichtiger Beitrag zur nachhaltigen Wasserversorgung geleistet.

Das deutsche Abwassersystem ist sanierungsbedürftig: Hochrechnungen gehen davon aus, dass rund 20 % des öffentlichen Kanalnetzes beschädigt sind, wodurch jährlich 300 bis 500 Mio. m³ ungeklärtes Wasser versickern. Der Investitionsbedarf für die Erneuerung und den Rückbau der Abwasserentsorgung wurde in einer Studie, die im Auftrag der Bundesregierung durchgeführt wurde, alleine für den Zeitraum zwischen 2000 und 2005 auf rund 76,7 Mrd. € veranschlagt (BUNDESUMWELTMINISTERIUM 1998). Die Aufgabe besteht also darin, Oberflächen- und Grund-

wasser durch Neubau- und Sanierungsmaßnahmen zu schützen – und dies aufgrund der ohnehin schon hohen Gebühren zu niedrigeren Kosten als bisher. Vorgefertigte Betonteile tragen zur Kostensenkung und zum praktischen Umweltschutz in der Wasserver- und -entsorgung bei.

Auch die Klärung von Abwässern wäre ohne den Einsatz von Beton kaum denkbar. Dies gilt sowohl für Großkläranlagen, deren Becken aus Beton hergestellt werden, als auch für dezentrale Kleinkläranlagen, die heute eine Reinigung der Abwässer von Wohngebäuden und Betrieben ohne Anschluss an die Abwasserkanalisation ermöglichen. Untersuchungen haben ergeben, dass Betonrohre und -bauteile für die Anforderungen, wie sie im Abwasserbereich bestehen (Tragfähigkeit, Formstabilität, Lagestabilität, Dichtigkeit, Abriebwiderstand, chemischer Widerstand, Begehbarkeit), grundsätzlich die erforderliche Leistungsfähigkeit aufweisen. Schadensanalysen bei Kanalsystemen zeigen, dass sich die häufigsten Mängel auf Fehler bei den Zuläufen, Lageungenauigkeiten und erhöhte Belastungen mit Rissbildung beziehen. Durch spezielle Zemente und gezielte Betonzusammensetzungen (z. B. Hochleistungsbetone) können auch im Verbund mit anderen Werkstoffen Rohre hergestellt werden, die bei besonderen Beanspruchungen eine erhöhte Leistungsfähigkeit besitzen.

In der Deponietechnik und beim Flächenrecycling leisten zementgebundene Baustoffe einen wesentlichen Beitrag zur Immobilisierung von Schadstoffen. Abfalldeponien müssen langfristig umweltsicher – d. h. dicht, druckfest, beständig und erosionsicher – sein, bei ihrer Errichtung ist der Schutz des Grundwassers eine der wichtigsten Anforderungen. Schadstoffeinträge in Boden oder Wasser können durch Abdichtungen und Einkapselungen mit Beton bzw. durch Immobilisierung auf Zementbasis verhindert werden. In der Deponietechnik werden Betonprodukte in verschiedenen Bereichen eingesetzt: als Wände, Böden und Abdeckungen, zur Ableitungen der Sickerwässer, zur Sammlung und Klärung in Becken sowie als Verkehrsflächen,

die einer hohen Beanspruchung standhalten. Allerdings kann keiner der in der Technischen Anleitung Abfall (TA Abfall) vorgeschriebenen Baustoffe eine vollkommene Sicherheit vor Leckagen bieten. Daher ist das Abdichtungssystem ständig zu kontrollieren. Zur Langzeitüberwachung wurde unter Mitwirkung der Zementindustrie ein System zum Online-Monitoring entwickelt und erprobt.

Infrastruktur für nachhaltige Mobilität

Der Wasserschutz ist auch ein wichtiges Handlungsfeld im Verkehrswegebau. Dabei geht es nicht nur um die Durchlässigkeit (siehe oben) von Verkehrsflächen. Vielmehr ist in manchen Fällen (z. B. an Tankstellen) eine flüssigkeitsdichte Versiegelung notwendig, um das Grundwasser vor Verunreinigungen zu schützen. Solche Versiegelungen lassen sich mit flüssigkeitsdichtem Beton (FD-Beton) errichten, der mit Ortbeton oder mit Betonpflastersystemen ausgeführt wird, bei denen spezielles Fugenmaterial zum Einsatz kommt. Der Unterbau besteht z. B. aus hydraulisch gebundenen Tragschichten (HGT). Rinnen, Absenksteine, Barrieren, Öl- und Benzinabscheider aus Beton verhindern eine Ausbreitung der Schadstoffe und ihren Eintritt in das Grundwasser oder in das Kanalsystem.

Ein weiteres wichtiges Handlungsfeld beim Verkehrsbau ist der Lärmschutz. Für Lärmschutzbauwerke bietet Beton verschiedene Problemlösungen. Hierzu gehören Stahlbetonkonstruktionen mit haufwerksporiger, Schall absorbierender Beton-Vorsatzschale oder die hochabsorbierende Lärmschutzwand aus Beton. Neben einer Abschirmung von Lärm lassen sich durch Beton auch Rollgeräusche vermeiden. Bei weniger stark frequentierten Flächen wie Geh- und Radwegen können Betonverbundpflaster oder Betonplatten eingesetzt werden. Forschungsergebnisse zeigen, dass moderne Betonpflastersysteme bei Geschwindigkeiten von 20 bis 30 km/h einen wirksamen Beitrag zur Lärmbekämpfung leisten. Bei stärker frequentierten Verkehrsflächen könnte der Einsatz von Dränbeton mit Schall schluckenden

Poren eine Minderung von Rollgeräuschen ermöglichen. Hierzu sind aber noch weitere Entwicklungsmaßnahmen und Langzeiterprobungen erforderlich. Im Rahmen des Projektes „Leiser Verkehr“ sollen mit Unterstützung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung mehrere Forschungsvorhaben zum Einsatz Lärm mindernder Baustoffsysteme im Flug-, Eisenbahn- und Straßenverkehr durchgeführt werden. Beim Themenfeld Straßenverkehr kooperieren u. a. Reifenhersteller, Automobilindustrie sowie Asphalt- und Betonhersteller.

Betonfahrbahnen zeichnen sich durch hohe Tragfähigkeit, Verformungsstabilität und Helligkeit (Verbesserung der Sichtverhältnisse, Minderung des Energieaufwandes für Beleuchtung) aus. Sie haben sich daher auch im schienengebundenen Verkehr bewährt. Der Trend zu Hochgeschwindigkeitssystemen im Eisenbahnverkehr stellt erhebliche Anforderungen an den Fahrweg, die durch die so genannte Feste Fahrbahn erfüllt werden. Nachdem Anfang der 1970er Jahre eine erste Teststrecke gebaut wurde, hat die Deutsche Bahn AG unlängst die Neubaustrecke Köln-Frankfurt/Main nahezu vollständig mit der Festen Fahrbahn ausgerüstet. Den im Vergleich zur konventionellen Bauweise derzeit noch höheren Investitionskosten stehen bereits heute wirtschaftliche Vorteile in Form niedrigerer Instandhaltungskosten, geringerem Fahrzeugverschleiß und verbesserter Betriebssicherheit gegenüber; der verringerte Einsatz von Herbiziden zur Vegetationsbeseitigung dient der Umwelt.

Das Verkehrsaufkommen in Deutschland wird in den nächsten Jahren stark anwachsen. Das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen erwartet von 1997 bis 2015 eine Zunahme des Personenverkehrs um knapp 20 % und des Güterverkehrs um über 60 % (Aberle 2001). Um dieses Wachstum aufzufangen, sind ausreichende Kapazitäten der einzelnen Verkehrsträger sowie deren intelligente Kombination erforderlich, wobei ein Schwerpunkt auf der Beseitigung von Engpässen im Straßennetz liegen muss. Zusätzlich müssen Raumplanung und Städte-

bau der Zersiedelung entgegenwirken: Wohnen, Arbeiten und Freizeit sollten so miteinander vernetzt werden, dass unnötige Verkehre vermieden werden.

Um die wichtigsten Engpässe zu beheben, stehen nach Schätzungen der Bauindustrie alleine im Bereich der Bundesfernstraßen mittelfristig Investitionen in Höhe von 8 Mrd. € an, für Sanierung und Ausbau des Schienennetzes sind mindestens 20 Mrd. € erforderlich, für den Ausbau der Flughafeninfrastruktur mehr als 15 Mrd. €. Diese Maßnahmen sind nicht nur verkehrspolitisch geboten, sondern dienen auch der wirtschaftlichen Entwicklung und der Vermeidung umweltpolitisch kontraproduktiver Effekte durch überlastete Verkehrssysteme. Die schwierige Lage der öffentlichen Haushalte stellt heute eines der größten Hemmnisse für die notwendigen Investitionen in eine nachhaltige Verkehrsinfrastruktur dar. Bei der Modernisierung der Verkehrswege werden deshalb in Zukunft privatwirtschaftliche Lösungen und Public Private Partnership eine wichtige Funktion einnehmen.

Für die Zementindustrie ist die Modernisierung der Infrastruktur von direkter Bedeutung. Dies gilt erstens für die Nutzung der Verkehrswege beim Vertrieb des transportkostenintensiven Massengutes Zement. Zweitens würde ein Ausbau der Ver-

Ausbau der Infrastruktur durch Betreibermodelle

Der Bau des ersten privat finanzierten Fernstraßenprojektes in Deutschland hat Anfang Dezember 1999 in Rostock begonnen. Der französische Baukonzern Bouygues will bis zum Frühjahr 2003 einen 800 m langen Tunnel unter der Warnow verlegen. Damit wird ein Straßenring um die Hansestadt geschlossen, der das Zentrum entlasten soll. Hauptstücke des vierspurigen Projekts werden sechs jeweils 120 m lange Elemente aus wasserdichtem Beton sein, von denen jedes 22.000 t wiegt. Der Tunnel soll eine Durchfahrtshöhe von 4,50 m haben. Die Betonelemente müssen so tief in den Grund der Warnow eingelassen werden, dass dem darüber verlaufenden Schiffsverkehr noch eine Wassersäule von 11 m zur Verfügung steht.

Auf Antrag der Hansestadt Rostock wurde die nördliche Warnowquerung ein Vorhaben des Bundesverkehrswegeplans 1992. Bei der Bewertung der Dringlichkeit auf nationaler Ebene kam sie jedoch nicht unter den „vordringlichen Bedarf“, so dass eine Realisierung aus Bundesmitteln innerhalb der nächsten 20 Jahre nicht in Aussicht war. Die Investitionskosten in Höhe von 213 Mio. € werden deshalb nun zum größten Teil von der Warnowquerung GmbH & Co. KG (WQG) getragen. Die WQG rechnet mit rund 30.000 Autos am Tag. Dies entspräche rund der Hälfte des Verkehrsaufkommens, das derzeit durch die Innenstadt fließen muss. Die Stadt erhofft sich neben rund 1.300 Arbeitsplätzen während der Bauphase weitere rund 100 Dauerarbeitsplätze durch den Betrieb des Tunnels.

Quelle: Informationszentrum Beton 2001

kehrswege die Zementnachfrage beleben. Vor diesem Hintergrund hat die deutsche Zementindustrie im Jahr 2000 mit dem Kongress „Zukunft in Bewegung“ ihre Kompetenzen als Verkehrswege-Nutzer und Baustoff-Hersteller in die Diskussion

eingebraucht, dabei aber zugleich anderen Akteuren eine Plattform zum Gedankenaustausch über Entwicklungstrends und Handlungsstrategien für eine nachhaltige Mobilität geboten.

4 Fazit und Ausblick

Nachhaltigkeit als Entwicklungsleitbild

Die gesellschafts- und umweltpolitische Diskussion folgt in wachsendem Maße dem Leitbild der nachhaltigen Entwicklung (sustainable development). Darunter wird eine Entwicklung verstanden, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen. Ursprünglich aus der Forstwirtschaft stammend, wird Nachhaltigkeit immer mehr zu einem zentralen gesellschaftspolitischen Ziel auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene. Nachdem sich der Bundestag in zwei Enquete-Kommissionen mit Optionen nachhaltiger Entwicklung befasst hatte, wurde das Thema von der Politik in Deutschland weiterverfolgt. Die Bundesregierung hat unlängst eine Strategie für nachhaltige Entwicklung verabschiedet, die als Beitrag auf dem Weltgipfel für Nachhaltige Entwicklung im September 2002 in Johannesburg präsentiert werden soll. Dort wird zehn Jahre nach dem ersten Gipfel in Rio de Janeiro eine Zwischenbilanz der Maßnahmen gezogen, wie sie in der so genannten Agenda 21 vereinbart worden waren.

Die Agenda 21 schreibt der Wirtschaft eine zentrale Bedeutung für die nachhaltige Entwicklung zu, sie hat damit auch erhebliche Relevanz für die Herstellung und den Verbrauch von Zement bzw. zementgebundenen Baustoffen. Der Bundesverband der Deutschen Zementindustrie (BDZ), der Verein Deutscher Zementwerke (VDZ), die Sozialpolitische Arbeitsgemeinschaft der Deutschen Zementindustrie (SPADZ) sowie die Industriegewerkschaften Bauen-Agrar-Umwelt (IG BAU) und Bergbau, Chemie, Energie (IG BCE) haben in der Vergangenheit in ihren jeweils eigenen, originären Wirkungsbereichen verschiedene Maßnahmen umgesetzt, die explizit oder implizit im Zusammenhang mit dem Thema Nachhaltigkeit standen. Im Jahr 2000 haben die Sozialpartner in der Zementindustrie Gespräche über eine Zusammenarbeit beim Thema nachhaltige Entwicklung aufgenommen. Als Grundlage wurde die hier vorliegende Dokumentation erarbeitet

– sie umfasst eine gemeinsame Grundsatzzposition, eine Bestandsaufnahme der bisherigen Beiträge sowie zukünftige Handlungsoptionen.

Nach Auffassung der Sozialpartner kommt es vor allem darauf an, ökologische, ökonomische und soziale Bedürfnisse besser als bisher abzustimmen – konkrete Maßnahmen werden daher diesen drei Dimensionen nicht isoliert zugeordnet, sondern entlang der branchenspezifischen Wertschöpfungskette (Rohstoffgewinnung, Zementproduktion, Betonherstellung, Anwendung zementgebundener Baustoffe, Betonrecycling) im Zusammenhang dargestellt und dokumentiert. Auf den einzelnen Wertschöpfungsstufen sollen die drei Zieldimensionen durch eine Bestimmung von Synergien und durch Hinweise zur Auflösung von faktischen oder vermeintlichen Widersprüchen integriert werden.

Die Sozialpartner verstehen nachhaltige Entwicklung als kontinuierlichen Such- und Lernprozess: Sie setzen auf einen Nachhaltigkeitswettbewerb im Sinne eines Ringens um die beste Lösung, ausgehend von den eigenen Handlungsmöglichkeiten der Unternehmen und ihrer Beschäftigten. Wichtige Ansatzpunkte sind u. a. die Managementregeln, die von den Enquete-Kommissionen aufgestellt wurden. Allerdings sehen die Sozialpartner dabei stellenweise Modifizierungsbedarf – dies betrifft insbesondere die Förderung praktischer Schritte zur Steigerung der Ressourcenproduktivität und die Stärkung von Investitionen als Basis der Produkt- und Prozessinnovation. Daraus folgt zugleich, dass die unterschiedlichen Entwicklungsoptionen, die mit bestimmten industriellen Produkten und Produktionsverfahren verbunden sind, nicht vorschnell verschüttet werden dürfen.

Branchencharakteristika und Handlungsrahmen

In Deutschland wurde im Jahr 2000 in 59 Betrieben Zement hergestellt, die Zahl der Mitarbeiter betrug 11.144. Die Bauwirtschaft ist der fast ausschließliche Anwendungsbereich für Zement. Trotz der in den

letzten Jahren schlechten Baukonjunktur und der zunehmenden Internationalisierung hat die Zementindustrie kontinuierlich in Deutschland investiert: Die Bruttoanlageinvestitionen beliefen sich zwischen 1995 und 2000 auf 3,4 Mrd. DM (1,7 Mrd. €) – ein auch in Bezug zum Jahresumsatz von durchschnittlich 5,4 Mrd. DM (2,8 Mrd. €) sehr beachtlicher Wert. Die Investitionen dienen nicht nur der Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung, sondern führen auch zu einer Steigerung der Umweltverträglichkeit – so beträgt der Anteil von Umweltschutzmaßnahmen bei Neuinvestitionen in der Zementindustrie rund 20 %. Ein Schwerpunkt der Investitionstätigkeit in den 1990er Jahren war die Modernisierung der ostdeutschen Zementindustrie.

Die Zementindustrie wird vor allem durch drei Merkmale charakterisiert: Sie ist erstens sehr kapitalintensiv – Investitionsprojekte amortisieren sich nur langfristig und können nur dann realisiert werden, wenn die Rohstoffversorgung nachhaltig gesichert ist. Die Zementindustrie ist zweitens standortgebunden – sie ist auf Rohstofflagerstätten in unmittelbarer Nähe der Werke angewiesen und setzt ihre Produkte aufgrund der hohen Transportkostenintensität vor allem in regionalen Märkten ab; die verbrauchernahe Produktion ist nicht nur mit ökonomischen, sondern auch mit ökologischen Vorteilen (Vermeidung von Transporten) verbunden. Drittens ist die Zementindustrie rohstoff- und energieintensiv – für die Unternehmen ist die Schonung der Ressourcen und die Steigerung der Energieeffizienz schon alleine aus betriebswirtschaftlichen Gründen ein wichtiges Handlungsfeld.

In Deutschland weist die Zementindustrie im Unterschied zu den meisten anderen Staaten einen strukturellen Mix von Großunternehmen und industriellem Mittelstand auf. Das internationale Engagement der deutschen und europäischen Marktführer hat in den letzten Jahren stark zugenommen – aufgrund der Transportkostenintensität steht hierbei jedoch nicht eine Verlagerung von Produktionskapazitäten im Vordergrund, sondern die Erschlie-

ßung von Wachstumspotenzialen und die Abfederung konjunktureller Schwankungen. Allerdings trägt die damit einhergehende Optimierung der Kapazitäten dazu bei, dass wettbewerbsfähige Rahmenbedingungen auch für die „standortgebundene“ Zementproduktion immer wichtiger werden. Das internationale Engagement ist mit Investitionen und Know-how-Transfer verbunden, die der Modernisierung und dem Umweltschutz an ausländischen Standorten zugute kommen.

Zement ist überwiegend ein homogenes Massengut, das als hydraulisches Bindemittel zur Herstellung von Beton und anderen Baustoffen dient. Allerdings nimmt in entwickelten Märkten die Sortenvielfalt zu. Außerdem haben innovative Zemente für spezielle Anwendungen (z. B. Schnellzemente für zeitkritische Reparaturen, Spritzzemente mit minimierter Alkali-Auslaugung oder mikrofeine Zemente für Abdichtungen) an Bedeutung gewonnen. Innovationen im Herstellungsverfahren zielen vor allem auf Kostensenkung und Umweltschutz – im Mittelpunkt steht dabei die Steigerung der Energieeffizienz.

Die Zementindustrie hat sich entgegen ihres überkommenen Images zu einem High-Tech-Anwender entwickelt: Der Stofftransport ist hochgradig automatisiert, die Produktion wird über computergestützte Prozessleitsysteme gesteuert, die Verfügbarkeit der Anlagen durch effiziente Instandhaltungsstrategien gewährleistet und die Qualität mit aufwendigen Laborverfahren gesichert. Durch die Rationalisierung ist die Zahl der direkten Arbeitsplätze analog zur Entwicklung in anderen Industrien zwar zurückgegangen, zugleich aber wurden die Tätigkeiten aufgewertet. Heute werden in der Zementindustrie qualifizierte Fachkräfte benötigt. Entsprechend wichtig ist die Berufsausbildung – dies schlägt sich auch in der hohen Ausbildungsquote von etwa 8 % nieder, die um drei Prozentpunkte über dem Wert der gesamten deutschen Wirtschaft liegt. Die deutsche Zementindustrie beteiligt sich an der Weiterentwicklung branchentypischer Berufsbilder und bietet u. a. über ihre Gemeinschaftseinrichtungen gezielte Weiterbil-

dungsmaßnahmen an, in denen der Umweltschutz einen hohen Stellenwert einnimmt.

Die deutsche Zementindustrie steht im Zentrum eines industriellen Netzwerkes (Clusters), das auf die Produktion mineralischer Baustoffe ausgerichtet ist. Auf der Bezugsseite gehören hierzu die Anbieter von Energie, Maschinen bzw. Anlagen und produktionsnahen Dienstleistungen, mit denen speziell beim Umweltschutz und bei der Steigerung der Energieeffizienz eine enge Zusammenarbeit besteht. Die wichtigsten Abnehmer von Zement sind die Hersteller von Transportbeton und Betonfertigteilen. Insgesamt bietet das Cluster aus Zementindustrie sowie vor- und nachgelagerten Branchen schätzungsweise rund 100.000 Arbeitsplätze in Deutschland.

Fasst man die gesamte Wertschöpfungskette zusammen, in der Zement hergestellt, weiterverarbeitet und verwendet wird, so folgt auf die Rohstoffgewinnung und Zementproduktion die Herstellung zementgebundener Baustoffe (insbesondere Beton), die Anwendung dieser Baustoffe im Zuge des Bauprozesses sowie die Nutzungsphase des betreffenden Bauwerks. Abgeschlossen wird die Wertschöpfungskette durch die Verwertung der Reststoffe nach Abriss eines Bauwerks – Betonbruch kann die natürlichen Ressourcen Kies und Sand ersetzen.

Neben den Unternehmen der Zementindustrie mit Anteilseignern und Management sowie Belegschaften und Betriebsräten sind auf jeder Stufe der Wertschöpfungskette mehrere andere Akteure über direkte materielle Inputs oder über sonstige Einflüsse in den Gesamtprozess eingebunden. Neben den Zuliefer- und Abnehmerbranchen gehören hierzu die Nachbarschaften der Werke, verschiedene Behörden und in wachsendem Maße politische Institutionen auf EU-, Bundes- und Länderebene einschließlich der relevanten Interessengruppen (insbesondere Umwelt- und Wirtschaftsverbände sowie Gewerkschaften). Die Sozialpartner sehen in der Kooperation mit externen Akteuren eine wichtige Voraussetzung für nachhaltige Entwicklung.

Beiträge zur Nachhaltigkeit in der Wertschöpfungskette des Zements

Die Wertschöpfungskette zementgebundener Baustoffe beginnt mit der **Rohstoffgewinnung**: Zur Produktion von 1 t Zementklinker, des gebrannten Zwischenprodukts, werden rund 1,6 t Kalkstein und Ton oder deren natürlich vorkommendes Gemisch („Kalkmergel“) benötigt. Für eine nachhaltige Entwicklung ist dies von großer Bedeutung, denn einerseits bilden mineralische Rohstoffe die materielle Basis für die Zementindustrie und die Bauwirtschaft. Andererseits ist ihre Gewinnung mit (zeitlich befristeten) Eingriffen in Natur und Landschaft verbunden.

Der Flächenbedarf für die Gewinnung von Rohstoffen zur Zementproduktion ist relativ gering und liegt bei jährlich unter 0,0002 % der Landesfläche. Durch rechtliche Vorgaben und verfahrenstechnische Verbesserungen (Abbauführung, Spreng- und Fördertechnik) ist der Rohstoffabbau umweltverträglicher geworden. Gleichwohl haben die Konflikte zwischen der Rohstoffgewinnung und anderen Belangen zugenommen. Hierbei wird vielfach übersehen, dass Rohstoffgewinnung eine Raumnutzung auf Zeit ist, die in geeignete lokale bzw. regionale Entwicklungsstrategien eingepasst werden kann.

Letzteres trifft auch auf das Verhältnis zwischen Rohstoffgewinnung und Naturschutz zu. So wurde im Jahr 2000 auf rund 54 % der ehemaligen Abbauflächen die Folgenutzung Naturschutz umgesetzt. Demgegenüber dominiert bei der Vornutzung der Ackerbau, d. h. eine intensive Form der Landwirtschaft. Auch während des Betriebs können die Abbaustätten eine positive Funktion für den Natur- und Artenschutz einnehmen. Auf der Basis aktueller fachlicher Erkenntnisse sind von der Zementindustrie Management-Empfehlungen für die Renaturierung und den Naturschutz in Abbaustätten entwickelt worden. Neben Maßnahmen auf betrieblicher Ebene wäre eine Verbesserung der rechtlichen Rahmenbedingungen und der Verwaltungspraxis zielführend. So könnte eine Ergänzung des konventionellen Planungs-

und Ordnungsrechts durch flexible Instrumente wie Vertragsnaturschutz und Ökoto-Konto einen nachhaltigen Ausgleich von Rohstoffgewinnung und Naturschutz befördern.

Verschiedene Prognosen zeigen, dass Zement bzw. zementgebundene Baustoffe zukünftig in einem ähnlich großen Umfang benötigt werden wie heute; sie sind vielfach schon aus rein technischen Gründen nicht durch andere Stoffe ersetzbar. Deshalb sieht die zweite Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages in der Sicherung der Rohstoff-Lagerstätten ein wichtiges Handlungsziel für die nachhaltige Entwicklung. Dies deckt sich mit den betriebswirtschaftlichen Anforderungen der kapitalintensiven Zementindustrie, die auf eine langfristige Investitions- und damit Versorgungssicherheit angewiesen ist. Daher ist eine konsequente Umsetzung raumordnerischer Grundsätze in der Landes- und Regionalplanung sowie eine Weiterentwicklung des Planungsinstrumentariums erforderlich.

An unterschiedlichen Punkten der Wertschöpfungskette können Substitutionspotenziale zur Schonung natürlicher Ressourcen genutzt werden. In der Zementproduktion wurde der Anteil von sekundären Rohstoffen und Koppelprodukten (z. B. aus der Stahlindustrie und Kraftwerkswirtschaft) in den vergangenen Jahren erheblich gesteigert, so dass ihr Anteil am Rohstoff-Input für die Herstellung des Zwischenprodukts Klinker mittlerweile rund ein Fünftel beträgt. Substitutionspotenziale werden außerdem durch den Einsatz von recycelten Gesteinskörnungen (Zuschlägen) bei der Betonherstellung genutzt. Der Beitrag der Zementindustrie zur Kreislaufwirtschaft soll in Zukunft weiter ausgebaut werden; dies setzt allerdings die Verfügbarkeit geeigneter Stoffe voraus.

Die Wertschöpfungsstufe der **Zementproduktion** umfasst die Aufbereitung der Rohstoffe, die Stoffumwandlung beim Brennen von Zementklinker und die Zementmahlung. Ein Schwerpunkt der nachhaltigen Entwicklung in der Zementindustrie liegt traditionell in der Luftreinhaltung und Emis-

sionsminderung, die eng mit der Verfahrensinnovation verbunden ist und bei der es bereits erhebliche Fortschritte gegeben hat. Dies betrifft insbesondere den Ausstoß von Staub, Spurenelementen, Stickstoffoxiden und Schwefeldioxid – hierfür werden auf der Grundlage des Bundesimmissionsschutzgesetzes anspruchsvolle Grenzwerte festgesetzt, die jeweils an den Stand der Technik angepasst werden. Entsprechend sind die Emissionen in der Vergangenheit deutlich zurückgegangen. Im Zuge umfangreicher Modernisierungsinvestitionen wurden auch die Emissionen der ostdeutschen Werke stark reduziert, der Staubausstöß sogar um rund 99 %.

Die Zementproduktion ist ein ausgesprochen energieintensiver Prozess. Die Steigerung der Energieeffizienz beim Brennstoff- und beim Stromverbrauch hat für die Zementindustrie schon alleine aus betriebswirtschaftlichen Gründen eine zentrale Bedeutung. Der spezifische Brennstoffverbrauch zur Klinkerherstellung wurde seit den 1950er Jahren um rund 60 % vermindert und liegt heute nahe beim verfahrenstechnischen Optimum. Der Stromverbrauch ist aufgrund erhöhter Anforderungen an den Umweltschutz (Elektrofilter) und die Produktqualität bis Mitte der 1980er Jahre gestiegen. In den letzten Jahren konnte jedoch auch hier die Energieeffizienz, vor allem durch Entwicklung und Einsatz innovativer Mahlverfahren, deutlich gesteigert werden.

Die deutsche Zementindustrie setzt sich für eine Ausschöpfung der verbleibenden verfahrenstechnischen Verbesserungspotenziale ein, allerdings sind andere Maßnahmen zur Verringerung des Energieverbrauchs in ökologischer und wirtschaftlicher Hinsicht wirkungsvoller. Dies spielt auch beim Klimaschutz, der in den vergangenen Jahren als Handlungsfeld der nachhaltigen Entwicklung in den Vordergrund gerückt ist, eine wichtige Rolle. Die wichtigsten Potenziale zur Senkung der CO₂-Emissionen bieten zum einen „Komposit“-Zemente, in denen das gebrannte Zwischenprodukt Klinker teilweise durch andere Stoffe wie zum Beispiel Hüttensand, ein Koppelprodukt der Roheisenerzeu-

gung, ersetzt wird. Zum anderen führt der Einsatz sekundärer Brennstoffe dazu, dass fossile Energien eingespart werden und geeignete Abfälle mit entsprechender Entlastung der deutschen CO₂-Bilanz nicht extra an anderer Stelle verbrannt oder deponiert werden müssen. Der verstärkte Einsatz von Sekundärbrennstoffen verbessert zudem die Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Zementwerke, setzt aber entsprechende rechtliche Rahmenbedingungen und einen funktionierenden Entsorgungsmarkt voraus.

Der CO₂-Ausstoß der deutschen Zementindustrie betrug im Jahr 2000 rund 24 Mio. t, was 2,6 % der gesamten CO₂-Emissionen in Deutschland entspricht. Knapp zwei Drittel der mit der Zementproduktion verbundenen CO₂-Emissionen entstehen bei der Stoffumwandlung im Klinkerbrennprozess, der Rest durch den Energieverbrauch. In einer freiwilligen, im November 2001 erweiterten Selbstverpflichtung hat sich die deutsche Zementindustrie das Ziel gesetzt, die energiebedingten spezifischen CO₂-Emissionen zwischen 1990 und 2008/12 um 28 % zu reduzieren. Die Selbstverpflichtung der Zementindustrie ist ein wichtiger Beitrag zur Klimaschutzvereinbarung zwischen Bundesregierung und Wirtschaft, die Fortschritte werden durch ein unabhängiges Monitoring überprüft. Seit 1990 sind die energiebedingten CO₂-Emissionen der deutschen Zementindustrie um fast 24 % zurückgegangen. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Selbstverpflichtung zum Klimaschutz erfolgreich umgesetzt wird. Daher sollte dieses Instrument stabilisiert und gestärkt werden.

Weitere Potenziale zur Minderung der CO₂-Emissionen könnten im Ausland erschlossen werden: In vielen Staaten werden Produktionsanlagen betrieben, deren spezifischer Energieeinsatz deutlich über dem Bedarf der Werke in Deutschland liegt. Deshalb ist eine international abgestimmte CO₂-Minderungsstrategie für die Zementindustrie besonders wichtig. Die so genannten flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls sollten weiterentwickelt

werden, dürfen jedoch nicht zu Wettbewerbsverzerrungen führen, die sich negativ auf Produktion und Beschäftigung in Deutschland auswirken. Im Übrigen kommt es darauf an, die CO₂-Emissionen durch Verkehr und Haushalte ebenso wirkungsvoll zu senken wie in der Industrie. Hierzu können energieoptimierte Bauweisen einen wichtigen Beitrag leisten.

Auch im Hinblick auf den Lärm- und Arbeitsschutz wurden in der Vergangenheit erhebliche Fortschritte erzielt: So hat die Unfallhäufigkeit in den deutschen Zementwerken in den letzten 30 Jahren um über 70 % abgenommen. Heute liegt die mittlere Unfallhäufigkeitsrate bei 12,8 Betriebsunfällen je 1 Mio. geleisteter Arbeitsstunden und damit um rund ein Drittel unter der Unfallhäufigkeit der gesamten gewerblichen Wirtschaft.

In der **Betonproduktion** wird Zement mit Gesteinskörnungen bzw. Zuschlägen (v. a. Kies und Sand) sowie mit Wasser zu verschiedenen Baustoffen verarbeitet. Die weitaus größte Bedeutung haben dabei Transportbeton, Betonfertigteile und Betonsteine. Für eine nachhaltige Entwicklung ist die Druckfestigkeit des Werkstoffs Beton ein wichtiges Merkmal: Mit hochfesten Betonen können Bauteile mit deutlich geringeren Querschnittsabmessungen ausgeführt werden – dies erhöht die Ressourcenproduktivität und bietet einen Zugewinn an Nutzfläche. Die Druckfestigkeit von Beton wird wesentlich durch die Qualität des Zements bestimmt und ist ein zentrales Innovationsfeld der Branche. Die maximale Druckfestigkeit konnte seit den 1960er Jahren auf das Fünffache gesteigert werden und liegt heute bei rund 200 N/mm². Aktuelle Entwicklungen geben modernen Betonen den Charakter von „High-Tech“-Werkstoffen, die für spezielle Anwendungsfälle zugeschnitten werden. So können z. B. durch Selbstverdichtenden Beton die Dauerhaftigkeit von Bauwerken, die Wirtschaftlichkeit und die Umweltverträglichkeit der Bauprozesse (Lärmschutz) verbessert werden. Eine wichtige Funktion bei der Steigerung der Ökoeffizienz dürfte in Zukunft auch neuartigen Verbundwerkstoffen (z. B. Textilbeton) zukommen.

Ein weiteres wichtiges Handlungsfeld ist das **Beton-Recycling**. Beton lässt sich – sortenreine Fraktionierung vorausgesetzt – vollständig recyceln. Dabei muss unterschieden werden zwischen dem Produktionsrecycling, bei dem die Reste aus der Frischbetonherstellung wieder der Betonproduktion zugeführt werden, sowie dem Recycling von Baurestmassen einschließlich Betonbruch, der beim Abriss oder Rückbau alter Bauwerke anfällt und als recycelte Gesteinskörnung für neuen Beton oder als Material für den Straßenunterbau verwendet werden kann. Neben Betonbruch können weitere Baureststoffe – zum Beispiel Ziegelsplitt – als „Betonzuschlag“ verwendet werden, wodurch Zement eine Verwertung auch dieser Materialien ermöglicht.

Beim Produktionsrecycling ist ein geschlossener anlageninterner Kreislauf heute Stand der Technik. Auch das Recycling von Baurestmassen liegt in Deutschland mittlerweile auf einem hohen Niveau: 1998 betrug die Verwertungsquote rund 72 %, womit bereits die von der EU-Kommission für das Jahr 2010 angestrebte Verwertungsquote erzielt wurde. Trotz der hohen Verwertungsquote lassen sich mit Recyclingmaterial derzeit nur rund 8 % des gesamten Bedarfs an mineralischen Rohstoffen abdecken. In Zukunft ist ein Anstieg der Baurestmassen und insbesondere von Betonbruch zu erwarten, zudem ist eine weitere Steigerung der Verwertungsquote denkbar. Bei weitgehend stabiler Baustoffnachfrage dürfte der Marktanteil von Recyclingbaustoffen signifikant steigen, wird aber im Hochbau selbst unter günstigen Voraussetzungen mittelfristig kaum mehr als 10 bis 15 % betragen. Neben dem sortenreinen Rückbau hängt die Zukunft des Baustoffrecyclings stark von den abfallrechtlichen Rahmenbedingungen ab, die die Ziele der Kreislaufwirtschaft nicht konterkarieren sollten.

Die Zementindustrie unterstützt das Baustoff-Recycling und beteiligt sich über den Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden an der Arbeitsgemeinschaft Kreislaufwirtschaftsträger Bau. Betonbruch, der im Straßenbau anfällt, wird bereits heute na-

hezu vollständig verwertet. Hier gilt auch Beton mit recycelten Gesteinskörnungen als bewährt. In Zukunft dürfte auch im Hochbau der Anteil von Beton mit recycelten Gesteinskörnungen deutlich steigen, nachdem die diesbezüglichen Möglichkeiten erforscht und seit 1998 verbindliche technische Regeln vorliegen. Je nach Ausgangsfraktion und angestrebter Betonqualität kann der Zementbedarf für das Betonrecycling zunehmen, weil nur so bestimmte Eigenschaften des Betons – insbesondere die Festigkeiten – erreichbar sind.

Aspekte des Arbeitsschutzes sind bei der Betonherstellung vor allem im Hinblick auf den Chromatgehalt des Zements wichtig. Chromat entsteht beim Brennen des Zementklinkers aus dem Chrom in den Rohstoffen und kann bei der manuellen Verarbeitung von Zement eine allergische Chromatdermatitis („Maurerkrätze“) auslösen. 1998 vereinbarten Vertreter der Zementindustrie, der Weiterverarbeiter, des Fachhandels, der Bauwirtschaft, der Berufsgenossenschaften, der IG BAU sowie der Arbeitsschutzbehörden eine Branchenregelung zur Bekämpfung der Maurerkrätze. Diese Branchenregelung sieht die Herstellung und den Einsatz chromatarmer Produkte für die manuelle Verarbeitung sowie die Vermeidung von direktem Hautkontakt mit feuchten zementhaltigen Baustoffen durch geeignete Schutzmaßnahmen vor. Die Wirksamkeit dieser Maßnahmen wird regelmäßig überprüft. Auf dieser Basis wurde die Branchenregelung Anfang 2002 weiterentwickelt.

Die **Anwendung zementgebundener Baustoffe** trägt in mehrfacher Hinsicht dazu bei, dass Vorschläge, wie sie u. a. von der Enquete-Kommission für das nachhaltige Bauen und Wohnen entwickelt wurden, realisiert werden können. Besonders für den Baubereich, der durch weitgehende Unikatfertigung, differenzierte Nutzungsansprüche und viele Akteure geprägt ist, muss nachhaltige Entwicklung als Lernprozess organisiert werden. Der Förderung einer entsprechenden Zusammenarbeit dienen verschiedene Aktivitäten der Zementindustrie, z. B. Weiterbildungsver-

anstaltungen, Fachpublikationen oder das Forum „Zukunft Bauen“. Mit zwei Architekturpreisen werden jährlich zukunftsweisende Baukonzepte unter Berücksichtigung ästhetischer, sozialer, ökologischer und wirtschaftlicher Kriterien prämiert. Die Zementindustrie arbeitet auch mit staatlichen Einrichtungen zusammen, die einen erheblichen Einfluss auf Angebot und Nachfrage in der Bauwirtschaft haben. Ein Beispiel für diese Zusammenarbeit ist die Beteiligung an den Initiativen der Bundesregierung zum kostengünstigen Wohnungsbau.

Ein wichtiges Ziel nachhaltigen Bauens ist die Minimierung der Lebenszykluskosten von Gebäuden zur Erhöhung der Wohneigentumsquote und zur Schaffung bedarfsgerechten Wohnraums. Ausschlaggebend sind hier erstens die Kosten der Gebäudeerrichtung und zweitens die Kosten der Gebäudeerhaltung. Bei der Gebäudeerstellung geht es darum, gestalterische und bautechnische Qualität sowie niedrige Kosten miteinander zu verbinden. Möglichkeiten hierfür bietet vor allem die Verbesserung der Bauprozesse durch eine stärkere Nutzung von Systembauweisen mit vorgefertigten, maßgeschneiderten Modulen. Untersuchungen und Modellprojekte zeigen, dass der Baustoff Beton hierbei eine wichtige Funktion einnehmen kann. Die stärkere Nutzung von Systembauweisen hätte allerdings auch Auswirkungen auf die Beschäftigung in der Bauwirtschaft: Durch Rationalisierungseffekte würde der Umfang menschlicher Arbeit reduziert, zugleich ist aber mit einer qualitativen Verbesserung bzw. Requalifizierung von Bauarbeit zu rechnen.

Ressourcen schonendes Bauen ist ein wichtiges Nachhaltigkeitsziel. Die Zementindustrie hat entsprechende Projekte zur Schließung von Baulücken, zur Nachverdichtung und zum Flächenrecycling gefördert. Entscheidende Bedeutung hat nicht zuletzt die Dauerhaftigkeit von Gebäuden - im Allgemeinen wird eine technische Mindestlebensdauer von 50 Jahren angenommen. Die Verwendung von Beton ermöglicht die Erstellung dauerhafter Bauwerke mit Nutzungsphasen, die weit über diesen

Zeitraum hinausgehen. Korrosion und mechanischer Verschleiß können die Dauerhaftigkeit von Beton zwar beeinträchtigen, zur Behebung derartiger Schäden sind jedoch geeignete Maßnahmen entwickelt worden. Die meisten Schäden sind auf Planungsfehler und eine unsachgemäße Verarbeitung bei der Erstellung von Bauwerken zurückzuführen. Die Zementindustrie bietet daher Weiterbildungsveranstaltungen und detailliertes Informationsmaterial zur korrekten Verarbeitung von Zement und Beton an.

Umweltbelastungen sind nicht in erster Linie mit der Erstellung eines Bauwerks und der Baustoffproduktion verbunden, sondern mit seiner Nutzung. Dies gilt vor allem für den Heizenergiebedarf, der in Zusammenhang mit dem Klimaschutz eine zunehmend wichtige Rolle spielt. In Kombination mit aktiven und passiven Maßnahmen lassen sich die Vorgaben der neuen Energieeinsparverordnung mit dem konstruktiven Baustoff Beton nicht nur einhalten, sondern übertreffen. Gleichzeitig eignen sich Betonbauteile aufgrund ihrer hohen Wärmespeicherkapazität hervorragend zur Nutzung von Sonnenenergie – dieser Umstand kann durch Kollektorstände oder durch Massivabsorber und Wärmepumpen genutzt werden. Weitere Vorteile des Betons liegen u. a. in seinen Schall- und Brandschutzeigenschaften sowie in der guten Abschirmung gegen Radonzufuhr aus dem Erdreich.

Auch in anderen Handlungsfeldern lassen sich viele Ziele einer nachhaltigen Entwicklung nur durch den Einsatz zementgebundener Baustoffe realisieren. Hierzu gehört die Wasserwirtschaft: Betonbauteile werden für die Versickerung von Regenwasser, zur Speicherung von Brauchwasser, zur Flächen deckenden Versorgung mit Trinkwasser sowie zum Bau von Kläranlagen benötigt. Die in vielen Kommunen dringend erforderliche Sanierung der Abwasserkanalisation lässt sich mit Betonbauteilen kostengünstig und umweltschonend umsetzen, in der Deponietechnik und beim Flächenrecycling werden Zement und Beton für die Abdichtung und Immobilisierung von Schadstoffen genutzt.

Eine wichtige Funktion hat Beton auch bei der nachhaltigen Gestaltung der Verkehrsinfrastruktur. Betonfahrbahnen zeichnen sich durch Haltbarkeit, Tragfähigkeit und Verformungsstabilität aus. Verkehrsflächen mit Beton können wahlweise durchlässig (zur Versickerung) oder flüssigkeitsdicht (zum Schutz von Boden und Grundwasser) gestaltet werden. Mit Beton werden außerdem Lärmschutzmaßnahmen umgesetzt. Derzeit wird die Entwicklung spezieller Dränbetone vorangetrieben, die dazu beitragen könnten, den Verkehrslärm auch auf stark frequentierten Verkehrswegen bereits in der Entstehung einzudämmen. Beim Bau von Schienenstrecken ersetzen Feste Fahrbahnen aus Beton zunehmend das konventionelle Schotterbett, was sich positiv auf die Wirtschaftlichkeit (geringerer Aufwand für Instandhaltung), die Betriebssicherheit und die Umwelt (Verringerung des Herbizid-Einsatzes) auswirkt.

Das Verkehrsaufkommen in Deutschland wird in den nächsten Jahren stark anwachsen und erfordert ausreichende Kapazitäten der einzelnen Verkehrsträger. Für die Zementindustrie ist eine bedarfsgerechte Modernisierung der Verkehrsinfrastruktur von direkter Bedeutung – zum einen für die Nutzung der Verkehrswege beim Vertrieb des transportintensiven Massengutes Zement, zum anderen für eine Belebung der Zementnachfrage. Die Zementindustrie hat daher auf dem Kongress „Zukunft in Bewegung“ ihre Kompetenzen als Hersteller und Nutzer in die Diskussion eingebracht, dabei aber auch anderen Akteuren eine Plattform zum Dialog über nachhaltige Mobilität geboten. Die schwierige Lage der öffentlichen Haushalte stellt heute das größte Hemmnis für Investitionen in eine nachhaltige Verkehrsinfrastruktur dar. Daher sollten privatwirtschaftliche Lösungen und Public Private Partnership in Zukunft stärker als bisher genutzt werden.

Initiative für nachhaltige Entwicklung in der deutschen Zementindustrie

Die Dokumentation „Nachhaltigkeit und Zementindustrie“ zeigt, dass bereits heute wichtige Beiträge zur nachhaltigen Entwicklung auf den verschiedenen Stufen

der Wertschöpfungskette zementgebundener Baustoffe geleistet wurden. Viele Problemstellungen sind mit großem Erfolg bearbeitet worden, in anderen Handlungsfeldern haben bisherige Maßnahmen Kristallisationspunkte für weitere Anstrengungen geschaffen.

Die Sozialpartner haben daher anknüpfend an die Dokumentation die Durchführung einer Initiative für nachhaltige Entwicklung in der deutschen Zementindustrie beschlossen. Grundlage hierfür ist eine Branchenvereinbarung (siehe Anhang). Die Initiative soll neben einer weiteren Verankerung des Leitbildes in den Unternehmen und Organisationen der deutschen Zementindustrie der Verstärkung des Dialogs mit wichtigen Akteuren („Stakeholdern“) außerhalb der Branche dienen. Zudem sollen Projekte durchgeführt werden, die durch die Verzahnung ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte konkrete Anstöße für den weiteren Prozess der nachhaltigen Entwicklung geben können.

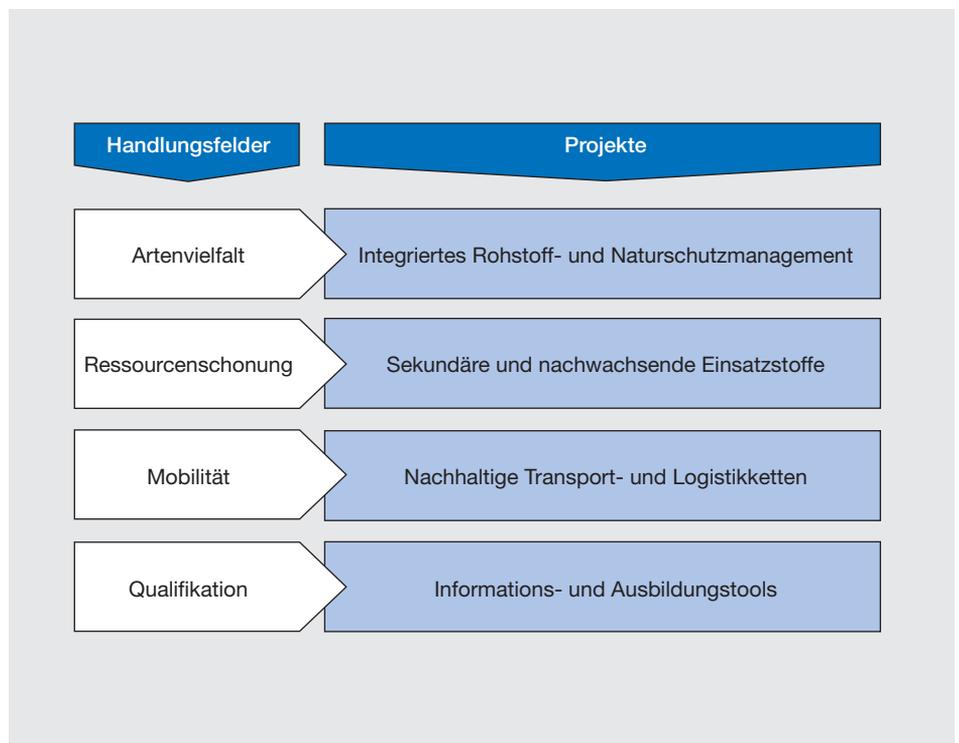


Abb. 24: Projekte der Initiative für Nachhaltigkeit

Neben der Schaffung von Informations- und Ausbildungstools, die sich an die Mitarbeiter in den Unternehmen richten, beziehen sich diese Projekte auf die Erprobung innovativer Ansätze beim Rohstoff- und Naturschutzmanagement, auf den Einsatz sekundärer und ggfs. auch nachwach-

sender Stoffe sowie auf Potenziale zur Gestaltung nachhaltiger Transport- und Logistikketten. Die Projektthemen liegen damit einerseits im Verantwortungsbereich der Sozialpartner in der Zementindustrie, andererseits betreffen sie mit ihrem Bezug zum Erhalt der Artenvielfalt, zum

Schutz des Klimas und zur Sicherung einer nachhaltigen Mobilität Handlungsfelder, die auch für andere Akteure bzw. externe Stakeholder einschließlich der Politik von erheblicher Bedeutung sind und für die Bundesregierung eine wichtige Rolle spielen.

- Aberle, G. (2001): Krise der Verkehrsinfrastruktur – Belastung für den Standort Deutschland. In: Perspektiven und Konzepte für Mobilität und Infrastruktur. Hrsg.: Informationszentrum Beton GmbH, Köln
- Alfes, C. (2000): Beton – Entwicklungen und Tendenzen. In: beton 1/2000, S. 16 ff.
- Arbeitsgemeinschaft Kreislaufwirtschaftsträger Bau (2001): Monitoring-Bericht Bauabfälle, Folgebericht, Teil 2 – Erhebung: 1998. Berlin/Düsseldorf/Duisburg
- Bartels, H./Krüger, S. (2000): Der große Radschlag – Dokumentation. Hrsg.: Forum NRW und Gewerkschaften e. V., Hannover
- Basten, M. (2002): Investitionen, Rohstoffe und Naturschutz – Aspekte nachhaltiger Entwicklung am Beispiel der Zementindustrie in Nordrhein-Westfalen. In: ZKG INTERNATIONAL 54 (2002) No. 3, S. 54 ff.
- Battelle (2002): Towards a Sustainable Cement Industry. Summary Report. An independent study commissioned by World Business Council for Sustainable Development. Columbus/USA
- Bundesregierung (2002): Bericht der Bundesregierung über die Perspektiven für Deutschland – Nationale Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. BT-Drucksache 17/8953 vom 25.04.2002
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2000): Flächenbedarf für den Abbau von oberflächennahen Rohstoffen (Steine und Erden, Braunkohle, Torf) im Jahr 1997. Commodity Top News No. 9, Hannover (zitiert als BGR 2000)
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (1998): Umweltpolitik – Wasserwirtschaft in Deutschland. Berlin (zitiert als: BUNDESUMWELT-MINISTERIUM 1998)
- Bundesverband der Deutschen Zementindustrie (Hrsg./2002): Zahlen und Daten 2001/2002. Köln
- Bundesverband der Deutschen Zementindustrie/Verein Deutscher Zementwerke (Hrsg./2001): Ökologische Positionierung von Zement und Beton – Fragen und Antworten. Köln/Düsseldorf
- Bundesverband der Deutschen Zementindustrie/Verein Deutscher Zementwerke (Hrsg./2001): Naturschutz und Zementindustrie, Projektteil 1: Auswertung einer Umfrage. Bearbeitet von U. Tränkle/M. Röhl. Düsseldorf 2001 (zitiert als BDZ/VDZ 2001)
- Bundesverband der Deutschen Zementindustrie/Verein Deutscher Zementwerke (Hrsg./2002): Naturschutz und Zementindustrie, Projektteil 2: Literaturstudie. Bearbeitet von U. Tränkle u. a. Düsseldorf 2002 (in Vorbereitung; zitiert als BDZ/VDZ 2002a)
- Bundesverband der Deutschen Zementindustrie/Verein Deutscher Zementwerke (Hrsg./2002): Naturschutz und Zementindustrie, Projektteil 3: Management-Empfehlungen. Bearbeitet von T. Beißwenger u. a. Düsseldorf 2002 (zitiert als BDZ/VDZ 2002b)
- Bundesverband der Deutschen Zementindustrie/Verein Deutscher Zementwerke (Hrsg./2002): Zementrohstoffe in Deutschland: Geologie, Massenbilanz, Fallbeispiele. Düsseldorf 2002 (zitiert als BDZ/VDZ 2002c)
- Diller, C. (1996): Die Regionalplanung als Mediatorin einer nachhaltigen Entwicklung. In: Raumforschung und Raumordnung 4.1996, S. 228 ff.
- Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages (1998): Abschlussbericht „Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung: Konzept Nachhaltigkeit – Vom Leitbild zur Umsetzung“. BT-Drucksache 13/11200 vom 26.06.1998 (zitiert als ENQUETE-KOMMISSION 1998)
- Fraunhofer-Institut Lebensmitteltechnologie und Verpackung (Hrsg./1997): Verwertung von Kunststoffabfällen aus Verkaufsverpackungen in der Zementindustrie. Ökologische Analyse nach dem LCA-Prinzip. Bearbeitet von M. Heyde/M. Kremer im Auftrag des Vereins Deutscher Zementwerke. Freising (zitiert als: HEYDE/KREMER 1997)
- Gardeik, H. O. (1997): Neubau oder Modernisierung von Ofenanlagen – Beispiele aus der deutschen Zementindustrie. In: ZKG INTERNATIONAL 49 (1997) No. 4, S. 179 ff.
- Hauer, B. (2001): Nachhaltigkeit im Bauwesen – Ganzheitliche Betrachtung von Baustoffen und Bauwerken. In: beton 2/2001, S. 78 ff.
- Heimer und Herbstreit Umweltplanung/Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (1997): Gutachten zum Nutzungskonflikt Kalksteinabbau : Naturschutz. Erstellt im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen. Bochum/Berlin (zitiert als HEIMER UND HERBSTREIT / DIW 1997)
- Industriegewerkschaft Bergbau-Chemie-Energie/Verband der Chemischen Industrie (Hrsg./1997): Zukunftsfähigkeit lernen. Kurzfassung und Kommentar zum Diskursprojekt „Bausteine für ein zukunftsfähiges Deutschland“. Bearbeitung: Institut für Organisationskommunikation, Hannover/Frankfurt a.M.
- Jastrow, R. (1997): Optimierung eines Wärmepumpen-Heizsystems mit Betonabsorbieren. Düsseldorf (= VDI-Forschungsbericht 3.104)
- Lindner, G./Schmitz-Riol, E. (2001): Systembauweise im Wohnungsbau – kostengünstiger, qualitätsvoller und ökologischer Wohnungsbau. Hrsg.: Bundesverband der Deutschen Zementindustrie, Düsseldorf
- Löckener, R. (1996): Die westfälische Zementindustrie und ihr Umfeld. Bochum
- Löckener, R./Sundmacher, T. (2001): Nachhaltige Entwicklung des Zementwerkes Lengerich und Kalkwerkes Lienen. Gutachten im Auftrag der Dyckerhoff Zement GmbH und der Schencking Kalk- und Kalksandsteinwerke GmbH & Co. KG, Lengerich/Lienen, hekt. Manuskript

- Mühl, G. (1999): Welche Beiträge kann die Regionalplanung zur Umsetzung einer „nachhaltigen“ Rohstoffsicherung leisten? In: Raumforschung und Raumordnung, 4.1999, S. 273 ff.
- Reinhardt, H.-W. et al. (2001): Nachhaltig Bauen mit Beton. Hrsg.: Deutscher Ausschuss für Stahlbeton im Deutschen Institut für Normung e. V., Berlin (= DAfStb-Schriftenreihe 521)
- Röller, L.-H./Friederiszick, H. W. (2002): Lokale Märkte unter Globalisierungsdruck? Eine industrieökonomische Studie zur deutschen Zementindustrie. Berlin (= R.A.C.R. Studie 01/2002)
- Roubin, E. (1999): Beton – „Hightech“ oder „Lowtech“. Sonderdruck aus Zement und Beton 3.1999
- Schmidt Consult (2000): Technische, ökologische und wirtschaftliche Einflüsse auf die derzeitigen und zukünftigen Mengen an rezyklierten Baustoffen. In: Der Bedarf an mineralischen Baustoffen. Hrsg.: Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e. V., Frankfurt a. M.
- Schmidt, M. (1998): Innovative Zemente – Schnellzemente, Spritzzement, Feinstzement und Zemente mit hohem Sulfat- oder Säurewiderstand. In: ZKG INTERNATIONAL 50 (1998) No. 8, S. 444 ff.
- Schneider, M./Kuhlmann, K. (1997): Umweltrelevanz des Einsatzes von Sekundärstoffen bei der Zementherstellung. In: ZKG INTERNATIONAL 49 (1997) No. 1, S. 10 ff.
- Schwarz, B. (1987): Wärme aus Beton. Düsseldorf
- Umweltbundesamt (2000): Jahresbericht 1999. Berlin
- Verein Deutscher Zementwerke (1996): Beton. Düsseldorf (zitiert als: VDZ 1996)
- Verein Deutscher Zementwerke/Forschungsinstitut der Zementindustrie (1998): Verminderung der CO₂-Emissionen – Beitrag der deutschen Zementindustrie – Monitoring-Bericht 1997. Düsseldorf (zitiert als: VDZ 1998)
- Verein Deutscher Zementwerke (1999): Tätigkeitsbericht 1996-99. Düsseldorf (zitiert als: VDZ 1999a)
- Verein Deutscher Zementwerke/Forschungsinstitut der Zementindustrie (1999): Verminderung der CO₂-Emissionen – Beitrag der deutschen Zementindustrie – Monitoring-Bericht 1998. Düsseldorf (zitiert als: VDZ 1999b)
- Verein Deutscher Zementwerke (2000) (Hrsg.): Zement Taschenbuch 2000. Düsseldorf (zitiert als: VDZ 2000)
- Verein Deutscher Zementwerke/Forschungsinstitut der Zementindustrie (2002): Verminderung der CO₂-Emissionen – Beitrag der deutschen Zementindustrie – Monitoring-Bericht 2000. Düsseldorf (zitiert als: VDZ 2002a)
- Verein Deutscher Zementwerke/Forschungsinstitut der Zementindustrie (2002): Umweltdaten der deutschen Zementindustrie 2000. Düsseldorf (zitiert als: VDZ 2002b)

Nachhaltigkeit und Zementindustrie

– Branchenvereinbarung –

Sozialpolitische Arbeitsgemeinschaft der Deutschen Zementindustrie e. V.

in Verbindung mit dem

Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e. V.

und dem

Verein Deutscher Zementwerke e. V.

Industriegewerkschaft Bauen-Agrar-Umwelt

Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie

Nachhaltigkeit als Leitbild – Grundlage für eine zukunftsverträgliche Entwicklung

Die Industriegewerkschaft Bauen-Agrar-Umwelt (IG BAU), die Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie (IG BCE), die Sozialpolitische Arbeitsgemeinschaft der Deutschen Zementindustrie (SPADZ) sowie der Bundesverband der Deutschen Zementindustrie (BDZ) und der Verein Deutscher Zementwerke (VDZ) bekennen sich zum Leitbild der nachhaltigen Entwicklung.

Die Sicherung der Lebensgrundlagen für die heutige Generation und für die kommenden Generationen ist das zentrale Ziel der nachhaltigen Entwicklung. Dies erfordert die Berücksichtigung ökologischer, ökonomischer und sozialer Bedürfnisse. Nachhaltige Entwicklung ist aufgrund der damit verbundenen, komplexen Anforderungen zudem als kontinuierlicher Such- und Lernprozess zu verstehen – und zwar auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene.

Die genannten Einrichtungen sehen die Wirtschaft mit ihren Unternehmen und Mitarbeitern als wesentlichen Träger der nachhaltigen Entwicklung. Um für die deutsche Zementindustrie eine fundierte Informationsgrundlage zu schaffen, haben sie ge-

meinsam eine Dokumentation über das Verhältnis von Nachhaltigkeit und Zementindustrie entlang der gesamten Wertschöpfungskette zementgebundener Baustoffe erarbeitet.

Diese Dokumentation belegt die Fortschritte, die bereits in den vergangenen Jahren erzielt wurden. Beispiele sind das Engagement für einen Ausgleich von Rohstoffgewinnung und Naturschutz, die freiwillige Selbstverpflichtung zur Minderung der CO₂-Emissionen oder die Qualifizierungsoffensive in der Zementindustrie. Im Rahmen der Dokumentation sind zudem Herausforderungen identifiziert worden, die die Ausgangsbasis für weitere, zukunftsorientierte Aktivitäten markieren.

Nachhaltigkeit und Zementindustrie – Ziele für die weitere Zusammenarbeit der Sozialpartner

Die Sozialpartner wollen bei der Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen, die dazu beitragen, ökologische, ökonomische und soziale Anforderungen im Sinne einer zukunftsverträglichen Entwicklung in Einklang zu bringen, eng zusammenarbeiten. Sie haben sich darauf verständigt, gemeinsam einen Such- und Lernprozess anzustoßen, der auf Dialog beruht und durch konkrete Projekte befruchtet wird.

Nachhaltige Entwicklung ist von der Mitwirkung verschiedener Interessengruppen abhängig. Dies gilt zu allererst für die Zementindustrie selbst: Nachhaltige Entwicklung ist auf das aktive Engagement der Unternehmen, der Mitarbeiter und ihrer Organisationen sowie auf die Förderung und Pflege des Dialogs zwischen den Sozialpartnern angewiesen. Darüber hinaus suchen die Sozialpartner den Dialog über die Grenzen der Branche hinweg – angesprochen sind unter anderem Politik, Verwaltung, Umweltverbände und Wissenschaft.

Der Erfolg hängt von konkreten Maßnahmen ab: Die Sozialpartner wollen daher mit praxisorientierten Aktivitäten zur Weiterentwicklung einer nachhaltigen Ressour-

cennutzung, nachhaltiger Produktionsprozesse und einer nachhaltigen Produktpolitik beitragen.

Initiative für Nachhaltigkeit in der Zementindustrie – ein gemeinsames Engagement der Sozialpartner

Vor diesem Hintergrund begründen die Sozialpolitische Arbeitsgemeinschaft der Deutschen Zementindustrie, die Industriegewerkschaft Bauen-Agrar-Umwelt und die Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie eine gemeinsame Initiative für Nachhaltigkeit in der deutschen Zementindustrie. Diese Initiative umfasst:

- Aktivitäten zur weiteren Verankerung des Leitbildes der nachhaltigen Entwicklung in den Unternehmen und Organisationen der deutschen Zementindustrie,
- die Entwicklung und Durchführung von Projekten, die als beispielhafte Lösungen oder konkrete Handlungsempfehlungen wichtige Anstöße für eine nachhaltige Entwicklung geben,
- die Förderung und Pflege des Dialogs zwischen den Sozialpartnern innerhalb der Branche sowie mit wichtigen Ansprechpartnern („Stakeholdern“) außerhalb der Branche,
- die Vermittlung von Informationen zur nachhaltigen Entwicklung an die Mitarbeiter und Interessenvertretungen in der deutschen Zementindustrie.

Zur Durchführung der Initiative wird ein Steuerungskreis gebildet, der sich aus vier stimmberechtigten Vertretern der SPADZ einschließlich hauptamtlicher Mitarbeiter des BDZ und des VDZ sowie jeweils zwei stimmberechtigten Vertretern der IG BAU und der IG BCE (jeweils ein hauptamtliches und ein ehrenamtliches Mitglied) zusammensetzt. Der Steuerungskreis entscheidet über die Aktivitäten der Initiative. Er ist beschlussfähig, wenn jeder Träger durch ein Mitglied vertreten ist.

Zur operativen Durchführung der Initiative mit den oben dargestellten Aufgaben wird für die ersten Jahre eine Agentur eingerichtet. Sie hat die Aufgabe, den Dialog zwischen den Sozialpartnern und mit den Ansprechpartnern außerhalb der Branche über die nachhaltige Entwicklung zu organisieren und die Träger der Initiative bei der Entwicklung und Umsetzung konkreter Projekte zu unterstützen. Die Arbeit der Agentur wird vom Steuerungskreis festgelegt; ihre Tätigkeit ist – unabhängig von der Initiative der Sozialpartner – auf drei Jahre angelegt.

Flankiert werden Steuerungsgruppe und Agentur durch einen Beirat, dem Vertreter der Unternehmen und der Betriebsräte, der Verbände der Zementindustrie und der beiden Gewerkschaften sowie Persönlichkeiten des öffentlichen Lebens angehören. Der Beirat ist ein Forum des Dialogs und liefert wesentliche Impulse für die Initiative.

Kosten, Inkrafttreten und Kündigung

Beschlüsse des Steuerungskreises, die Kosten für die Träger der Initiative verursa-

chen, bedürfen der ausdrücklichen Zustimmung der Träger. Die Kosten für die Tätigkeit der Agentur werden für eine Laufzeit von drei Jahren von den Trägern der Initiative gemeinschaftlich getragen.

Diese Vereinbarung tritt am 01. Januar 2002 in Kraft und kann von jedem der beteiligten Träger mit einer Frist von sechs Monaten zum Ende eines Kalenderjahres gekündigt werden. Steuerungskreis und Agentur nehmen ihre Arbeit mit Beginn des Jahres 2002 auf.

Köln/Frankfurt a. M./Hannover,
den 14. Dezember 2001

Sozialpolitische Arbeitsgemeinschaft
der Deutschen Zementindustrie e. V.

Dr.-Ing. Hans Otto Gardeik
(Vorsitzender)

Dr. Michael Weißenborn
(Geschäftsführer)

Industriegewerkschaft
Bauen-Agrar-Umwelt

Klaus Wiesehügel
(Bundesvorsitzender)

Hans-Joachim Wilms
(stellv. Bundesvorsitzender)

Industriegewerkschaft
Bergbau, Chemie, Energie

Hubertus Schmoldt
(Vorsitzender)

Fritz Kollorz
(Mitglied des Hauptvorstandes)

