

VI

Umweltverträglichkeit von Zement und Beton

Zement ist das wichtigste Bindemittel für den Baustoffsektor, er wird weltweit in großen Mengen produziert. Dementsprechend kommt einer umweltverträglichen Zementherstellung und -verwendung eine große Bedeutung zu. Die deutsche Zementindustrie hat bereits seit vielen Jahren die Umweltverträglichkeit zementgebundener Baustoffe in allen Lebensphasen intensiv untersucht. Zunächst stand dabei die umweltverträgliche Zementherstellung im Vordergrund. Mit zunehmendem Einsatz von Sekundärstoffen bei der Zementherstellung richtete sich der Fokus verstärkt auf das Produkt Zement.

Wesentliche Voraussetzung für den Einsatz von Sekundärstoffen in der deutschen Zementindustrie ist, dass sie weder zu einer Umweltbelastung bei der Zementherstellung noch zu einer Beeinträchtigung der bautechnischen und umweltrelevanten Eigenschaften des Zements bzw. Betons führen. Umfangreiche Untersuchungen des Forschungsinstituts belegen, dass der Einfluss eines Zementwerks auf die Immissionssituation am Standort nur sehr gering ist. Auch führt der Sekundärstoffeinsatz zu keiner wesentlichen Änderung der Spurenelementgehalte im Zement, die in der gleichen Größenordnung liegen wie die Gehalte in natürlichen Gesteinen, Böden oder Tonen. Weiterhin haben alle bislang durchgeführten Auslauguntersuchungen gezeigt, dass aus zementgebundenen Baustoffen nur sehr geringe Spurenelementmengen freigesetzt werden, die keine negativen Auswirkungen auf die Umwelt haben.

Vor allen Dingen die europäische Bauproduktenrichtlinie legt Anforderungen fest, die von Baustoffen im Hinblick auf Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz zu erfüllen sind. Zement und Beton haben sich seit Jahrzehnten für Bauteile in Kontakt mit Boden, Grund- und Oberflächenwasser sowie Trinkwasser hervorragend bewährt. Daher sehen die geltenden technischen Regelwerke keine darüber hinaus gehenden Nachweise zur Hygiene oder Umweltverträglichkeit von Normzementen und daraus hergestellten Bauprodukten vor. Solche Nachweise sind in Deutschland zurzeit nur bei der bauaufsichtlichen Zulassung neuer, unbekannter Bauprodukte sowie für Werkstoffe in Kontakt mit Trinkwasser notwendig. Inwiefern die entsprechenden europäischen Regelungen, die derzeit ausgearbeitet werden, dies ändern, ist offen. Das Forschungsinstitut ist in den maßgeblichen Gremien vertreten und setzt sich dafür ein, dass genormte Zemente weiterhin ohne Prüfung zur Herstellung von Bauprodukten und Bauteilen in Kontakt mit Boden, Oberflächen- und Grundwasser eingesetzt werden können. Hierbei kann sich das Institut auf umfangreiche und langjährige Erfahrungen mit Zement und Beton sowie auf zahlreiche Forschungsergebnisse stützen.

Die Auswirkung des Bauens auf die regionale und globale Umwelt und damit auf die natürlichen Lebensgrundlagen rückt immer stärker in das öffentliche Bewusstsein. So beeinflussen heute ökologische Gesichtspunkte zunehmend die Auswahl der einzusetzenden Baustoffe und Bauweisen. Das Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung wird im Bauwesen berücksichtigt, wenn auf die Bedürfnisse der Nutzer abgestimmte Bauwerke mit geringen Kosten und Belastungen für die Umwelt erstellt und dauerhaft genutzt werden. Dazu bereitet der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton mittelfristig ein Grundsatzpapier vor, das den am Betonbau Beteiligten Bewertungsregeln und technische Empfehlungen zum nachhaltigen Bauen mit Beton an die Hand gibt. Dieses Papier, an dem das Forschungsinstitut intensiv mitarbeitet, soll auch dazu dienen, die in Deutschland etablierten Vorgehensweisen in die künftigen europäischen Normen und Richtlinien einzubringen.



Umweltkriterien für zementgebundene Baustoffe ■

Der Klinkerbrennprozess ist ein Stoffumwandlungsprozess, der sich durch das stark basisch reagierende Brenngut, die hohen Brennguttemperaturen von etwa 1450 °C sowie den intensiven Kontakt zwischen den Feststoffen und dem Ofengas mit Gas-temperaturen bis 2000 °C auszeichnet. Drehrohrofenanlagen der Zementindustrie bieten damit ausgezeichnete Bedingungen für die zuverlässige und umweltverträgliche Verwertung vieler Reststoffe. Grundsätzlich kommen in der deutschen Zementindustrie jedoch nur solche Reststoffe zum Einsatz, die die Emissionen, die Gleichmäßigkeit und die bautechnischen Eigenschaften des Zements sowie seine Umweltverträglichkeit nicht beeinträchtigen. Umfangreiche Untersuchungen des Forschungsinstituts belegen, dass der heute übliche Einsatz von Sekundärstoffen in der deutschen Zementindustrie zu keiner wesentlichen Änderung der Spurenelementgehalte im Produkt führt. Insgesamt gesehen liegen die Spurenelementgehalte deutscher Zemente in der gleichen Größenordnung wie die Gehalte in natürlichen Gesteinen, Böden oder Tonen. Dies gilt unabhängig davon, ob bei der Zementherstellung Sekundärstoffe eingesetzt werden oder nicht.

Sekundärstoffeinsatz

Der Klinkerbrennprozess ist aufgrund seiner prozessspezifischen Gegebenheiten sehr gut für die energetische und stoffliche Verwertung zahlreicher Sekundärstoffe geeignet. Je nach der Rohstoffsituation eines Zementwerks können sekundäre Nebenprodukte als Rohmaterialkomponenten bzw. als Korrekturstoffe für die Rohmischung genutzt werden. Zum Einsatz kommen dabei Industriekalke, Gießereialsande, Kiesabbrand, Flugaschen sowie Reststoffe aus der Eisen- und Stahlindustrie usw. In **Tafel VI-1** sind die im Jahr 2005 eingesetzten Sekundärrohstoffe zusammengefasst.

Primärbrennstoffe können umweltverträglich durch Sekundärbrennstoffe ersetzt werden. So wurden im Jahr 2005 rund 50 % des Brennstoffenergieverbrauchs der deutschen Zementindustrie durch Sekundärbrennstoffe gedeckt. Die größte Bedeutung haben dabei aufbereitete Fraktionen aus Industrie- und Gewerbeabfällen, Altreifen, Altöl, Tiermehle und -fette sowie Altholz. In den vergangenen fünf Jahren zwischen 2000 und 2005 hat sich der Sekundärbrennstoffeinsatz in der deutschen Zementindustrie von 25,7 % auf 48,8 % erhöht (**Bild**

Tafel VI-1: Einsatz sekundärer Rohstoffe bei der Klinkerherstellung (Jahr 2005)

| Gruppe | Sekundärrohstoff | Einsatz in 1000 t/a |
|----------|--|---------------------|
| Ca | Kalkschlämme aus der Trinkwasser- und Abwasseraufbereitung | 96 |
| | Kalkhydrat | |
| | Porenbetongranulat | |
| | Calciumfluorid | |
| Si | Gießereialsand | 117 |
| Si-Al | Rückstände aus der Kohleaufbereitung | 4 |
| Fe | Kiesabbrand | 111 |
| | Erz verunreinigt | |
| | Eisenoxid/Flugasche-Gemisch | |
| | Stahlwerksstäube Walzzunder | |
| Si-Al-Ca | Hüttensand | 104 |
| | Flugasche | 333 |
| | Papierreststoffe Aschen aus Verbrennungsprozessen Mineralische Reststoffe, z. B. ölverunreinigte Böden | 173 |
| S | Gips aus der Rauchgasentschwefelung und sonstige Gipse | 20 |
| Al | Aufbereitungsrückstände von Salzschlacken, Aluminiumhydroxid | 70 |

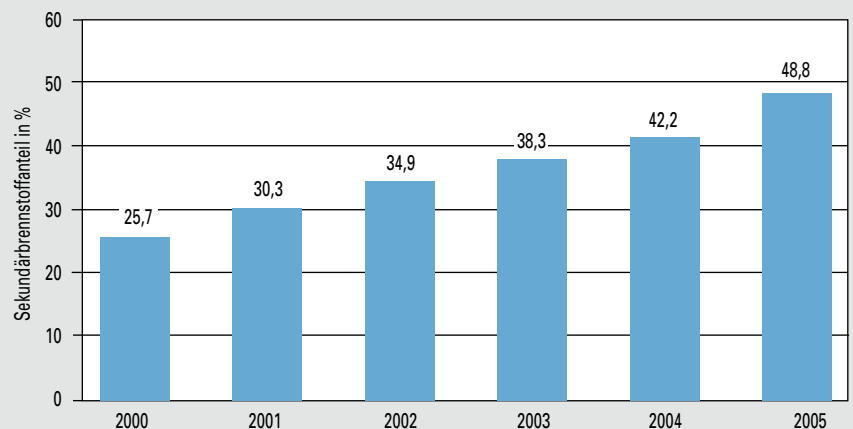


Bild VI-1: Entwicklung des Sekundärbrennstoffeinsatzes in der deutschen Zementindustrie

VI-1). Die energetische Verwertung leistet einen Beitrag zur CO₂-Minderung, ohne dass dabei produktionsspezifische Reststoffe anfallen. Die hohen Temperaturen der Drehofenfeuerung gewährleisten, dass organische Substanzen praktisch vollständig zu Kohlendioxid und Wasser umgesetzt werden. Die Emissionskonzentrationen organischer Verbindungen wie Dioxine, Furane usw. sind deshalb sehr gering. Auch dieses gilt unabhängig von den eingesetzten Brennstoffen.

Spurenelemente im Zement

Zement enthält wie alle aus natürlichen Rohstoffen stammenden Baustoffe geringe Mengen Spurenelemente. Für den Spurenelementgehalt im Zementklinker sind im

Wesentlichen die Spurenelementgehalte in den zur Klinkerherstellung verwendeten Rohmaterialien maßgebend. Diese Gehalte können sich je nach dem Rohstoffvorkommen deutlich unterscheiden. Das Verhalten der Spurenelemente beim Klinkerbrennprozess wird durch ihre physikalischen/chemischen Eigenschaften, insbesondere ihre Flüchtigkeit, bestimmt. Die mit den Brenn- und Rohstoffen zugeführten Spurenelemente können entsprechend ihres Dampfdrucks ganz oder teilweise in den heißen Zonen des Vorwärmers und/oder des Ofens verdampfen und mit den weiteren in der Gasphase vorliegenden Bestandteilen reagieren. In den kälteren Bereichen des Ofensystems können sie auf dem Brenngut kondensieren.

Nichtflüchtige Elemente, wie zum Beispiel Arsen, Beryllium, Chrom, Kupfer, Nickel, Vanadium und Zink, sowie schwerflüchtige Elemente, wie zum Beispiel Blei und Cadmium, werden praktisch vollständig mit dem Klinker aus dem Ofensystem ausgetragen. Das leichtflüchtige Element Thallium wird im Vorwärmer zurückgehalten, sodass sich ein so genannter innerer Kreislauf aufbaut. Das hochflüchtige Element Quecksilber kann in den Abgasreinigungseinrichtungen bei Temperaturen unterhalb von etwa 120 °C auf Staubpartikeln kondensieren und mit diesen abgetrennt werden.

Die Einbindung der Spurenelemente in die Klinkerphasen kann je nach den chemischen Eigenschaften der Elemente und den Prozessbedingungen auf unterschiedliche Arten erfolgen. Zum Beispiel ersetzt Barium in fast allen Klinkerphasen das Calcium. Chrom wird im Wesentlichen im C_2S eingebaut. Mangan wird im C_4AF eingebaut und kann Silizium und Calcium im C_3S ersetzen. Zink wird in C_3S und C_2S eingebaut und verbessert die Klinkerphasenbildung. Andere Elemente, wie zum Beispiel Arsen und Antimon, bilden schwerflüchtige Verbindungen wie Calciumarsenat bzw. Calciumantimonat. Diese Einbindung der Spurenelemente in die Klinkerphasen bewirkt, dass diese Spurenelemente beim Kontakt des Wassers nicht spontan in Lösung gehen, sondern erst im Verlauf der Hydratation „aufgeschlossen“ werden.

Werden natürliche Einsatzstoffe durch geeignete sekundäre Brenn- und/oder Rohstoffe ersetzt, so ist deren Spurenelementgehalt ein wichtiges Beurteilungskriterium. Bei dem heute üblichen Einsatz von Sekundärstoffen in der deutschen Zementindustrie können sowohl geringfügige Erhöhungen als auch Verminderungen der Spurenelementgehalte in den Zementen auftreten. Diese Veränderungen werden jedoch üblicherweise durch die natürlichen Konzentrationsschwankungen in den primären Einsatzstoffen überdeckt.

Spurenelementfreisetzung

Zur Mörtel- und Betonherstellung werden Zement, Gesteinskörnungen sowie gegebenenfalls Betonzusatzstoffe und Betonzusatzmittel mit dem Zugabewasser gemischt. Wie der Zement enthalten auch Gesteinskörnungen und Betonzusatzstoffe geringe Mengen an Spurenelementen. Der Spurenelementanteil, der mit dem Zugabewasser oder Betonzusatzmitteln in den Baustoffeingebracht wird, kann erfahrungsgemäß vernachlässigt werden. Für die Beurteilung

der Umweltverträglichkeit eines Baustoffs ist jedoch nicht der Gehalt möglicherweise bedenklicher Substanzen entscheidend, sondern nur der Anteil, der während der Herstellung, Nutzung und gegebenenfalls beim Abbruch oder der Wiederverwendung auf die Umweltmedien Wasser, Boden oder Luft übergehen kann.

Zement durchläuft unmittelbar nach dem ersten Kontakt mit dem Zugabewasser eine Serie komplexer chemischer Reaktionen, bei denen zum Beispiel Calciumsulfat und ein geringer Teil des Tricalciumaluminats in Lösung gehen. Hierbei entstehen Calciumhydroxid und Trisulfat (Ettringit) als erste Reaktionsprodukte, und nach wenigen Minuten wird eine Hydroxylionenkonzentration zwischen 50 und 80 mmol/l erreicht. Dieses entspricht einem pH-Wert von 12,7 bis 12,9. Aufgrund dieser hohen Alkalität werden zahlreiche Metallionen, wie zum Beispiel Cadmium, Quecksilber, Mangan, Cobalt und Nickel, die eventuell beim Kontakt des Zements mit dem Zugabewasser in Lösung gehen, unmittelbar wieder als unlösliche Hydroxide ausgefällt. Spurenelemente, wie zum Beispiel Arsen oder Molybdän, die Oxo-Anionen bilden, fallen als unlösliche Calciumverbindungen aus. Andere Spurenelemente werden im weiteren Hydratationsverlauf an den gebildeten Zementphasen sorbiert oder in deren Kristallgitter eingebaut.

Aufgrund dieser chemischen Einbindung bestimmt der Anteil eines Spurenelements, der im Porenwasser des Zementsteins gelöst vorliegt, den Grad der Freisetzung. Neben den chemischen Wechselwirkungen der Spurenelemente mit den Hydratationsprodukten kommt hinzu, dass sich bei der Erhärtung zementgebundener Baustoffe ein festes, weitgehend wasserdichtes Gefüge ausbildet. Eine Auslaugung im Porenwasser gelöster Substanzen aus Festbetonen kann deshalb nur durch Diffusionsprozesse in flüssigkeitsgefüllten Poren des Mörtels oder Betons erfolgen. Treibende Kraft für die Diffusion ist der Konzentrationsunterschied der jeweiligen Substanz in der Porenlösung und dem auslaugenden Umgebungswasser. Dabei wird die Transportgeschwindigkeit im Wesentlichen durch das Diffusionsverhalten der jeweiligen Substanz und die Porenverteilung des zementgebundenen Baustoffs, insbesondere den Anteil miteinander verbundener Kapillarporen, bestimmt. Für sachgerecht hergestellte Betone kann die Diffusionsgeschwindigkeit einer Substanz um einen Faktor bis zu 5000 gegenüber der freien Diffusion in Wasser gemindert werden.

Die hervorragenden Bindungseigenschaften von Zementen für Spurenelemente waren Gegenstand zahlreicher Forschungsaktivitäten. Dabei haben alle bislang durchgeführten Auslauguntersuchungen gezeigt, dass aus zementgebundenen Baustoffen nur sehr geringe Mengen an Spurenelementen freigesetzt werden. Insgesamt kann festgestellt werden, dass zementgebundene Baustoffe unter üblichen Anwendungsbedingungen keine negativen Auswirkungen auf die Umwelt haben.

Um das Wissen zur Einbindung und Freisetzung von Spurenelementen in/aus zementgebundenen Baustoffen zu vertiefen, wurde bereits vor mehreren Jahren von einem europäischen Konsortium das Forschungsvorhaben „Environmental Criteria for Cement Based Products (ECRICEM)“ begonnen. Forschungspartner sind das Energy Research Centre for the Netherlands, die Holcim Group Support Ltd, Ciments d’Obourg, Norcem A.S. und der Verein Deutscher Zementwerke. In den Forschungsarbeiten wurde zunächst schwerpunktmäßig untersucht, in welchem Maß Spurenelemente aus zementgebundenen Baustoffe freigesetzt werden können. Hierzu wurden Portlandzemente und Zemente mit mehreren Hauptbestandteilen weltweiter Produktionsstandorte verwendet. Ausgewählt wurden solche Zemente, die naturgemäß hohe Spurenelementgehalte hatten. Die Ergebnisse der Untersuchungen haben das günstige Umweltverhalten zementgebundener Baustoffe bestätigt. Sie haben auch gezeigt, dass alle Zemente generell eine gleichartige Freisetzungsscharakteristik aufweisen.

Nach Abschluss der experimentellen Arbeiten im Jahr 2004 wurde intensiv an der Modellierung chemischer Reaktionen in zementgebundenen Baustoffen gearbeitet. Das Verständnis der „kontrollierenden“ Faktoren, die die Löslichkeit eines Spurenelements im Porenwasser und damit auch die diffusionskontrollierte Freisetzung bestimmen, ist für die Bewertung des Langzeitauslaugverhaltens zementgebundener Baustoffe unerlässlich. So kann ein bestimmtes Spurenelement nicht für sich alleine betrachtet werden, sondern nur in Wechselwirkung mit den anderen Komponenten im Porenwasser und mit den Zementhydratphasen. Eine Berücksichtigung dieser Wechselwirkungen, zum Beispiel die Bildung schwerlöslicher Verbindungen wie Bleichromat, die die Freisetzung der entsprechenden Elemente entscheidend beeinflussen können, ist nur durch Modellrechnungen möglich.



Bild VI-2: Auslaugung eines Betonwürfels (Abmessungen 10 x 10 x 10 cm³) in einem Langzeitstandtest

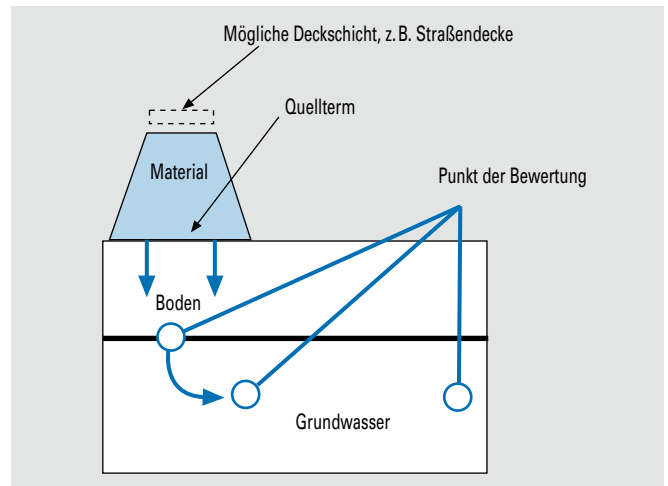


Bild VI-3: Freisetzungsszenario für körniges Material in Kontakt mit Boden (Beispiel: Straßenbau)

Auch Effekte, wie z.B. die Carbonatisierung oder die Ausbildung von Carbonatschutzschichten, die sich auf die Freisetzung von Spurenelementen aus Betonen in Kontakt mit Oberflächenwasser, Grundwasser und Boden auswirken, lassen sich durch Laborexperimente nur schwer simulieren. In diesem Fall können mechanistische Modellrechnungen angewendet werden, mit denen abgeschätzt werden kann, wie sich diese Effekte auf die Spurenelementauslaugung auswirken. Anhand experimenteller Ergebnisse, zum Beispiel von Auslaugversuchen in einem Langzeitstandtest (**Bild VI-2**), und entsprechenden Modellrechnungen lässt sich dann der so genannte „Quellterm“ für die Auslaugung ermitteln.

Weiterhin wurde im Berichtszeitraum an Rechenmodellen für die Ausbreitung von Substanzen im Boden und Grundwasser (Transportmodell) gearbeitet. Mit einer Kombination des Quelltermmodells und des Transportmodells können dabei für definierte Freisetzungsszenarien Laborergebnisse hinsichtlich der Umweltwirkung eines Bauwerks oder Bauteils auf die Bauwerksumgebung bewertet werden. So kann der Konzentrationsverlauf der Spurenelemente für beliebige Abstände zum Bauwerk berechnet werden – sowohl für die ungesättigte Bodenzone als auch das Grundwasser. **Bild VI-3** zeigt, wie aus körnigem Material, das zum Beispiel im Straßenbau verwendet wird, Spurenelemente in dem angrenzenden Boden freigesetzt werden. Zurzeit werden die folgenden sieben Freisetzungsszenarien intensiv bearbeitet:

- Körniges Material in Kontakt mit Boden
- Bauschutt in Kontakt mit Boden
- Monolithisches Material in Kontakt mit Boden
- Monolithisches Material in Kontakt mit Regen
- Monolithisches Material in Kontakt mit Trinkwasser
- Monolithisches Material in Kontakt mit Oberflächenwasser
- Dachflächen in Kontakt mit Regen

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Ergebnisse des ECRICEM-Projekts eine solide, wissenschaftlich abgesicherte Basis für die anstehenden europäischen Normungsarbeiten zur Verankerung der wesentlichen Anforderungen an Hygiene, Gesundheit und Umwelt in den harmonisierten europäischen Produktnormen bieten.

REACH ■

Europäische und deutsche Regelwerke

Das in der Öffentlichkeit stark gestiegene Umweltbewusstsein spiegelt sich auch in Regelwerken und Normen wider. So wird z. B. national festgelegt, welche umweltrelevanten Anforderungen von Baustoffen in Kontakt mit Boden und Grundwasser oder für die hygienische Eignung von Werkstoffen in Kontakt mit Trinkwasser eingehalten werden müssen. Darüber hinaus wird zurzeit intensiv an entsprechenden europäischen Regelungen gearbeitet. Dabei sind für zementgebundene Baustoffe insbesondere die Anforderungen der europä-

ischen Bauproduktenrichtlinie zu beachten. Mit der zukünftigen REACH-Verordnung wird das europäische Chemikalienrecht neu gestaltet. Zemente und zementhaltige Zubereitungen sind davon ebenso betroffen wie andere anorganische Baustoffe und alle Chemikalien.

REACH

Im Dezember 2006 haben das Europäische Parlament und der Europäische Rat die neue europäische Chemikalienverordnung zur **Registrierung, Evaluierung und Autorisierung von Chemikalien** „REACH“ verabschiedet. Damit hat eines der umfangreichsten europäischen Gesetzgebungsverfahren seinen vorläufigen Abschluss gefunden. Knapp sechs Jahre nachdem das erste EU-Weißbuch veröffentlicht wurde und gut drei Jahre nachdem die EU-Kommission den Verordnungsentwurf erarbeitet hatte und hierzu mehr als 4600 Änderungsanträge eingereicht wurden, steht mit der Verordnung vorerst das Grundgerüst des neuen EU-Chemikalienrechts. Über die tatsächliche Umsetzung und damit auch über die Praktikabilität und Kosteneffizienz der Regelungen entscheiden letztlich die verschiedenen technischen Leitfäden, die zurzeit von der EU-Kommission mithilfe zahlreicher Experten entwickelt werden. Allein die für die Unternehmen bestimmten zehn verschiedenen „Umsetzungshilfen“ umfassen gegenwärtig schon mehrere tausend Seiten. Damit REACH letztendlich funktioniert, benötigen vor allem kleine und mittlere Betriebe einfache Instrumente und Hilfestellungen. An diesen arbeiten wiederum nationale Institutionen und Verbände.

Inhalte von REACH

Die wesentlichen Ziele der neuen Stoff- und Chemikalienpolitik sind eine nachhaltige Entwicklung, der Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt sowie die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der chemischen Industrie. Insbesondere sollen durch REACH Behörden, Weiterverarbeiter und andere Kunden einen besseren Zugang zu sicherheitsrelevanten Informationen über die verwendeten Stoffe bekommen. Nach dem Motto „No Data, No Market“ dürfen künftig nur noch Stoffe in Verkehr gebracht werden, zu denen im Rahmen einer Registrierung ausreichende Informationen vorliegen. Gefordert wird dieses für alle Stoffe, die in einer Menge von größer 1 t jährlich in der EU produziert oder in die EU importiert werden. Dies gilt auch für die so genannten Altstoffe oder „Phase-In-Stoffe“, die schon vor September 1981 auf den Markt gekommen sind.

Hersteller und Importeure geben die Stoffinformationen an alle Abnehmer bzw. nachgeschalteten Anwender weiter. Etwa 30 000 im Handel erhältliche Stoffe sind danach registrierungspflichtig und bis zu 1 500 besonders besorgniserregende Stoffe zudem zulassungspflichtig. Für die Umsetzung von REACH wurde eigens die neue Europäische Agentur für chemische Stoffe in Helsinki geschaffen. **Bild VI-4** gibt die wichtigsten Eckdaten für die Umsetzung der REACH-Verordnung an.

Auswirkungen auf die Zementindustrie

Grundsätzlich unterscheidet die REACH-Verordnung zwischen Stoffen und Zubereitungen. Sofern Stoffe nicht unter eine explizite Ausnahmeregelung fallen, müssen sie registriert werden. Zubereitungen hingegen sind als solche nicht registrierungspflichtig. Insofern fallen Zemente nicht unter die Registrierungspflicht, da es sich hierbei um Zubereitungen handelt. Portlandzementklinker ist hingegen ein Stoff. Gemäß Anhang V der REACH-Verordnung ist er jedoch explizit von der Registrierungspflicht ausgenommen. Der Grund hierfür liegt insbesondere darin, dass es sich bei Zementklinker um einen bekannten und bewährten Stoff handelt, der keine Chemikalie im ursprünglichen Sinn der Verordnung darstellt. Insofern besteht auch keine Notwendigkeit für eine Vorregistrierung. Da die Anhänge mit den Ausnahmen von der Registrierungspflicht jedoch nur einen vorläufigen Charakter haben und innerhalb von zwölf Monaten durch ein europäisches Expertengremien im „Komitologieverfahren“ überarbeitet werden, bleibt für die Übergangszeit von

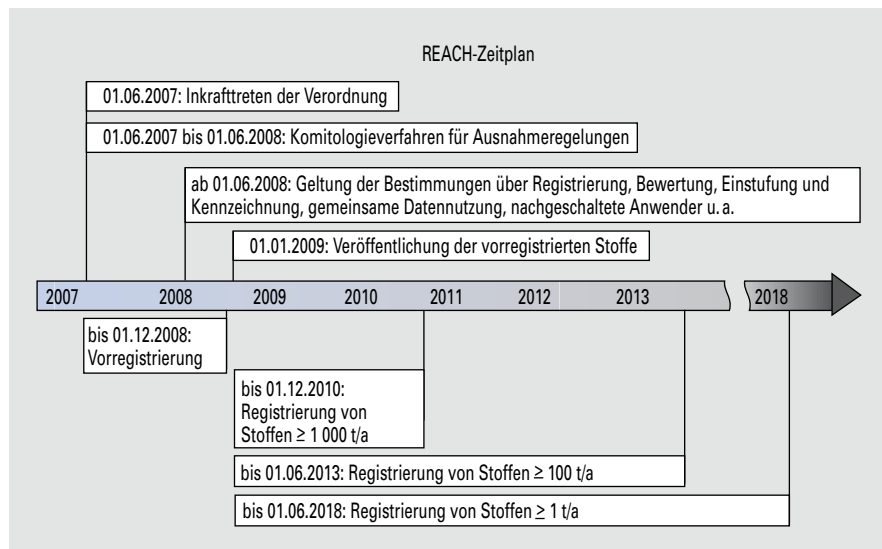


Bild VI-4: Inkrafttreten und Umsetzungsfristen für die REACH-Verordnung

einigen Monaten eine gewisse Unsicherheit bestehen.

Auch Abfälle sind von der Registrierungspflicht ausgenommen. Für Sekundärstoffe ist eine Ausnahme nicht zustande gekommen. Rat und Parlament haben jedoch der EU-Kommission den Auftrag erteilt, den Geltungsbereich der Verordnung innerhalb von fünf Jahren auf Überschneidungen mit anderen Regelwerken hin zu überprüfen.

Unabhängig von der Frage der Registrierungspflicht werden durch die REACH-Verordnung auf jeden Fall die Anforderungen an Zement-Sicherheitsdatenblätter geändert. Dazu gehört, dass ein Zementhersteller – in der Rolle als nachgeschalteter Anwender – Informationen zu allen von ihm eingesetzten Stoffen bereithalten oder ggf. einholen muss. Diese benötigt er, wenn er die geforderten so genannten erweiterten Sicherheitsdatenblätter erstellt und hierin die entsprechenden Expositionsszenarien darlegt. Zu diesen Stoffen gehören z. B. Eisensulfat, Anhydrit, Gips, Mahlhilfsmittel, Steinkohlenflugasche oder Hüttensand.

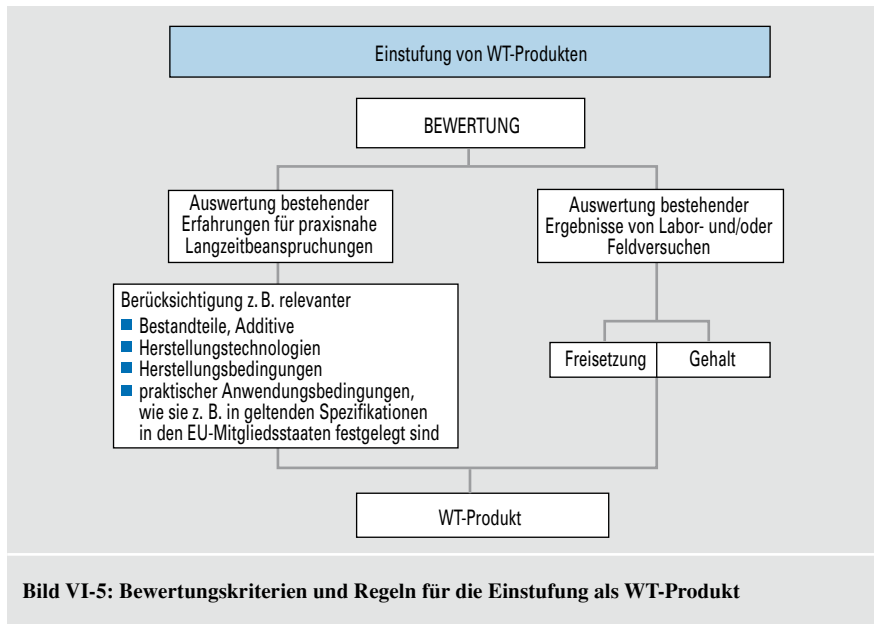
In der Regel ist ein Zementwerk nur der Hersteller von Zementklinker und ansonsten nachgeschalteter Anwender (Verwender) von anderen, in den „Zementzubereitungen“ eingesetzten Stoffen. In dieser Funktion hat er aber zu prüfen, ob seine Verwendung von den im Sicherheitsdatenblatt seines Lieferanten angegebenen Expositionsszenarien abgedeckt ist. Sofern

dies der Fall ist, übernimmt er diese Expositionsbeurteilung für sein eigenes Zement-Sicherheitsdatenblatt. Andernfalls ist der Lieferant darüber zu informieren.

Europäische Bauproduktenrichtlinie ■

Mandat M/366 und CEN/TC 351

Die europäische Bauproduktenrichtlinie fordert, dass nur solche Bauprodukte auf dem europäischen Binnenmarkt gehandelt werden dürfen, die für die vorgesehene Verwendung geeignet sind. Traditionell sind im Baurecht Anforderungen, z. B. an die Standsicherheit, den Brandschutz und die Nutzungssicherheit verankert. Darüber hinaus bezieht sich die europäische Bauproduktenrichtlinie gezielt auf den Schutz von Hygiene, Gesundheit und Umwelt (Wesentliche Anforderung Nr. 3). Zur Umsetzung dieser Anforderung hat die Europäische Kommission Anfang des Jahres 2005 das Mandat M/366 „Entwicklung horizontaler genormter Bewertungsmethoden für harmonisierte Konzepte zu gefährlichen Stoffen gemäß der Bauproduktenrichtlinie – Emissionen in Raumluft, Boden, Oberflächenwasser und Grundwasser“ herausgegeben. Das Mandat sieht vor, dass horizontale Prüf- und Bewertungsverfahren durch das Europäische Komitee für Normung (CEN) erarbeitet werden. Die konkreten Anforderungen an die Bauprodukte werden weiterhin national von den einzelnen Mitgliedsstaaten festgelegt.



Von Bedeutung ist, dass in dem Mandat ein mehrstufiges Nachweiskonzept verankert ist. Dieses Konzept soll sicherstellen, dass nur dort Prüfungen gefordert werden, wo dies für das jeweilige Bauprodukt tatsächlich notwendig ist. Im Einzelnen sind die folgenden Nachweiskonzepte vorgesehen:

- Nachweis ohne Prüfung (Without Testing), so genannte „WT-Produkte“
- Nachweis ohne regelmäßige Prüfung (Without Further Testing), so genannte „WFT-Produkte“
- Nachweis durch regelmäßige Prüfung (Further Testing), so genannte „FT-Produkte“

Welches dieser Nachweiskonzepte für ein Bauprodukt vorzusehen ist, soll durch die Mitgliedsstaaten, vertreten durch den „Ständigen Ausschuss für das Bauwesen (SCC, Standing Committee on Construction)“ festgelegt werden. Zur Vorbereitung entsprechender Entscheidungen wurde von der EU-Kommission die Expertengruppe „Dangerous Substances“ eingerichtet, in der die Industrie über die „Vereinigung Europäischer Baustoffhersteller (CEPMC)“ vertreten ist.

Normungsarbeiten im CEN/TC 351

Zur Ausarbeitung der benötigten Prüf- und Bewertungsverfahren wurde im Jahr 2006 das Technische Komitee CEN/TC 351 „Bewertung der Freisetzung gefährlicher Stoffe aus Bauprodukten“ gegründet. Innerhalb

dieses TCs wurden, entsprechend der unterschiedlichen Nutzungsbedingungen der Bauprodukte, die beiden folgenden Arbeitsgruppen eingerichtet:

- Arbeitsgruppe 1: Freisetzung in Boden und Grund-/Oberflächenwasser
- Arbeitsgruppe 2: Emissionen aus Bauprodukten in die Innenraumluft

Zur Vorbereitung der eigentlichen Normungsarbeiten werden zurzeit sechs Technische Berichte (CEN/TR) zu den Themen Handelsbarrieren, horizontale Prüfmethode und deren Anwendung, Nachweiskonzepte für WT/WFT/FT-Produkte, Probenahme, Bestimmung des Gehalts geregelter gefährlicher Stoffe sowie Radioaktivität erstellt. Während die Arbeiten zu den meisten Berichten erst am Anfang stehen, liegt für den CEN/TR über Nachweiskonzepte für WT/WFT/FT-Produkte bereits ein ausführlicher Entwurf vor, der unter maßgebender Mitarbeit des Forschungsinstituts entstand.

Gemäß dem Berichtsentwurf ist eine einmalige Einstufung als WT-Produkt für Bauprodukte vorgesehen, die einer europäischen technischen Spezifikation (ETS) entsprechen. Voraussetzung für eine Einstufung als WT-Produkt ist, dass bestehende Langzeiterfahrungen oder Prüfergebnisse vorliegen. Diese müssen zeigen, dass das Produkt keine signifikanten Mengen geregelter gefährlicher Stoffe enthält oder diese nur in unbedeu-

tenden Mengen freisetzt. Außerdem sollen vorliegende Kenntnisse über die Bestandteile, Rohmaterialien, den Produktionsprozess usw. der entsprechenden Produkte in die Beurteilung einbezogen werden. **Bild VI-5** fasst die vorgesehenen Bewertungskriterien und Regeln für eine Einstufung als WT-Produkt zusammen. Die Entscheidung über die Einstufung von Bauprodukten in die Nachweisklasse WT soll durch die EU-Kommission in Absprache mit den EU-Mitgliedsstaaten vorgenommen werden.

Der Nachweis ohne regelmäßige Prüfung (WFT-Produkte) ist im Rahmen einer Konformitätsbewertung für Produkte oder für Produktgruppen vorgesehen, die einer ETS entsprechen und für die der oder die Hersteller in einer Erstbewertung nachweisen, dass die in der Norm festgelegten Bedingungen erfüllt sind. In dieser Erstbewertung werden zunächst die Bestandteile, Rohmaterialien und das Freisetzungsverhalten der Produkte beurteilt. Ist eine relevante Freisetzung möglich, muss durch eine Erstprüfung mit harmonisierten europäischen Prüfmethode nachgewiesen werden, dass die freigesetzten Mengen geregelter gefährlicher Stoffe unterhalb der jeweiligen Grenzwerte der Mitgliedsstaaten der EU liegen.

Ist eine Einstufung als WT-Produkt bzw. eine Identifizierung als WFT-Produkt nicht möglich, müssen diese Bauprodukte entsprechend der in ihren technischen Spezifikationen festgelegten Bewertungskriterien und Regeln für FT-Produkte regelmäßig geprüft werden (Routineprüfungen). Dabei muss nachgewiesen werden, dass die Vorschriften zur Freisetzung geregelter gefährlicher Stoffe des jeweiligen EU-Mitgliedsstaates, in dem das Produkt auf den Markt gebracht werden soll, erfüllt werden. Falls die Ergebnisse der regelmäßigen Prüfungen zeigen, dass das spezifische Produkt die Bewertungskriterien für ein WFT-Produkt erfüllt, kann der Hersteller eine Neueinstufung als WFT-Produkt vornehmen. **Bild VI-6** gibt einen Überblick über den derzeitigen Diskussionsstand im CEN/TC 351 zur Einstufung von WT-Produkten und der Konformitätsbewertung von WFT/FT-Produkten. Dabei gilt diese generelle Vorgehensweise sowohl für die Freisetzung geregelter gefährlicher Stoffe in Boden, Oberflächen- und Grundwasser als auch für die Emissionen geregelter gefährlicher Stoffe aus Bauprodukten in die Innenraumluft.

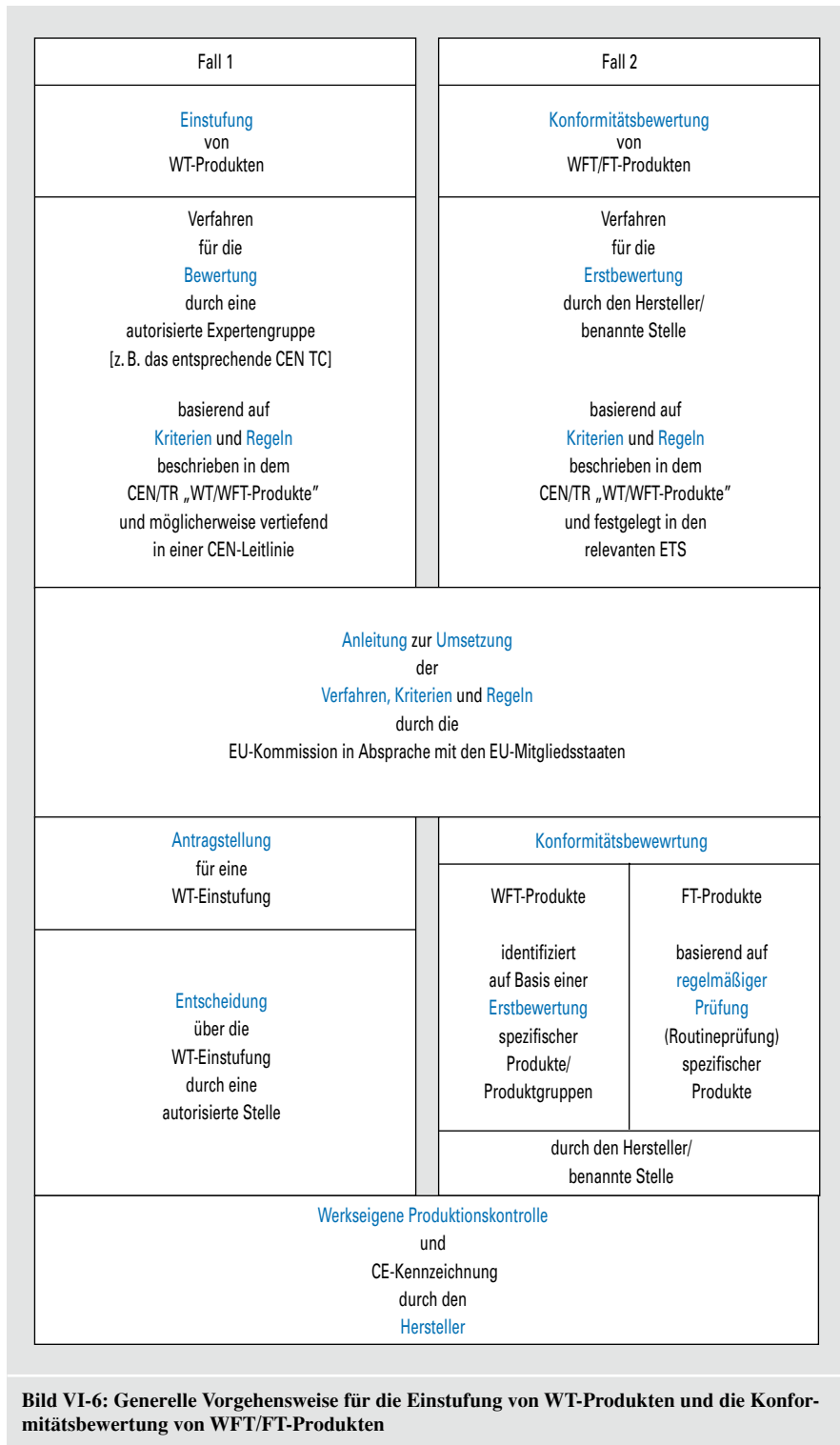
Auswirkungen auf Zement und zementgebundene Bauprodukte

Die Normungsarbeiten im CEN/TC 351 stehen derzeit noch am Anfang. Bis konkrete Festlegungen getroffen und verabschiedet worden sind, werden noch einige Jahre vergehen. Das Forschungsinstitut ist in den maßgeblichen Gremien vertreten und bringt die günstigen Erfahrungen, die seit Jahrzehnten für zementgebundene Bauteile in Kontakt mit Boden, Oberflächen- und Grundwasserwasser sowie Trinkwasser gewonnen wurden, in die anstehenden Normungsarbeiten ein.

Alle bislang durchgeführten Auslauguntersuchungen haben gezeigt, dass aus zementgebundenen Baustoffen nur sehr geringe Spurenelementmengen ausgelaugt werden, die unter üblichen Anwendungsbedingungen keine negativen Auswirkungen auf die Umwelt haben. Die vorliegenden wissenschaftlich abgesicherten Untersuchungsergebnisse bilden aus Sicht der Zementindustrie die Basis dafür, dass genormte Zemente weiterhin ohne Prüfung zur Herstellung von Bauprodukten oder Bauteilen in Kontakt mit Boden, Oberflächen- und Grundwasser eingesetzt werden können (WT-Produkte). Eine Arbeitsgruppe im CEMBUREAU bereitet einen entsprechenden Bericht vor, der sich auf Daten abstützt, die europaweit erhoben wurden.

DIBT-Merkblatt „Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser“ ■

In Deutschland ist durch die Bauaufsicht festgelegt, dass Bauprodukte alle Anforderungen des Umweltschutzes erfüllen, wenn sie entweder der entsprechenden Produktnorm genügen oder über eine bauaufsichtliche Zulassung verfügen. Für neue, unbekannte Bauprodukte, die einer bauaufsichtlichen Zulassung bedürfen, müssen hingegen bei den entsprechenden Zulassungsprüfungen auch mögliche Boden- und Grundwassergefährdungen berücksichtigt werden. Um hierzu eine einheitliche Vorgehensweise zu gewährleisten, wurde vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) – unter Beteiligung der betroffenen Industrien – das Merkblatt „Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser“ ausgearbeitet und in der Fassung November 2000 veröffentlicht.



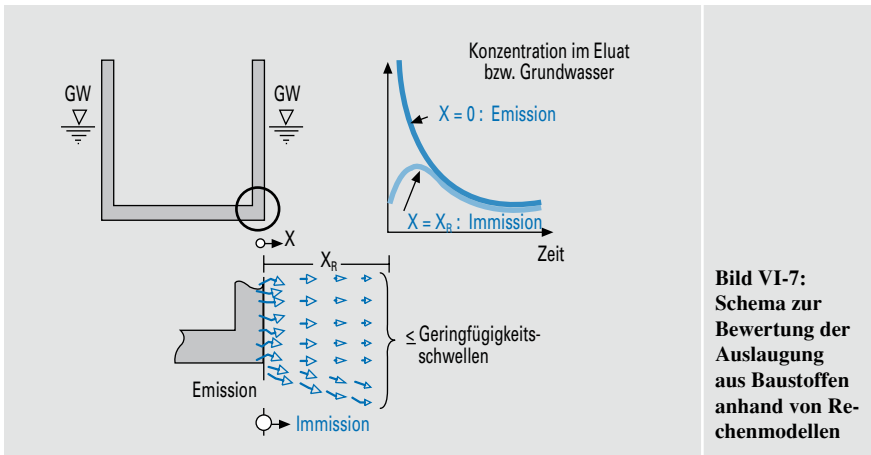


Bild VI-7:
Schema zur
Bewertung der
Auslaugung
aus Baustoffen
anhand von Re-
chenmodellen

Tafel VI-2: Gegenüberstellung der Werte des DIBt-Merkblatts (Ausgabe: November 2000) und der neuen Geringfügigkeitsschwellen der LAWA für anorganische Parameter zur Beurteilung lokal begrenzter Grundwasserverunreinigungen

| Anorganische Parameter | Einheit | Geringfügigkeitsschwellen | |
|---|---------|---------------------------|-----------------|
| | | DIBt-Merkblatt | LAWA-Werte |
| Antimon (Sb) | µg/l | 10 | 5 |
| Arsen (As) | | 10 | 10 |
| Barium (Ba) | | - | 340 |
| Blei (Pb) | | 25 | 7 |
| Bor (B) | | - | 740 |
| Cadmium (Cd) | | 5 | 0,5 |
| Chrom, gesamt (Cr) | | 50 | - |
| Chromat (Cr) | | 8 | 7 |
| Kobalt (Co) | | 50 | 8 |
| Kupfer (Cu) | | 50 | 14 |
| Molybdän (Mo) | | 50 | 35 |
| Nickel (Ni) | | 50 | 14 |
| Quecksilber (Hg) | | 1 | 0,2 |
| Selen (Se) | | 10 | 7 |
| Thallium (Tl) | | - | 0,8 |
| Vanadium (V) | | - | 4 ¹⁾ |
| Zink (Zn) | | 500 | 58 |
| Zinn (Sn) | | 40 | - |
| Chlorid (Cl ⁻) | | - | 250000 |
| Cyanid, gesamt (CN ⁻) | | 50 | 50 |
| Cyanid, leicht freisetzbar (CN ⁻) | 10 | 5 | |
| Fluorid (F ⁻) | 750 | 750 | |
| Sulfat (SO ₄ ²⁻) | - | 240000 | |

¹⁾ Die Anwendung der Geringfügigkeitsschwelle für Vanadium ist bis zum 31.12.2007 ausgesetzt.

Um die stoffspezifischen Eigenschaften der verschiedenen Bauprodukte sachgerecht zu berücksichtigen, werden die allgemeinen Bewertungsgrundsätze in einem Teil II für unterschiedliche Bauprodukte konkretisiert. Für Beton und Betonausgangsstoffe wurde von der entsprechenden DIBt-Projektgruppe ein Bewertungsmodell entwickelt, mit dem die Ergebnisse von Laboruntersuchungen auf reale Grundwasserbelastungen in der unmittelbaren Umgebung eines Bauwerks übertragen werden können. Das Bewertungsmodell beruht auf der Kombination eines Diffusionsmodells für die

Auslaugung aus dem Baustoff und eines geologischen Strömungs- und Transportmodells für die Stoffausbreitung im Boden bzw. Grundwasser. Durch diese Kombination kann der zeitliche und örtliche Verlauf der Stoffkonzentrationen im Grundwasser modellhaft berechnet werden (**Bild VI-7**). Die anhand des Bewertungsmodells für definierte Randbedingungen prognostizierten Stoffkonzentrationen im Grundwasser müssen die entsprechenden Grenzwerte (Geringfügigkeitsschwellen) einhalten. Untersuchungen des Forschungsinstituts an Betonen, für deren Herstellung Zemente

aus deutschen Zementwerken eingesetzt wurden, haben gezeigt, dass alle derzeit in Deutschland hergestellten Normzemente diese Anforderungen erfüllen. Für die Untersuchungen wurden jeweils diejenigen Zemente verwendet, die aufgrund der Rohmaterialzusammensetzung Spurenelementgehalte im oberen Bereich aufwiesen. Die Ergebnisse sind daher übertragbar auf alle Zemente, die im Hinblick auf ihre Spurenelementgehalte den verwendeten Zementen vergleichbar sind.

Die Untersuchungen haben auch gezeigt, dass der Abstand zu den Geringfügigkeitsschwellen, zum Beispiel für das Element Chrom bei hohen Chromgehalten im Zement, nur gering ist.

Die in der Ausgabe des DIBt-Merkblatts vom November 2000 enthaltenen Geringfügigkeitsschwellen wurden von einem Unterausschuss der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) überarbeitet und dabei zum Teil drastisch abgesenkt. Außerdem wurden neue Werte für weitere Parameter, wie zum Beispiel Barium, Bor, Thallium und Vanadium, abgeleitet. Die überarbeiteten und ergänzten Geringfügigkeitsschwellen wurden Ende des Jahres 2004 von der Umweltministerkonferenz zur Veröffentlichung freigegeben. In **Tafel VI-2** sind die neuen Geringfügigkeitsschwellen der LAWA den Werten des DIBt-Merkblatts gegenübergestellt.

Die neuen Geringfügigkeitsschwellen und Parameter und die damit verbundenen erheblichen Herabsetzungen der zulässigen Freisetzungsraten werden von der betroffenen Baupraxis nachdrücklich abgelehnt. Dies gilt insbesondere für Werte, die unterhalb der Grenzwerte der Trinkwasserverordnung liegen. Aus Sicht der Industrie hat die LAWA nicht den erforderlichen Nachweis erbracht, dass eine derart weitgehende Vorsorge, die für die Baupraxis eine erhebliche Einschränkung darstellen könnte, notwendig ist. Die LAWA ist jedoch nicht bereit, von diesen Werten abzugehen – mit Ausnahme des Werts für Vanadium, der bis zum 31.12.2007 ausgesetzt ist. Allerdings hat sie einer Anpassung der Randbedingungen bei der Modellberechnung zugestimmt. So wurde der Abstand zum Bauwerk X_R (Bild VI-7) von ursprünglich 0,30 m auf 2,0 m erhöht. Durch diese Anpassung werden die Auswirkungen der verschärften Anforderungen etwas abgemindert. Trotzdem werden die neuen Geringfügigkeitsschwellen von der Industrie weiterhin abgelehnt, da sie nicht – wie die ursprünglichen Werte – einer gesetzlichen Regelung (Bodenschutzver-

ordnung) entsprechen, sondern lediglich Empfehlungen der LAWA für nachgeschaltete Behörden darstellen.

Das DIBt-Merkblatt sollte auch dazu dienen, einen gemeinsamen deutschen Standpunkt in die europäischen Diskussionen zur Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 „Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz“ der europäischen Bauproduktenrichtlinie einzubringen. Dazu hatte das DIBt zugesagt, das Notifizierungsverfahren erst zu eröffnen, wenn eine mit der Industrie abgestimmte Fassung vorliegt. Anfang 2006 wurde dieses Verfahren kurzfristig und entgegen den Vereinbarungen durch das DIBt eingeleitet. Da die eingereichten „Grundsätze zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser Teil I (Entwurf April 2005) und Teil II (Entwurf Dezember 2005)“ zum Beispiel die neuen Geringfügigkeitsschwellen der LAWA enthalten, wurden diese Papiere auf der letzten Sitzung der entsprechenden DIBt-Projektgruppe Boden und Grundwasser im September 2006 industrieseitig einstimmig abgelehnt. Ob bei den weiteren Diskussionen eine für beide Seiten zufriedenstellende Lösung gefunden wird, bleibt abzuwarten.

Zementgebundene Werkstoffe im Trinkwasserbereich ■

Europäisches Zulassungssystem für Bauprodukte in Kontakt mit Trinkwasser

Trinkwasser als wichtigstes Lebensmittel darf bis zur Entnahmestelle des Verbrauchers keine unzulässigen Qualitätseinbußen erleiden. Dementsprechend kommt den Werkstoffen in der Trinkwasserspeicherung und -verteilung eine besondere Bedeutung zu. Zementgebundene Werkstoffe haben sich in allen Bereichen der Trinkwasserversorgung seit Jahrzehnten hervorragend bewährt. Die europäische Trinkwasserverordnung legt für alle EU-Mitgliedsstaaten die Mindestanforderungen an das Trinkwasser fest. Deshalb wurde von Trinkwasserhygienikern angestrebt, auch die Anforderungen an Werkstoffe in Kontakt mit Trinkwasser zu harmonisieren. Dazu arbeiteten von den EU-Mitgliedsstaaten autorisierte Trinkwasserhygieniker in der so genannten „Regulators Group for Construction Products in Contact with Drinking Water (RG-CPDW)“ seit 1999 an einem europäischen Zulassungssystem „European Acceptance Scheme (EAS)“. Grundlage für diese Arbeiten war das Mandat M/136, das sich sowohl auf die Bauproduktenrichtlinie

als auch die Trinkwasserrichtlinie bezieht. Das EAS sollte für alle Werkstoffe gelten, die in Kontakt mit Trinkwasser kommen (Kunststoffe, Metalle, zementgebundene Werkstoffe usw.). Dabei sollte das zu erarbeitende Zulassungssystem gewährleisten, dass die vorhandenen nationalen Verbraucherschutzniveaus erhalten bleiben und dass alle üblichen, bewährten Werkstoffe weiterhin eingesetzt werden können.

Nachdem die so genannte Regulatorengruppe etwa fünf Jahre an dem EAS gearbeitet hatte, wurde im Jahr 2004 festgestellt, dass es keine rechtliche Basis für diese Gruppe gibt. Deshalb wurde die Regulatorengruppe in eine Expertengruppe umgestuft, die keine Regelungs- oder Entscheidungsbefugnis besitzt, sondern lediglich die Kommission beraten soll. Des Weiteren wurde klargestellt, dass die europäische Bauproduktenrichtlinie nur Bauprodukte erfasst, die einer harmonisierten technischen Spezifikation entsprechen, und dass die Anforderungen an diese Produkte den einzelnen Mitgliedsstaaten überlassen bleiben. Damit wäre lediglich eine Harmonisierung der Prüfverfahren für Bauprodukte in Kontakt mit Trinkwasser möglich. Allerdings könnten anerkannte, harmonisierte Prüfverfahren den Aufwand für die Industrie erheblich mindern, da keine unterschiedlichen nationalen Prüfmethoden berücksichtigt werden müssen, sondern nur ein Prüfergebnis anhand der entsprechenden nationalen Anforderungen bewertet wird.

Diese geänderten Randbedingungen sollten bei einer im Berichtszeitraum durchgeführten Revision des Mandats M/136 berücksichtigt werden. Allerdings war das überarbeitete Mandat für viele Gesichtspunkte, wie den Gültigkeitsbereich des EAS oder die zu berücksichtigenden Bauprodukte, so widersprüchlich, dass es vom CEN Ende des Jahres 2006 zurückgewiesen wurde. Es bleibt daher abzuwarten, ob diese Widersprüche von der Kommission beseitigt werden können.

Unabhängig von diesen grundsätzlichen Fragestellungen haben die drei bestehenden RG-CPDW-Untergruppen für Kunststoffe, Metalle und zementgebundene Werkstoffe ihre Arbeit fortgeführt, jetzt allerdings als Experten-Untergruppen. Außerdem wurde eine neue Untergruppe für zusammengesetzte Produkte, wie zum Beispiel Wasserhähne, Ventile und Pumpen, eingesetzt.

Die Untergruppe für den Bereich der zementgebundenen Baustoffe hat insbeson-

dere über die vom CEN/TC 104 „Beton und zugehörige Produkte“ vorgeschlagene Liste bewährter Bestandteile (Approved Constituent List) beraten, die ohne Prüfung für die Herstellung von Betonen eingesetzt werden können. Ziel des ACL-Konzepts ist es, den erforderlichen Prüfumfang für Bauprodukte in Kontakt mit Trinkwasser auf das tatsächlich notwendige Maß zu begrenzen. Zurzeit beinhaltet die ACL eine Zusammenstellung von Bestandteilen, wie zum Beispiel Zemente, Gesteinskörnungen, Betonzusatzstoffe, Betonzusatzmittel usw., die traditionell im Trinkwasserbereich eingesetzt werden und in mindestens einem EU-Mitgliedsstaat für diesen Zweck zugelassen sind.

Die EU-Kommission hat dem Konzept der ACL bereits zugestimmt. So wurde sie gemeinsam mit ähnlichen Listen für Kunststoffe (Positivliste) und für Metalle (Zusammensetzungsliste) in einem Kommissionspapier zusammengefasst und dem Ständigen Ausschuss für das Bauwesen zur Information zugestellt. Welchen Stellenwert die ACL und die weiteren Listen zukünftig einnehmen werden und welches Komitee bzw. welche Expertengruppe über diese Listen entscheidet, ist noch nicht abzusehen. Aus Sicht des Forschungsinstituts bietet das ACL-Konzept eine gute Basis für die weiteren Arbeiten im Trinkwasserbereich. Außerdem könnte dieses Konzept als Modell für die Erstellung von Kriterien zur Einstufung als WT-Produkt im Rahmen der Arbeiten des CEN/TC 351 – zur Emission geregelter gefährlicher Stoffe in Raumluft, Boden, Oberflächenwasser und Grundwasser – dienen.

DVGW-Arbeitsblatt W 347

Mit dem Arbeitsblatt W 347 „Hygienische Anforderungen an zementgebundene Werkstoffe im Trinkwasserbereich – Prüfung und Bewertung“ der Deutschen Vereinigung des Gas- und Wasserfaches (DVGW) von Oktober 1999 lag erstmalig ein Regelwerk vor, das die speziellen Eigenschaften zementgebundener Werkstoffe in Kontakt mit Trinkwasser sachgerecht berücksichtigt. Aufgrund der Einführung der europäischen Normen für Zement, Gesteinskörnungen, Betonzusatzmittel usw. sowie der Arbeiten in der Ad-hoc-Gruppe AHG 6 „Einfluss zementgebundener Produkte auf Wasser für den menschlichen Gebrauch“ der Arbeitsgruppe WG 3 des CEN/TC 164 „Wasserversorgung“ wurde bereits im Jahre 2002 mit der Überarbeitung des Arbeitsblatts begonnen. Durch die Ausgabe Mai 2006 des Arbeitsblatts W 347 wurden Anpassungen an den Stand der Technik und die entsprechenden eu-

Tafel VI-3: Gesamtgehalte der Spurenelemente im Zement, bei deren Überschreitung eine Auslaugprüfung erforderlich wird, sowie die entsprechenden Abgabemengen

| Element | Gesamtgehalt im Zement in M-% | Abgabemenge in mg m ⁻² d ⁻¹ |
|--------------|-------------------------------|---|
| Arsen (As) | 0,01 | 0,05 |
| Blei (Pb) | 0,05 | 0,1 |
| Cadmium (Cd) | 0,001 | 0,05 |
| Chrom (Cr) | 0,05 | 0,3 |
| Nickel (Ni) | 0,05 | 0,2 |
| Lithium (Li) | keine Anforderung | 0,3 |

europäischen Prüfnormen vorgenommen. Außerdem wurden die Erfahrungen und Erkenntnisse der beteiligten Prüfinstitute mit in die Neufassung aufgenommen. So konnte die Geschmacksprüfung entfallen; weiterhin ist für Bauwerke in Trinkwasserschutzzonen die Prüfung der TOC-Abgabe nicht mehr erforderlich.

Entsprechend des Arbeitsblatts W 347 können Zemente gemäß DIN EN 197-1 und DIN 1164 sowie bauaufsichtlich zugelassene Zemente und Tonerdezemente gemäß DIN EN 14647 eingesetzt werden. Diese Aussage bezieht sich aber nur auf die prinzipielle Einsatzfähigkeit. Darüber hinaus legt das Arbeitsblatt fest, wie für diese Zemente bzw. daraus hergestellte Produkte die trinkwasserhygienische Eignung nachzuweisen ist. Werden die in Tafel IV-3 angegebenen Gesamtgehalte der entsprechenden Elemente eingehalten, sind nur die Färbung, der Geruch, die Trübung und die Neigung zur Schaumbildung sowie die TOC-Abgabe der mit diesen Zementen hergestellten Mörtel oder Betone zu prüfen. Werden die in **Tafel VI-3** angegebenen Elementgehalte überschritten, muss durch Auslaugprüfungen nachgewiesen werden, dass die ebenfalls in der Tafel angegebenen, maximal zulässigen Abgabemengen eingehalten werden. Eine Prüfung der Lithiumabgabe ist nur beim Einsatz lithiumhaltiger Betonzusatzmittel erforderlich.

Die in Tafel VI-3 angegebenen Gesamtgehalte und die zulässigen Abgabemengen werden von deutschen Normzementen bzw. damit hergestellten Mörteln oder Betonen eingehalten. Da die Ausarbeitung und Einführung des europäischen Zulassungssystems (EAS) voraussichtlich noch eine geraume Zeit benötigen wird, ist die Neuausgabe des Arbeitsblatts W 347 in den kommenden Jahren in Deutschland weiterhin die Grundlage für die Beurteilung der hygienischen Eigenschaften zementgebundener Werkstoffe in Kontakt mit Trinkwasser.

Nachhaltiges Bauen mit Beton ■

Unter einer nachhaltigen Entwicklung versteht man eine ökonomische, soziale und ökologische Entwicklung, die weltweit die Bedürfnisse der gegenwärtigen Generation zufrieden stellt, ohne die Lebenschancen künftiger Generationen zu gefährden. Die Nachhaltigkeit wird im Bauwesen berücksichtigt, wenn funktionsgerechte Bauwerke mit geringen Kosten und geringen Belastungen für die Umwelt erstellt und auf Dauer genutzt werden. Damit das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung im Bauwesen umgesetzt werden kann, muss es für die einzelnen Akteure konkretisiert werden. Darüber hinaus sind praxisbezogene Hilfen nötig, um seine Umsetzung zu unterstützen.

Nachhaltigkeitsinitiative

Die Sozialpartner in der deutschen Zementindustrie haben schon vor einigen Jahren eine gemeinsame Nachhaltigkeitsinitiative ins Leben gerufen (siehe Tätigkeitsbericht 2001-2003). Diese Initiative soll das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung in den Unternehmen und Organisationen der deutschen Zementindustrie tiefer verankern. So wurde in einem Projekt die Gestaltung nachhaltiger Transport- und Logistikketten in der Zementindustrie betrachtet. In einem weiteren, vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Vorhaben werden Kenngrößen für ein integriertes Rohstoff- und Naturschutzmanagement entwickelt. Im Berichtszeitraum hat der VDZ die Initiative insbesondere durch die Erarbeitung von Lehrbriefen zur Mitarbeiterausbildung in den Unternehmen unterstützt (siehe Kapitel VII).

Runder Tisch „Nachhaltiges Bauen“

Nachhaltigkeit soll auch bei Baumaßnahmen des Bundes als Bewertungsmaßstab herangezogen werden. In Deutschland hat das Bundesministerium für Verkehr, Bauwesen und Stadtentwicklung (BMVBS)

hierzu den Leitfaden „Nachhaltiges Bauen“ entwickelt. Die Arbeiten werden durch die interessierten Kreise über den Runden Tisch „Nachhaltiges Bauen“ begleitet, an dem auch der VDZ gemeinsam mit dem Bundesverband der Deutschen Zementindustrie und dem Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden beteiligt ist.

Die mit der Baustoffherstellung verbundenen Umweltwirkungen sollen über ihre Dokumentation in so genannten Umweltdeklarationen (Environmental Product Declaration / EPD) in die Bewertung des Bauwerks einfließen. Bislang stehen aber nur wenige Umweltdeklarationen von Baustoffen zur Verfügung. Daher plant das BMVBS gemeinsam mit der Industrie kurzfristig eine Aktualisierung der branchengemittelten Baustoffprofile, die im Projekt „Ganzheitliche Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden (GaBi)“ erstellt wurden (siehe Tätigkeitsbericht 1996-1999). In ihnen sind bereits die für eine Umweltdeklaration wesentlichen Parameter berücksichtigt.

In einem Fachgespräch beim BMVBS wurden diskutiert, wie die Lebensdauer von Bauteilen in die wirtschaftliche und ökologische Bewertung von Bauwerken eingeht. Für tragende Bauteile, die während der Bauwerksnutzung kaum ausgetauscht werden können, sind lange Mindestlebensdauern entscheidend. Für auswechselbare Bauteile wie beispielsweise Fenster ist eher ihre mittlere Lebensdauer für Nachhaltigkeitsbetrachtungen wichtig. In jedem Fall hängt die Lebensdauer des Bauteils stark von der jeweiligen Einbausituation und der Ausführungsqualität ab. Daher können Tabellen für Bauteile, in denen Bauteillebensdauern nur sehr allgemein in Abhängigkeit der Baustoffwahl angegeben sind, lediglich verzerrt die Realität widerspiegeln.

Normung zum nachhaltigen Bauen

Die internationale Normenorganisation ISO arbeitet schon seit einigen Jahren an mehreren Normen zum nachhaltigen Bauen. In einer technischen Spezifikation (TS) wird der Rahmen einer Umweltsystembewertung von Bauwerken abgesteckt, konkrete Anforderungen werden aber kaum gestellt. Dabei werden die Ökobilanz eines Gebäudes, aber auch das Innenraumklima, die lokale Umgebung des Bauwerks und die Gebäudebewirtschaftung angesprochen. Der Normentwurf zur Umweltdeklaration von Bauprodukten enthält u. a. eine Liste von verpflichtend anzugebenden Indikatoren. Diese entsprechen weitgehend den in Deutschland durch das GaBi-Projekt etablierten Parametern.

Aufbauend auf die ISO-Arbeiten werden im Auftrag der EU-Kommission durch die europäische Normenorganisation CEN detailliertere Normen erstellt. Ausgangspunkt ist der Wunsch nach einer weitgehenden Harmonisierung der Umweltdeklarationen von Bauprodukten auf europäischer Ebene, die in einem ganzen Normenpaket geregelt werden sollen (**Bild VI-8**). Der VDZ achtet durch seine Mitarbeit im Spiegelgremium des DIN darauf, dass sich die in Deutschland etablierten und als sinnvoll erachteten Vorgehensweisen auch in der europäischen Normung wiederfinden. Auch müssen die betrachteten Umweltaspekte gemeinsam mit wirtschaftlichen und sozialen Gesichtspunkten ausgewogen in die Nachhaltigkeitsbewertung eines Bauwerks einmünden, in der auch seine technischen Eigenschaften angemessen berücksichtigt werden.

Nachhaltiger Betonbau

Die Betonbauweise nimmt aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit, ihrer Anwendungsbreite und der großen eingesetzten Mengen an Baumaterial eine herausragende Stellung im Bauwesen ein. Deswegen ist die Umsetzung des nachhaltigen Betonbaus von besonderer Bedeutung. Der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) bereitet mittelfristig „Grundsätze zum nachhaltigen Bauen mit Beton (GrunaBau)“ vor. Den am Betonbau Beteiligten sollen hiermit Bewertungsregeln und technische Empfehlungen zum nachhaltigen Bauen mit Beton an die Hand gegeben werden. Darüber hinaus sollen mit dem Grundsatzpapier Vorgaben für einen nachhaltigen Betonbau geschaffen werden, die direkten Eingang in die künftigen nationalen und internationalen Normen und Richtlinien des Betonbaus finden sollen. Hierbei wird dem gesamten Lebensweg eines Betonbauwerks von der Herstellung der Ausgangsstoffe über die Erstellung des Bauwerks und seine Nutzung bis zum Rückbau und Recycling Bedeutung zukommen. Zur Entwicklung der GrunaBau hat der DAfStb ein Verbundvorhaben „Nachhaltig Bauen mit Beton“ initiiert, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird.

Verwertung des Betonbrechsands

In der ersten Phase des Verbundvorhabens wurden in einem Teilvorhaben unter Federführung des Forschungsinstituts die Potenziale des Sekundärstoffeinsatzes im Betonbau untersucht, Kosten und Einflüsse auf die Umwelt zu mindern.

Am Beispiel des potenziellen Einsatzes von Betonbrechsand als Sekundärstoff in

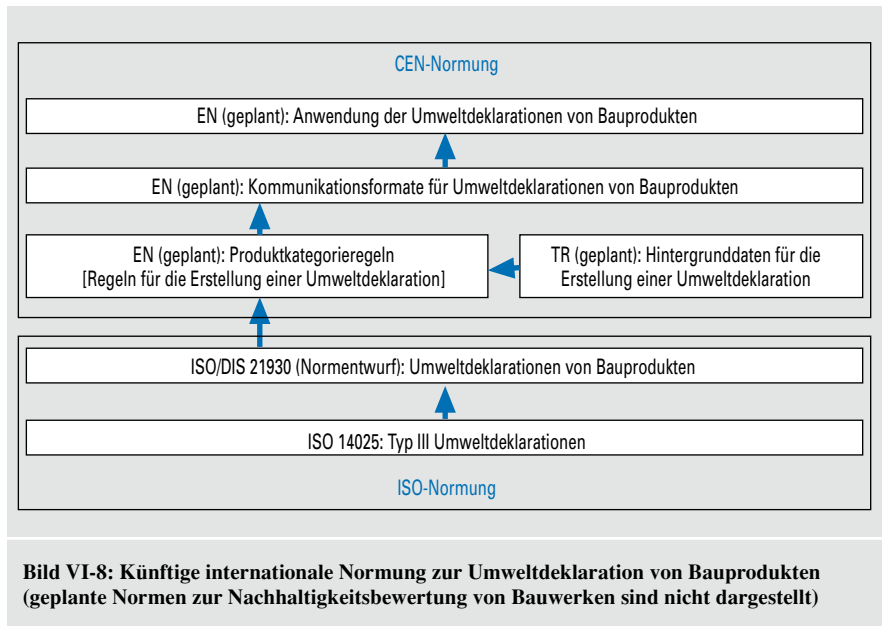


Bild VI-8: Künftige internationale Normung zur Umweltdeklaration von Bauprodukten (geplante Normen zur Nachhaltigkeitsbewertung von Bauwerken sind nicht dargestellt)

Tafel VI-4: Chemische Zusammensetzung der Betonbrechsande (Nr. 1 bis 5) sowie der aus Brechsand Nr. 1 gewonnenen Fraktionen (Leichtfraktion 1L und Feinstfraktion 1F), Angaben in M.-%, glühverlustfrei

| | Betonbrechsand | | | | | | |
|--------------------------------|----------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | Nr. 1 | Nr. 1L | Nr. 1F | Nr. 2 | Nr. 3 | Nr. 4 | Nr. 5 |
| SiO ₂ | 80,44 | 71,09 | 54,73 | 79,51 | 72,74 | 62,03 | 55,43 |
| Al ₂ O ₃ | 6,07 | 6,95 | 10,11 | 5,60 | 4,38 | 6,07 | 3,37 |
| Fe ₂ O ₃ | 2,02 | 2,04 | 3,62 | 2,30 | 2,02 | 2,24 | 1,64 |
| CaO | 5,69 | 12,27 | 21,48 | 9,08 | 16,81 | 23,94 | 36,81 |
| MgO | 1,72 | 2,72 | 3,59 | 0,76 | 1,42 | 2,41 | 0,76 |

der Zementklinkerherstellung zeigen die durchgeführten Arbeiten, wie die Nachhaltigkeitsbewertung in die bislang schon gängige Bewertung seiner Einsatzmöglichkeiten eingebunden werden kann. Betonbrechsand mit einer Körnung von 0 bis 2 mm fällt bei der Gewinnung von rezyklierten Gesteinskörnungen aus Betonbruch an, kann aber im Gegensatz zu größeren Körnungen aus betontechnologischen Gründen im Allgemeinen nicht ohne weitere Aufbereitung im Beton eingesetzt werden. Die potenzielle Verwendung des Betonbrechsands als Rohstoff in der Zementklinkerherstellung würde die vollständige und hochwertige Wiederverwertung des Betons erlauben. Dabei kann nicht carbonatisierter Zementstein im Betonbrechsand zusätzlich zu einer CO₂-Minderung führen.

Chemische Analysen von in Deutschland verfügbaren Betonbrechsanden zeigen erwartungsgemäß einen sehr hohen Siliziumanteil, der im Wesentlichen aus dem Sandanteil des Altbetons stammt. In **Tafel**

VI-4 ist die chemische Zusammensetzung der Betonbrechsande, die bei den nachfolgenden Untersuchungen betrachtet werden, angegeben. Solche Materialien können bei der Zementklinkerherstellung hauptsächlich als Ersatz von Sand eingesetzt werden. Dieser wird in Deutschland mit durchschnittlich 3 % in der Mischung der Rohmaterialien eingesetzt. Brechsande mit höheren Calciumoxidanteilen können zusätzlich auch Calciumträger ersetzen.

Die Auswirkungen des Betonbrechsand-einsatzes auf die Zementklinkerherstellung wurden durch eine rechnergestützte Simulation des Klinkerbrennprozesses ermittelt. Diese Simulation ermöglicht eine Beurteilung verfahrens- und betriebstechnischer Prozessgrößen, wie beispielsweise der Energie- und Stoffflüsse innerhalb des Ofensystems. Darüber hinaus können insbesondere Aussagen zum Einfluss des Brechsandeinsatzes auf den Energieverbrauch und die Emissionen der Zementklinkerherstellung getroffen werden. In den Simulationsstudien wurde zunächst ein Re-

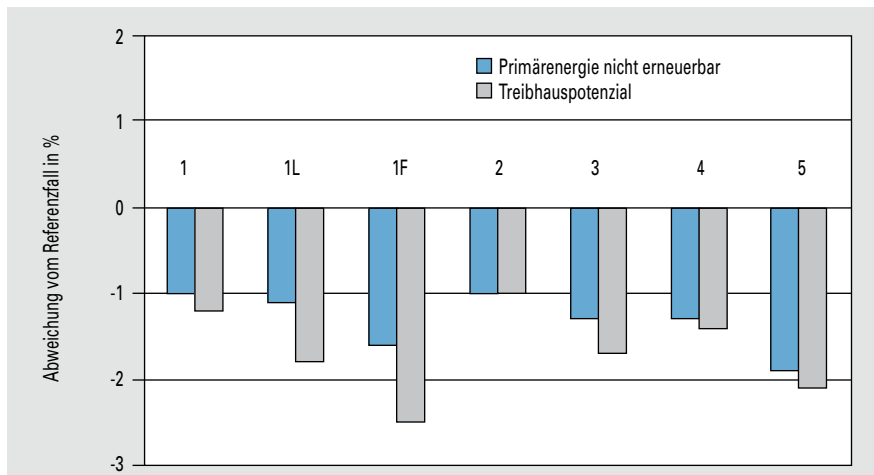


Bild VI-9: Potenzielle Änderung der Nachhaltigkeitsindikatoren „Primärenergie, nicht erneuerbar“ und „Treibhauspotenzial“ durch den Einsatz verschiedener Brechsande (Nr. 1 bis 5) sowie der aus Brechsand Nr. 1 gewonnenen Fraktionen (Leichtfraktion 1L und Feinstfraktion 1F) in einem typischen Zementklinkerbrennprozess

ferenzszenario mit Einsatz einer typischen Rohmaterialmischung ohne Brechsand berechnet. Darauf aufbauend wurde das Referenzrohmaterial teilweise durch unterschiedliche Brechsande substituiert und die Herstellung der Zementklinker berechnet. Dabei wurden die Produktqualität, wie der Gehalt an wichtigen Klinkerphasen, sowie verfahrens- und betriebstechnische Aspekte, wie die anzustrebenden Temperaturen an wichtigen Stellen des Ofensystems, berücksichtigt. Im Vergleich der berechneten Variationen mit dem Referenzfall zeigen sich z. T. Minderungspotenziale von über 2 % für den Energiebedarf und die Emission von CO₂.

Durch die zusätzliche Betrachtung der Vorkettenprozesse, wie z. B. die Erzeugung des benötigten Stroms, können die entsprechenden Nachhaltigkeitsindikatoren „Primärenergie, nicht erneuerbar“ und „Treibhauspotenzial“ berechnet werden (Bild VI-9). In der Praxis werden diese Minderungspotenziale insbesondere dann genutzt werden können, wenn der Bedarf an einem Siliziumträger im Zementwerk mit dem Brechsandangebot aus einer geeigneten Aufbereitungsanlage zusammentrifft. Den Randbedingungen für einen besonders erfolgversprechenden Einsatz wird in der zweiten Projektphase nachgegangen, auch um allgemein die Erfordernisse eines nachhaltigen und praxisgerechten Sekundärstoffesatzes in die GrunaBau einbeziehen zu können.

Mess- und Prüfverfahren ■

Für die Gehaltsbestimmung geregelter gefährlicher Stoffe in Produkten oder deren mögliche Freisetzung bei der Produktherstellung bzw. aus Produkten ist eine leistungsfähige Analysetechnik unerlässlich. Das Forschungsinstitut verfügt bereits seit vielen Jahren über entsprechende Analysegeräte. Ursprünglich wurde die anorganische und organische Spurenanalytik im Institut vor allem für Forschungsprojekte und zur Klärung analytischer Fragestellungen durchgeführt. In den vergangenen zehn Jahren ist das Forschungsinstitut für diese Analysenaufgaben auch immer stärker als Dienstleister gefragt.

Die Erhöhung des Dienstleistungsanteils im Leistungsspektrum erfordert Werkzeuge, die neben hoher Qualität auch eine schnelle Auftragsbearbeitung ermöglichen. In verschiedenen Analyselaboratorien des Forschungsinstituts wurde daher der Gerätepark für anorganische und organische Spurenanalyse verjüngt und erweitert. Das ICP- und das GC-Massenspektrometer wurden durch neue, leistungsstarke Analytoren ersetzt. Für die in den letzten Jahren stetig gestiegene Zahl von Quecksilberanalysen wurde ein weiterer Quecksilberanalysator angeschafft. Damit wurde das analytische Leistungsspektrum des Forschungsinstituts maßgeblich erweitert.

Qualität und Quantität vereinen

Die Bestimmung von anorganischen und organischen Spurenbestandteilen stellt nach wie vor ein sehr anspruchsvolles Gebiet der quantitativen analytischen Chemie dar. Das Instrumentarium des Forschungsinstituts der Zementindustrie

für Spurenanalytik war zunächst weniger auf Durchsatz als auf die Erarbeitung von Strategien für eine hochwertige Analytik ausgelegt. Mit der wachsenden Zahl von Kunden stiegen auch die Anforderungen an den Probendurchsatz und die Bearbeitungszeit. Der höhere Probendurchsatz darf sich allerdings nicht negativ auf die Qualität der Analyseergebnisse auswirken. Der Kunde benötigt heute belastbare Analyseergebnisse, die schnell vorliegen müssen. Im Forschungsinstitut wird dies nicht allein mithilfe leistungsstarker Analytoren, sondern auch durch die bewährte enge Zusammenarbeit der einzelnen Abteilungen und kurzen Wege zwischen den Fachleuten realisiert.

Schwerpunkte Emissionsanalytik und Stoffbilanzierung

Ein besonderer Einsatzschwerpunkt für die neuen Analytoren liegt in der Emissionsüberwachung. Die große Zahl der von der Emissionsmessstelle des Forschungsinstituts bei Emissionsmessungen in den Zementwerken genommenen Proben wird mit dem ICP-Massenspektrometer (ICP-MS) auf ihre Gehalte an Metall- und Halbmetailspurenelementen untersucht. Ein GC-Massenspektrometer (GC-MS) dient der Bestimmung der organischen Emissionsbestandteile.

Die Zahl von Proben für Quecksilberbestimmungen hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Ursache dafür sind die erforderlichen Kalibrierungen von stationären Analytoren für die kontinuierliche Quecksilberbestimmung, die vom Forschungsinstitut mit diskontinuierlichen Quecksilberbestimmungen begleitet werden. Für die Bewältigung dieses erhöhten Probenaufkommens wurde ein zweiter Quecksilberanalysator angeschafft.

Die hohe Empfindlichkeit der Analytoren ist zudem bei der Erstellung von Stoffbilanzen für Industrieanlagen unter Berücksichtigung von Spurenbestandteilen unentbehrlich. Häufig sind die Gehalte von Spurenbestandteilen in den Ausgangsstoffen nur sehr gering, während sie sich in manchen Stoffteilströmen deutlich anreichern. Für eine schlüssige Stoffbilanz müssen die interessierenden Bestandteile in allen Stoffteilströmen richtig erfasst werden. Dazu sind leistungsstarke und zuverlässige Analytoren erforderlich.

Angebot erweitert

Aufgrund verbesserter Technik ermöglichen die neuen Analysatoren ein störungsärmeres Messen der Proben bzw. die automatische softwaregesteuerte Durchführung erforderlicher Korrekturen von Messstörungen. Das neue ICP-Massenspektrometer (**Bild VI-10**) ist durch einen neuen, patentierten „Ionenspiegel“ in der Lage, mehr Elemente zu messen als das Vorgängermodell. Damit wird die Zahl von erforderlichen Vergleichsmessungen mit anderen Metall-/Halbmetallspurenanalyseverfahren wie der AAS reduziert. Mit dem neuen GC-Massenspektrometer, das im so genannten MS/MS-Modus betrieben werden kann, können im Forschungsinstitut zukünftig weitere organische Spurenbestandteile bestimmt werden (**Bild VI-11**). Neben einfachen aromatisch-organischen Emissionsbestandteilen (BTEX) können nun auch quantitative PCB-, PAK- und Pestizidanalysen sowie qualitative Übersichtsanalysen für verschiedenartige, auch sehr schwer analysierbare Proben angeboten werden.

Bild VI-10: Probeneinlasssystem des neuen ICP-Massenspektrometers

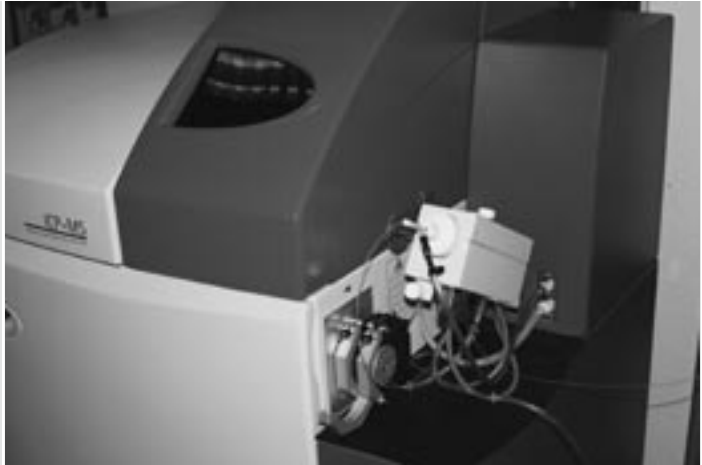


Bild VI-11: Blick auf die gekoppelten Quadrupolmassenseparatoren des neuen GC-Massenspektrometers

