

125 Jahre Forschung für Qualität und Fortschritt

Jubiläum der Gemeinschaftsforschung bildet festlichen Höhepunkt des Internationalen VDZ-Kongresses

Mit einem Festakt anlässlich des 5. Internationalen VDZ Kongresses „Verfahrenstechnik der Zementherstellung“ feiert der Verein Deutscher Zementwerke e.V. sein 125jähriges Vereinsjubiläum. Bereits die Anfänge der Zementforschung im Jahre 1877 waren ein Meilenstein des Qualitätsbewusstseins, das sich wie ein roter Faden durch die Vereinsgeschichte zieht. Auch heute sind der VDZ und sein Forschungsinstitut Garant für praxisnahe und qualitätsorientierte Gemeinschaftsforschung. Und weil sich das Umfeld der Vereinsarbeit zunehmend internationalisiert, wird das Forschungsinstitut in den kommenden Jahren zunehmend zu einer europäischen Forschungsplattform ausgebaut.

Mit Beginn der industriellen Zementproduktion in Deutschland schlossen sich im Januar 1877 die Gründungsmitglieder des „Vereins Deutscher Cement-Fabrikanten“ zu einer eigenständigen Interessengemeinschaft zusammen. Der Schwerpunkt der Vereinsarbeit lag bereits in den ersten Jahren auf technischen Fragen. Die wesentliche Motivation der Zementhersteller, sich zu einem Verein zusammen zu schließen, war jedoch das bis dahin uneinheitliche Qualitätsniveau des Zements. Einheitliche Standard-Prüfverfahren gab es damals nicht.

Streitpunkt Zusammensetzung

Der „Verein Deutscher Cement-Fabrikanten“ erarbeitete bereits in den ersten Jahren seines Bestehens Richtlinien für die Prüfung und Lieferung von Portlandzement. Schon 1878 wurde auf dieser Basis die erste Zementnorm veröffentlicht. Sehr schnell wurde Portlandzement zu einem festen Begriff. Er stand für Qualität und hatte den entsprechenden Preis.

Durch die stetige Verbesserung des Herstellungsprozesses entstand im Laufe der Jahre immer höherwertiger Zement. Er übertraf die Anforderungen der Norm hinsichtlich Festigkeit immer weiter. Zur gleichen Zeit ergaben Versuche, dass neben Klinker auch Hüttensand die Erhärtung des Zements beeinflusst. Daraus resultierte die Frage nach der Zusammensetzung des Zements. Sie war Grundlage einer mehrere Jahrzehnte dauernden Auseinandersetzung innerhalb der Zementindustrie. Letztlich spornten aber diese Mei-

nungsverschiedenheiten die Forschung wesentlich an. Insbesondere die Vereinsgründung machte es möglich, die erheblichen Kosten der staatlich verlangten Zulassungsprüfungen und umfangreichen Untersuchungen gemeinsam zu tragen. Die Auswertungen zeigten zwar, dass Eisenportland- und Hochofenzement dem Portlandzement gleichwertig waren. Dennoch sollte es bis 1948 dauern, bis alle Forschungsarbeiten unter dem Dach des „Vereins Deutscher Portland- und Hüttenzementwerke e.V.“ gebündelt werden konnten.

Aufbau-Euphorie der 50er Jahre

Im Mai 1949 fand die erste Mitgliederversammlung des nach dem Kriege neu gegründeten Vereins statt. Gleichzeitig wurde die Arbeit im teilweise zerstörten Forschungsinstitut wieder aufgenommen. Der Verein übernahm satzungsgemäß die Überwachung der Zemente seiner Mitglieder nach DIN 1164.

Der neue Verein änderte nach vier Jahren erfolgreicher Gemeinschaftsarbeit den Vereinsnamen in „Verein Deutscher Zementwerke e.V.“ Dies sollte die gelungene Verschmelzung der unterschiedlichen Interessengebiete hervorheben. Die Vorstandsmitglieder kamen nun nicht mehr gleichgewichtig aus den verschiedenen Zementindustriezweigen, sondern repräsentierten die Zementproduktionsregionen Deutschlands.

Die Arbeit des Vereins wurde 1948 in folgende Arbeitsausschüsse unterteilt: den Laboratoriums-Ausschuss, zuständig für Prüfverfahren und Ze-

ment-Verarbeitung, den Rohstoff-Ausschuss mit den Bereichen Rohstoffe und Hydraulische Zusätze und den Technischen Ausschuss. Auf der Mitgliederversammlung im Jahr 1954 wurde zusätzlich die Einrichtung des Ausschusses Betontechnologie beschlossen. Die Beteiligung der Werke an den Untersuchungen ist bis heute ein wesentliches Merkmal der Gemeinschaftsarbeit.

1958 feierte der Verein auf der Mitgliederversammlung in Baden-Baden den 10. Jahrestag der Neugründung. Im April 1973 waren 25 Jahre vergangen, seit der Verein sich nach dem Krieg wieder gegründet hatte. Dieser 25-jährige Wiederzusammenschluss war Anlass, auf eine beachtliche Aufbauleistung zurück zu schauen.

Vom Aufschwung zur Rezession

Der Bauboom in Deutschland führte in den 50er und 60er Jahren zu einem kontinuierlichen Anstieg des Zementversands. Harte Marktauseinandersetzungen in der westfälischen Region, die beiden so genannten westfäli-



Bild 1: Am 1. Juni 1956 nahm das Forschungsinstitut im neu errichteten VDZ-Gebäude den Betrieb auf. Seit 1998 stehen die Betonstelen mit VDZ-Logo vor der neu gestalteten Eingangshalle.



Bild 2: Im Jahre 1952 wurde der Verein auf der 75-Jahr-Feier umbenannt in Verein Deutscher Zementwerke e.V.

schen Zementkriege, sowie die Rezession, die mit der Ölkrise 1973 einsetzte, verringerten die Anzahl von Zementunternehmen in Deutschland. In der Konsequenz sank die Mitgliederzahl im Verein von 70 im Jahr 1966 auf 49 im Jahr 1975.

Ein Schwerpunkt der Gemeinschaftsarbeit lag zu dieser Zeit auf der Verringerung des Energieverbrauchs für die Zementherstellung. Öfen, die nach dem Nassverfahren arbeiteten, wurden in den 60er und 70er Jahren stillgelegt. Die Leistung der Ofenanlagen wurde in den 70er Jahren von durchschnittlich 350 auf 2400 t/d erhöht. 1977 ging in einem süddeutschen Werk der bis dahin größte Schwebegaswärmetauscherofen Europas mit 4000 t/d in Betrieb. Heute arbeiten die Ofenanlagen überwiegend nach dem Trockenverfahren. Neue Anlagen werden ausschließlich als Zyklonvorwärmeröfen mit Calcinator, Tertiärluftleitung und Rostkühler gebaut.

Umweltschutz als Vereinsziel

Bereits in den 30er Jahren wurde im Verein der Staubausschuss gegründet. 1950 wurde eine Staubmessstelle eingerichtet, aus der später die sogenannte Emissionsstelle hervorging. Zu ihren Kompetenzen gehörten auch die Lärmbekämpfung sowie Fragen zu Erschütterungen nach Sprengungen im Steinbruchbetrieb.

Der Staubausschuss von Zementdrehofenanlagen lag 1950 noch bei etwa 3-5 Prozent der Produktionsmenge. In den folgenden Jahrzehnten wurde der Staubausschuss drastisch reduziert. Mittlerweile beträgt das Emissionsniveau für Stäube im Abgas von Drehofenanlagen im Tagesdurchschnitt 10-30 mg/m³.

Heute steht das Forschungsinstitut den Zementwerken und anderen Industrien bei der Prüfung umweltrechtlicher Auflagen bis hin zu vollständigen Umweltverträglichkeitsprüfungen zur Verfügung. Das Institut ist als Messstelle nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz anerkannt. Der Bekanntheitsumfang um-

fasst sämtliche für die Zementindustrie relevanten Bereiche. Hierzu gehören die Ermittlung der Emissionen anorganischer Gase, Stäube, Staubinhaltsstoffe und an Staub adsorbierter chemischer Verbindungen, ferner die Emissionen organisch-chemischer und hochtoxischer organisch-chemischer Verbindungen in extrem geringen Konzentrationen (Dioxine und Furane), außerdem die Ermittlung der Emissionen und Immissionen von Geräuschen sowie von Erschütterungen durch Sprengung. Gleichfalls können Emissionsmessgeräte kalibriert und ihre Funktion überprüft werden.

Kontrolle ist besser

Als Nachweis der Konformität mit der europäischen Zementnorm EN 197-1 und als Voraussetzung für den freien Handel in Europa kennzeichnet der Hersteller seine Zemente mit dem europäischen CE-Zeichen.

Die Überwachungsgemeinschaft des VDZ ist nach der Bauproduktenrichtlinie notifiziert. Daher kann der VDZ seine Dienstleistungen als Zertifizierungsstelle heute europaweit anbieten. Die Akkreditierung der Laboratorien und der Zertifizierungsstelle wurde im Jahr 2002 erfolgreich abgeschlossen. Derzeit werden von der Überwachungsgemeinschaft des VDZ über 500 Zemente und zementartige Bindemittel aus 67 Werken nach deutschen und zum Teil zusätzlich nach ausländischen Regeln geprüft. Davon erhielten inzwischen rd. 330 Zemente Zertifikate nach EN 197-1.

Arbeitssicherheit

1968 wurde eine Unfallschutzkommission gebildet, die von den Werken kostenlos zur Beratung angefordert werden konnte. Ein Arbeitskreis Arbeitssicherheit bearbeitete Sicherheitsmerkmale. Er veranstaltete auch Wettbewerbe, die die drei Betriebe mit den niedrigsten Unfallzahlen auszeichneten und Plaketten verteilten. Das Resultat dieser Gemeinschaftsaufgabe konnte sich sehen las-

sen. Im Laufe von 30 Jahren sanken die Unfallhäufigkeitsrate und der mittlere Jahresleistungsausfall um zwei Drittel. Darüber hinaus gab es Intensivschulungen für Industriemeister, damit diese ihrer Vorbildfunktion in puncto Arbeitssicherheit gerecht werden konnten.

Stipendien für den Nachwuchs

Dem langjährigen Hauptgeschäftsführer des VDZ, Herrn Prof. Dr.-Ing. Gerd Wischers, gelang es, eine Brücke zu schlagen zwischen den chemisch-mineralogischen und physikalischen Gesetzmäßigkeiten des Zementleims und Zementsteins und den Gebrauchseigenschaften des Betons.

Ein Jahr nach dem Tod von Prof. Wischers rief der Verein die Gerd Wischers-Stiftung ins Leben. Sie betreut seit 1995 junge Wissenschaftler als Nachwuchskräfte für die Zementindustrie. Zu den ersten Forschungsthemen gehörte eine Diplomarbeit zur Auswirkung von Prozess-Stäuben auf die Festigkeit und Phasententwicklung der Zementhydratation. Weitere Arbeiten befassten sich mit selbstverdichtendem Beton und dem Alkalihaushalt der Porenlösung im Zementstein. Der erste Stipendiat promovierte im Jahr 2002 über den Einsatz zementgebundener Mörtelsysteme im Trinkwasserbereich. Die Stiftung steht jungen Menschen aus dem In- und Ausland offen, die an einem Forschungsthema auf dem Gebiet der Zementherstellung oder Zementanwendung arbeiten möchten.

Traditionsbewusst und modern

Die Forschungsarbeiten des VDZ haben bei der Industrie, aber auch in der Fachöffentlichkeit über die vielen Jahre der Vereinsgeschichte stets hohe Anerkennung genossen. Heute verfügt der Verein mit dem Forschungsinstitut in Düsseldorf über eine renommierte und international anerkannte wissenschaftliche Einrichtung.

Zu Beginn des Jahres 2002 hat der VDZ seine bisherige Zielrichtung neu ausgerichtet und mit der European Cement Research Academy die Grundlage für eine europäische Forschungsplattform geschaffen. Durch die Gründung der European Research Academy bleibt der VDZ in seiner bewährten Form erhalten, gleichzeitig richtet sich der VDZ konsequent europäisch aus. Die Eigenständigkeit der Academy gewährleistet die Gleichbehandlung aller ihrer Mitglieder.

Am Anfang des 21. Jahrhunderts ist der VDZ traditionsbewusst und modern zugleich. Er steht gut gerüstet vor den Herausforderungen der Zukunft.

Zementforschung: Vom Kalkstein zum Hochleistungsbeton

Das Forschungsinstitut der Zementindustrie: Gemeinschaftsforschung im Wandel der Zeiten

Im Jahre 1901 - etwa 25 Jahre nach der Gründung des Vereins Deutscher Cement Fabrikanten - nahm in Berlin-Karlshorst das erste Vereinslaboratorium seine Arbeit auf. Zu dieser Zeit war der Einfluss der Rohstoffe und des Herstellprozesses auf die Zementeigenschaften weitgehend unbekannt. Daher galten die vordringlichsten Forschungsprojekte den Bestandteilen des Zementklinkers. Da die Zahl der Vereinsmitglieder in den Anfangsjahren stark wuchs, wurde das Laboratorium zunehmend zu einer zentralen Prüfinstanz für die Zemente aus den Werken. Heute verfügt der Verein Deutscher Zementwerke mit seinem Forschungsinstitut in Düsseldorf über eine renommierte und international anerkannte wissenschaftliche Einrichtung. Diese deckt alle Bereiche der Zementherstellung und -anwendung ab.

Schon der Bau des ersten Vereinslaboratoriums war ein echtes Gemeinschaftsprodukt. Die Vereinsmitglieder erstellten die Baupläne, lieferten Zement und Marmorplatten sowie Steine und Treppen. Am 1. Dezember 1901 war das Laboratorium in Berlin-Karlshorst betriebsfertig. Später stifteten die Vereinsmitglieder nach und nach die Laborausrüstungen und die Bibliothek.

Das Laboratorium in Karlshorst

Die Ausstattung des Laboratoriums in Berlin-Karlshorst war zunächst sehr bescheiden. Im Erdgeschoss wurde das mechanische Labor eingerichtet. Im ersten Stock fanden das physikalische Labor, das Vorstandszimmer und das Büro ihren Platz. Unter der Treppe gab es eine Dunkelkammer. Der Laboratoriumsdienerr erhielt im Dachgeschoss des Gebäudes eine Wohnung. Der Hausmeister fungierte als zusätzlicher Laborant.

F. Framm, seit 1902 Leiter des Instituts, engagierte sich besonders für die Aufstellung eines einheitlichen Analysenganges für Portlandzement. Auch an den Arbeiten des Meerwasser-Ausschusses sowie bei der Aufstellung der Normen für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Port-

landzement war er beteiligt.

Unter der Leitung von G. Haegermann (1923-1945) wuchs das Team des Laboratoriums Karlshorst zunächst auf fünf Angestellte an. 1925 wurde es durch einen Mineralogen ergänzt. Zu den Prüfungen, die das Labor vornahm, gehörten die allgemeine Zementprüfung von Proben aus 83 Vereinswerken, die wöchentliche Untersuchung des Normensands und die stichprobenartige Prüfung ausländischer Zemente.

Das Hauptinteresse Haegermanns lag in allen Fragen der Normenprüfung. Besonders interessierte ihn die Bestimmung der Festigkeit an erhärteten Prüfkörpern aus plastischem Normenmörtel, ferner die Änderung der mörteltechnischen Eigenschaften durch die einzelnen Klinkerphasen, durch Zusätze von Salzen und oberflächenaktiven Stoffen. Seine zahlreichen Publikationen beschäftigten sich mit Fragen der Baukontrolle des Betons auf der Baustelle, mit den Verwendungsmöglichkeiten und Eigenschaften von Naturzement, dem Bitumenzusatz im Beton und Siebergebnissen des 4900-Maschen-Siebs. Haegermann ging der Frage nach, ob das Anmachwasser Ursache einer Abbindestörung sein konnte. Zudem untersuchte er die Widerstandsfähig-

keit der Zemente gegen angreifende Lösungen. Seine Arbeit sollte vorrangig Herstellern und Verbrauchern zugute kommen. Daher verzichtete er strikt auf Werbung.

In der Folgezeit wurde das Laborgebäude um eine betontechnische Abteilung ergänzt, A. Hummel übernahm von 1928 bis 1935 die Abteilungsleitung. Außerdem entstand eine Versuchsanlage zur Herstellung von Portlandzement. Hierfür stifteten die Firma G. Polysius-Dessau den Versuchsrohofen und die Firma F. Krupp-Grusonwerk eine Kugelmühle. Ein weiterer Raum wurde für eine Sammlung zu Lehr- und Lernzwecken vorgesehen. Thema der Sammlung war die geschichtliche Entwicklung der Prüfapparate und der mineralischen Bindemittel sowie deren Herstellung.

Das Forschungslabor in Karlshorst wurde 1943 durch Bomben beschädigt. Die Arbeit des Instituts wurde erst nach dem Krieg in Düsseldorf wieder aufgenommen.

Düsseldorf und Hamburg-Blankenese

Wegen der Auseinandersetzungen über die Zusammensetzung des Zements gründeten die Hersteller von hüttensandhaltigen Zementen im Jahre 1901 den Verein Deutscher Eisenportlandzementwerke e.V. und richteten in Düsseldorf ein Laboratorium für die Normenprüfungen ein.

Im Jahre 1913 entstand der Verein Deutscher Hochofenzementwerke e.V. Gleichzeitig wurde die „Chemisch-technische-Versuchsanstalt“ von H. Passow in Hamburg-Blankenese umbenannt in „Laboratorium des Vereins Deutscher Hochofenzementwerke“. Später zog auch die-



Bild 1: Erstes Laboratorium des Vereins in Berlin-Karlshorst



Bild 2: Zementprüflabor im Institut an der Roßstraße

ser Verein nach Düsseldorf. Ein Gesellschaftsvertrag zwischen Eisenportland- und Hochofenverein sah vor, die beiden Vereinslaboratorien in einem gemeinsamen Gebäude unterzubringen. Möglicherweise wäre eine fruchtbare Zusammenarbeit zustande gekommen, hätte es nicht persönliche Differenzen zwischen den Leitern der beiden Forschungsinstitute, den Geschäftsführern Grün und Guttmann, gegeben. Schon 1926 mussten die Vereinsvorstände die spannungsreiche Zusammenarbeit beenden. Beide Institute arbeiteten in eigenen Gebäuden. Der Verein Deutscher Eisenportlandzementwerke bezog das Haus in der Eckstraße 17. Im Jahre 1937 übernahm F. Keil die Leitung des Instituts.

Nach dem Krieg wurde die Arbeit im teilweise zerstörten Institut in der Eckstraße in Düsseldorf allmählich wieder aufgenommen. Dies geschah zunächst in den drei wichtigen Arbeitsbereichen, denen die Gliederung in Abteilungen entsprach. Die chemisch-mineralogische Abteilung befasste sich seit 1948 mit der weiteren Erforschung der Eigenschaften des Zements und mit dessen Beurteilung. Der Verein übernahm satzungsgemäß die Überwachung der Zemente seiner Mitglieder nach DIN 1164. Andere Versuche befassten sich mit Zementen, die durch Gips und einen Zusatz von Aluminat zum Quellen gebracht wurden. Zudem stand auf dem Forschungsplan eine Überprüfung amerikanischer Erfahrungen mit „belüftetem“ Beton, dessen Luftporen-Gehalt künstlich erhöht worden war. Dieser Beton war widerstandsfähiger gegenüber Frost und Tausalzen. Ein Test der Zemente auf Plastizität und die Prüfung von erhärtetem Beton in Bauwerken mit dem Kugelschlaghammer rundeten das Forschungsprogramm ab.

Neubau in der Tannenstraße

Schon bald wurden die Räume in der Eckstraße dem erweiterten Arbeits-

programm nicht mehr gerecht. Deshalb entschloss sich der VDZ 1954, die Nachbargrundstücke des Geländes, auf dem das ehemalige Forschungsinstitut der Hüttenzementindustrie gestanden hatte, dazu zu kaufen. Im ersten Bauabschnitt wurden ein vierstöckiges Hauptgebäude mit einem Vortragssaal, eine Werkhalle und ein Wohnhaus für Mitarbeiter erstellt. Am 1. Juni 1956 wurde der Neubau seiner Bestimmung übergeben.

Schon nach fünf Jahren wurde eine erste Erweiterung nötig. Durch Unterkellerung des Hofes wurden dringend benötigte Arbeits- und Lagerräume gewonnen. Im Jahr 1965 konnten die ersten drei Geschosse des Erweiterungsbaus an der Roßstraße bezogen werden. Ergänzend kaufte der Verein 1972 einen weiteren Geländestreifen von 160 m² hinter dem Institut dazu. Auf diesem Grundstück erweiterte er die Betonierhalle auf die doppelte Grundfläche. Im Keller des Neubaus wurden mehrere große, befahrbare Frostkammern und ein gesonderter isolierter Raum für die Lagerung bei +40°C und 100% Luftfeuchtigkeit eingerichtet. 1992 wurde dann der Erweiterungsbau auf die ursprünglich geplante Höhe von sechs Stockwerken vergrößert.

Forschung vom Kalkstein bis zum Beton

Mit dem Forschungsinstitut in Düsseldorf verfügt der Verein Deutscher Zementwerke heute über eine renommierte und international anerkannte wissenschaftliche Einrichtung. Diese deckt alle Bereiche der Zementherstellung und -anwendung ab. Das Institut verfügt über einen modernen Gerätepark und ist auch für anspruchsvolle Grundlagenuntersuchungen optimal ausgestattet.

Seit jeher ist die Forschung zur Leistungsfähigkeit der Zemente eine zentrale Aufgabe des Forschungsinstituts. Ein Schwerpunkt der Insti-

tutsarbeit liegt heute auf dem Zusammenspiel der Haupt- und Nebenbestandteile des Zements. Je nach Anwendungsgebiet können einzelne Leistungsmerkmale gezielt beeinflusst werden. Hierbei spielt die Reaktivität der Hauptbestandteile eine entscheidende Rolle. Auch kann die Mahlfineinheit der Einzelkomponenten durch getrennte Vermahlung gezielt aufeinander abgestimmt werden.

Insbesondere die Hauptbestandteile Hütten sand, Kalkstein, Flugasche und gebrannter Schiefer leisten einen wesentlichen Beitrag zur Reduzierung der CO₂-Emission der Zementwerke. Die Untersuchungen zu Portlandkompositzementen im Forschungsinstitut konzentrieren sich auf die Granulometrie der Zementhauptbestandteile. Entscheidend für den Markterfolg dieser Zemente ist neben dem Festigkeitsbildungsvermögen die Dauerhaftigkeit daraus hergestellter Betone.

Im Bereich der Betonbautechnik werden die technischen und wirtschaftlichen Grundlagen für Betone mit besonderen Leistungsmerkmalen in Laboruntersuchungen und Praxis-einsätzen weiter entwickelt. Dazu gehören z.B. Betone mit hohem Säurewiderstand oder selbstverdichtender Beton.

Für hochfeste Betone wurden lastfreie Verformungen (Schwinden) sowie Zugfestigkeit und Bruchdehnung untersucht. Umfangreiche Forschungsarbeiten betreffen zudem den Verkehrsbau, z.B. den Straßenbau, die Straßenbauerzeugnisse und die feste Fahrbahn für die Neubaustrecken der Deutschen Bahn.

Die optimale Produktionsweise

Die verfahrenstechnische Forschung ist vor allem darauf ausgerichtet, den Energiebedarf und Arbeitskräfteeinsatz bei der Zementherstellung sowie die Qualität und Gleichmäßigkeit des Zements zu optimieren. Das Forschungsinstitut verfügt über weitreichende Kenntnisse aus umfangreichen und systematischen Untersuchungen an Drehofen- und Mahlanlagen. Die jüngsten Messungen an Ofenanlagen sollten in erster Linie die Frage klären, wie erhöhte Stoffkreisläufe verfahrenstechnisch vermindert werden können, so dass störende Ansatzbildung und Betriebsstörungen ausbleiben. Dabei wurden auch die Einflüsse untersucht, die die Zusammensetzung des Rohmaterials sowie der Drehofen- und Vorwärmerbetrieb auf die SO₂-Emissionen haben. Ein weiterer Schwerpunkt der Untersuchungen an Vorcalcineran-



Bild 3: Mühlenversuch zur Optimierung des Energiebedarfs und der Kornverteilung des Zements



Bild 4: Das Güteüberwachungslabor des VDZ

lagen betrifft die Möglichkeiten der NO_x -Minderung durch eine gestufte Verbrennungsführung im Calcinator.

Auch technische und halbtechnische Mahl- und Sichtenanlagen werden vom Forschungsinstitut untersucht. Dabei werden vor allem die Einflüsse der verschiedenen Mahlssysteme und der modernen Sichterbauformen und -betriebsweisen getestet. Diese wirken sich auf die Energieausnutzung, das Betriebsverhalten der Anlagen und die Produkteigenschaften aus. Besonders interessant ist dabei die Frage, wie durch unterschiedliche Mahlanlagensysteme, durch Mahlanlagen mit Gutbett-Walzenmühle und Korbsichter, mit Kugelmühle und Korbsichter oder mit Wälzmühle und Korbsichter Produkte hergestellt werden können, die verschiedene, gezielt eingestellte Korngrößenverteilungen haben. Für die Vermahlung trockenen Mahlgutes ist der Stand



Bild 5: Versuche zur Verarbeitbarkeit an selbstverdichtendem Beton

der Technik, dass durch den Einsatz der Gutbett-Walzenmühle, aber auch der Wälzmühle der geringste Aufwand an elektrischer Energie erzielt werden kann. Für die Mahltrocknung feuchten Mahlgutes ist die Wälzmühle eine effiziente Alternative.

Emissionsminderung als Ziel

Die Prüfung der Umweltverträglichkeit beim Einsatz verschiedener Sekundärbrenn- und -rohstoffe steht bei vielen Untersuchungen im Vordergrund. Die Einträge an Spurenelementen in das Ofensystem über Sekundärstoffe können sich je nach Abfallherkunft erhöhen oder verringern. Die Spurenelemente werden überwiegend in den Klinker eingebunden. Emissionsrelevant ist nur das hochflüchtige Element Quecksilber, dessen Eintrag in das Ofensystem dadurch limitiert wird, dass man die Gehalte der Einsatzstoffe begrenzt.

Damit Sekundärrohstoffe in der Zementindustrie umweltfreundlich eingesetzt werden können, wurde der Einfluss der Rohstoffe und der Betriebsweise des Ofens auf die Emissionen organischer Einzelverbindungen erforscht. Die Untersuchungen wurden unter anderem mit einem kontinuierlich messenden Massenspektrometer an Ofenanlagen durchgeführt. Sie zeigen, dass durch die Substitution natürlicher durch sekundäre Rohstoffe keine erheblichen Änderungen in der freigesetzten Menge an organischen Einzelverbindungen auftreten. Rohstoffe, die einen hohen Anteil an flüchtigen organischen Bestandteilen beinhalten, können bei

höheren Temperaturen etwa im Bereich des Calcinator oder Ofeneinlaufs zugegeben werden. In diesem Temperaturbereich werden die organischen Verbindungen vollständig umgesetzt.

Europäische Forschungsplattform

Zu Beginn des neuen Jahrtausends stellen Veränderungen in der Industrie den VDZ vor neue Herausforderungen. Die Regulierungen und die Normung, die Zement und Beton betreffen, finden zunehmend auf europäischer Ebene statt. Von daher fördert der VDZ die Technik und Wissenschaft der hydraulischen Bindemittel zukünftig nicht mehr ausschließlich auf nationaler, sondern immer stärker auch auf europäischer Ebene. Aber auch die Zementindustrie selbst durchläuft seit den 90er Jahren einen zunehmenden Internationalisierungsprozess. Von daher erhält das Institut zunehmend Anfragen aus dem Ausland; viele internationale Zementhersteller wollen an den Forschungserkenntnissen teilhaben. Aus diesem Grund hat der VDZ seine bisherige Zielrichtung zu Beginn der Jahres 2002 neu ausgerichtet: Er hat die Grundlage für eine europäische Forschungsplattform geschaffen.

Die positiven Erfahrungen mit der Gemeinschaftsforschung auf nationaler Ebene bilden die Grundlage für die Entwicklung dieser europäischen Forschungsplattform, der „European Cement Research Academy“. Im Sommer 2002 als eigenständige Gesellschaft gegründet, wird die Academy im Jahr 2003 ihre eigentliche Arbeit aufnehmen. In ihr werden den Teilnehmern Forschungsergebnisse als Zusatzangebot in Seminaren und Konferenzen vertieft vermittelt. Die Academy ist organisatorisch vom VDZ getrennt und steht allen Zementherstellern offen. Dabei ist es gleichgültig, ob es sich um ordentliche Mitglieder des VDZ handelt oder nicht. Die Eigenständigkeit der Academy gewährleistet die Gleichbehandlung aller ihrer Mitglieder. Alle Mitglieder haben gleiche Rechte und Pflichten. Die Arbeit der Academy wird von einem europäisch besetzten Technical Advisory Board bestimmt.

Durch die Gründung der European Cement Research Academy bleibt der VDZ in seiner bewährten Form erhalten. Seine satzungsgemäße Tätigkeit bleibt bestehen. Der VDZ richtet sich jedoch durch die Gründung der Academy konsequent europäisch aus, ohne dabei Bewährtes über Bord zu werfen.

Normung von Zement – Grundlage für Qualität

Ein roter Faden durch die 125jährige Geschichte des VDZ

Durch seine vielfältigen, fast unbegrenzten Anwendungsmöglichkeiten hat Zement während der vergangenen 125 Jahre seinen Platz als wichtiger Baustoff der Moderne errungen. Eine wesentliche Voraussetzung für diesen Erfolg sind einheitliche Standards und Normen. So lag der Gründung des Vereins Deutscher Cementfabrikanten im Jahr 1877 als wichtigstes Motiv die Schaffung und Überprüfung solcher Qualitätsstandards zugrunde.

Die bereits im ersten Jahr der Vereinsgeschichte ausgearbeitete Norm legte Anforderungen an die wichtigsten Leistungsmerkmale von Zement fest: Bindezeit, Volumenbeständigkeit, Feinheit der Mahlung sowie Zug- und Druckfestigkeit. Für Versand und Anwendung wurden einheitliche Vorgaben zu Verpackung und Gewicht gemacht. In Erläuterungen zu den Normfestlegungen wurden Geräte und Vorgehensweise zur Prüfung der Anforderungen im Detail beschrieben. Das königlich-preußische Ministerium des Innern verfügte 1878 durch Veröffentlichung im Ministerial-Blatt, diese Industriennorm den Lieferungen von Zement zugrunde zu legen.

Definition von Portland-Cement

Die 1886 vorgelegte überarbeitete Norm enthielt erstmals eine Definition des Portland-Cements als ein Produkt „entstanden durch Brennen einer innigen Mischung von kalk- und tonhaltigen Materialien als wesentlichsten Bestandteilen bis zur Sinterung und darauffolgender Zerkleinerung bis zur Mehlfeinheit“. Das Ringen um einheitliche Qualitätsstandards verlangte nach einer noch präziseren Definition. Die 1909 veröffentlichte überarbeitete Norm enthielt erstmals quantitative Angaben zum Gehalt an den wichtigsten Klinkermineralien. Daneben wurden der MgO-Gehalt erstmals auf max. 5%, der Sulphatgehalt auf 2,5% und Zusätze auf 3% begrenzt.

Hüttensandhaltige Zemente

Letztere Festlegung resultierte aus der Abgrenzung gegenüber hüttensandhaltigen Zementen. Vehement wurde gegen Zemente, die während oder nach dem Brennen einen Zusatz von

Hüttenschlacke enthielten, Stellung bezogen. Dies konnte die Entwicklung und Normung hüttensandhaltiger Zemente jedoch nicht aufhalten. Die vom Verein Deutscher Eisenportlandzementwerke vorbereitete Norm für Eisenportland-Zement erschien 1909. Darin war der Anteil „gekörnter Hochofenschlacke“ auf max. 30% begrenzt. 1917 erschien die vom Verein Deutscher Hochofenzemente herausgegebene Norm für Hochofenzement, der „bei einem Mindestgehalt von 15% Gewichtsteilen Portlandzement vorwiegend aus basischer Hochofenschlacke besteht“. Die drei Normen unterschieden sich im wesentlichen nur durch den jeweiligen ersten Abschnitt, der die Begriffserklärung von Portland-, Eisenportland- und Hochofenzement enthielt.

Erste gemeinsame Norm

1927 erschien die erste gemeinsame Norm für Portland- und Eisenportlandzement, 1932 die erste deutsche Zementnorm unter der Bezeichnung DIN 1164, in der alle drei Zemente erstmals gemeinsam erfasst waren.

Die Fortschreibung der drei Zementnormen bis zur Herausgabe dieser ersten gemeinsamen Norm war geprägt durch die Präzisierung der Prüfverfahren und Prüfgeräte sowie durch die Festlegung von Aufgaben der Prüfstelle bei der geforderten dauernden Überwachung der Zementwerke. Zudem legten die in der Norm definierten Festigkeitsklassen Zeugnis ab von der gesteigerten Zementqualität. Während die 1886 vorgelegte Norm eine Mindestdruckfestigkeit von 160 kg/cm² forderte, sah die 1932 vorgelegte erste DIN-Norm bereits die Festigkeitsklassen Z275 und Z400 vor.

Fortschreibung nach dem Krieg

Nach dem Krieg rückte die Arbeit an der Zementnorm bereits in den 50er Jahren wieder ins Zentrum der Vereinsarbeit und führte zu einer Neuausgabe der seit 1932 i.w. unveränderten Norm im Jahr 1958 und zu einer grundlegenden Neufassung 1967. In dieser wurde die Norm erstmals in getrennten Blättern vorgelegt, in denen jeweils die Definition und die Anforderungen, der Konformitätsnachweis sowie die einzelnen Prüfverfahren behandelt wurden.

Erste europäische Zementnorm

Während der zurückliegenden 30 Jahre war die Arbeit an den Zementnormen geprägt durch das Ziel europäisch einheitlicher Festlegungen. Das Forschungsinstitut hat maßgeblichen Anteil daran, dass dieses Ziel mit der Veröffentlichung der Prüfnormen DIN EN 196 ab 1994 sowie durch die Verabschiedung der Produkt- und Konformitätsnachweismorm DIN EN 197-1 und -2 im Jahr 2001 erreicht werden konnte.

Auch zukünftig wird die Arbeit des Forschungsinstituts geprägt sein

Tafel 1: Europäische Normen für Zement und zementartige Bindemittel

DIN EN 197-1/2	Normalzement
EN 197-1:2000 prA1:2002	Normalzement mit niedriger Hydrationswärme
EN 197-x	Hochofenzement mit niedriger Anfangsfestigkeit
DIN EN 14216	Zement mit sehr niedriger Hydrationswärme
EN xxx	Tonerdezement
EN 413-1	Putz- und Mauerbinder
DIN EN 459	Baukalk
DIN V ENV 13282	Hydraulische Tragschichtbinder

durch die Fortschreibung des Normenwerks. Neben den traditionellen physikalischen, mechanischen und chemisch-mineralogischen Leistungsmerkmalen rücken Angaben über die Umweltverträglichkeit von Zementen in den Blickwinkel der Normung. Das Forschungsinstitut wird sich gemeinsam mit den europäischen Partnern gestaltend in die Diskussion der damit zusammenhängenden Fragen einbringen und in 125jähriger Tradition Garant sein für praxismgerechte Normen im Sinne der Zementhersteller und -anwender sowie aller öffentlich- und privatrechtlich betroffenen Bereiche.



Bild 1: Biegezugprüfgerät von 1875

Unfallhäufigkeit kontinuierlich gesunken VDZ-Arbeitskreis leistet seit vielen Jahren wichtigen Beitrag

Die Förderung der Arbeitssicherheit gehört zu den satzungsgemäßen Aufgaben des Vereins Deutscher Zementwerke. Seit über 40 Jahren leistet der Arbeitskreis „Arbeitssicherheit“ hierzu einen wichtigen Beitrag.

Gemeinsames Ziel der VDZ-Sicherheitsarbeit ist es, die Mitarbeiter in den Zementwerken zu sicherheitsbewusstem Arbeiten zu motivieren, sie regelmäßig über Möglichkeiten zu Verbesserungen in der Arbeitssicherheit zu informieren und sie zu ständiger Überprüfung der Sicherheit am Arbeitsplatz aufzufordern.

Zu den Aufgaben des Arbeitskreises „Arbeitssicherheit“ gehören die Analyse des Unfallgeschehens in den Mitgliedsbetrieben, die Ermittlung statistischer Kennzahlen, die Erarbeitung und Empfehlung von Maßnahmen zur Verbesserung der Arbeitssicherheit sowie die Erarbeitung von Sicherheits-Merkblättern und Prüflisten.

Seit 1965 werden die Zahlen der meldepflichtigen Betriebs- und Wegeunfälle der deutschen Mitgliedsbetriebe vom Forschungsinstitut erfasst und statistisch ausgewertet. In den letzten 30 Jahren ist die Unfallhäufigkeitsrate

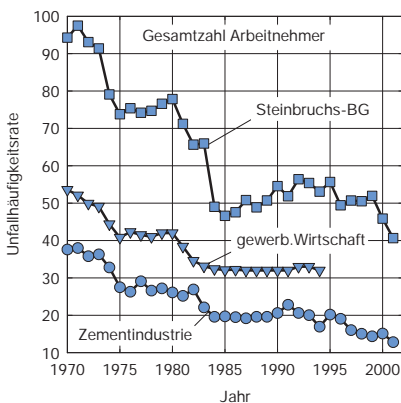


Bild 1: Unfallhäufigkeitsrate (Zahl der Unfälle je 1 Mio. Arbeitsstunden) im Vergleich zu den Betrieben der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft und der gesamten gewerblichen Wirtschaft

um ca. 70% zurückgegangen und liegt heute auf einem sehr niedrigen Niveau (Bild 1). Damit liegen die Unfallzahlen der Zementindustrie etwa 68% unter der Unfallhäufigkeitsrate aller Mitgliedsunternehmen der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft (StBG) und um rund 35% unter der durchschnittlichen Unfallhäufigkeit der gesamten gewerblichen Wirtschaft.

Seit 24 Jahren werden jährlich die Werke mit Klinkerproduktion mit den niedrigsten Unfallhäufigkeitsraten ausgezeichnet. Die Anerkennung dieser Leistung wird in der Mitgliederversammlung des VDZ durch

Überreichung einer Tafel zum Ausdruck gebracht (siehe Kasten).

Zur Förderung der Arbeitssicherheit werden den Zementwerken pro Jahr drei Sicherheits-Merkblätter mit der Beschreibung besonders bemer-

kenswerter Unfälle sowie drei Sicherheits-Prüflisten für die Überprüfung von Sicherheitseinrichtungen und Maßnahmen in verschiedenen Arbeitsbereichen zur Verfügung gestellt.

Im Auftrag des VDZ werden außerdem durch die Steinbruchs-Berufsgenossenschaft Arbeitssicherheitsseminare für Meister und Vorarbeiter durchgeführt, wobei der Arbeitskreis „Arbeitssicherheit“ die Lehrinhalte festlegt und Hilfestellung bei der Erstellung von Schulungsunterlagen gibt.

Arbeitssicherheitswettbewerb



Im Rahmen der Mitgliederversammlung in Berlin wurden die Auszeichnungen an die Sieger des VDZ-Arbeitssicherheitswettbewerbs überreicht.

Getrunken wurde damals unheimlich viel Rückblick auf die Anfänge des Arbeitsschutzes in Deutschland

Im Jahre 1891 wurde in Deutschland ein Arbeitsschutzgesetz eingeführt, in dem erstmalig verbindlich eine Fabrikordnung vorgeschrieben wurde. Fabrikordnungen regelten die Arbeitszeiten und legten den Grundstein für die später als typisch deutsch bezeichneten Tugenden wie Pünktlichkeit, Ordnung und Arbeitseifer. Entlassungsgründe waren Ungehorsamkeit gegenüber Vorgesetzten, unbefugtes Verlassen der Arbeit unter Gefährdung von Kollegen, unvorsichtiges Umgehen mit feuergefährlichen Materialien, unbotmäßiges Verhalten auch gegenüber Familienangehörigen des Arbeitgebers, wiederholte Unpünktlichkeit, Trunkenheit und Untreue. Beschädigtes Werkzeug oder Glasscheiben mussten ersetzt werden. War der Verursacher nicht ermittelbar, zahlte die ganze Abteilung. Verließ ein Arbeiter nach einer Kündigung ohne Einhaltung der Frist die Arbeit, dann fiel der ausstehende Lohn an die Fabrikkrankenkasse. In einem Werk verlor der unpünktliche Arbeiter Teile seines Lohnes, in einem anderen hatte er für den Rest

des Tages keinen Anspruch auf Beschäftigung.

Gerade der Alkoholmissbrauch fand in allen Fabrikordnungen Erwähnung, da er die Unfallgefahr merklich erhöhte. Zum Essen waren allerdings Wein und Bier erlaubt. Offenbar reichte die Fabrikordnung aber nicht aus, um die Missstände zu beheben. In einer Überlieferung aus Züllchow steht geschrieben: „(...) Es gab alte Berzeliuslampen, auf die ich sehr aufpassen musste, denn denaturalisierter Spiritus war noch nicht in Mode, und ich glaube heute noch, dass manches Molekül $C_4H_6O_2$ seinen Weg nicht in die Lampe, sondern in die Kehlen der Proben bringenden Arbeiter gefunden hat. Denn getrunken wurde damals unheimlich. Nicht nur die Mühlenarbeiter brauchten täglich, um den Staub herunterzuspülen, $\frac{1}{2}$ Pfund Schnaps (ca. 225 ml), sondern auch die Böttcher und Schlosser hatten eine solche Mindestmenge zur Stärkung sehr nötig. Freilich wurde täglich 11 Stunden gearbeitet, Sonntag vormittag meist auch. (...)“

Qualifizierung durch Wissenstransfer

European Cement Research Academy startet als europäische Plattform

Wie schon in der Vergangenheit erfordern stetig steigende Anforderungen an die Mitarbeiter in den Zementwerken auch zukünftig einen überdurchschnittlich hohen und qualifizierten Wissensstand. Zur Unterstützung der Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter in den Mitgliedswerken bietet das VDZ-Bildungswerk seit nunmehr 44 Jahren Lehrgänge und Seminare auf höchstem Niveau erfolgreich an. Anfang des Jahres 2003 nimmt als europäische Plattform des Wissensaustausches die European Cement Research Academy ihre Tätigkeit auf.

Seit 1958 bleibt das VDZ-Weiterbildungswerk in seinen Lehrgängen und Seminaren in Lehrprogramm und Arbeitsweise seiner bewährten Tradition treu: in der Thematik stets aktuell, flexibel und immer orientiert am Qualifizierungsbedarf der Zementwerke.

Schulungsstätte Hassels modernisiert

Lehrgänge für Industriemeister werden vom VDZ seit vielen Jahren durchgeführt. Der Industriemeister-Lehrgang „Zement und Kalk“ ist der einzige seiner Art im gesamten deutschsprachigen Raum. Er ist als offizieller Ausbildungsgang von der Industrie- und Handelskammer in Düsseldorf anerkannt. Der Praxisbezug der Lehrgänge sowie der gegenseitige Austausch von Erfahrungen und der Einsatz moderner Lern- und Hilfsmittel garantieren eine effiziente Wissensvermittlung. An den abgeschlossenen 27 Meisterlehrgängen haben mittlerweile 780 Mitarbeiter erfolgreich teilgenommen. Die Lehrinhalte wurden mit der Zeit immer wieder an die Anforderungen des verbindlichen Lehrplanes, aber auch an die Erfordernisse der Praxis angepasst.

Die Lehrgänge bestehen aus Unterrichtsblocken von bis zu 7 Monaten Dauer. Sie finden alle in der Schulungsstätte Hassels (Bild 1) im Süden Düsseldorfs statt. Um auch die Unterbringung modernen Anforderungen anzupassen, wurde die Schu-

lungsstätte im letzten Jahr mit Mitteln des VDZ-Bildungswerkes sowohl im sanitären als auch im technischen Bereich aufwendig modernisiert. Derzeit werden 15 Mitarbeiter aus unterschiedlichen Zementwerken im Rahmen des 20. Lehrgangs in Düsseldorf-Hassels ausgebildet.

Kurse auch für Leitstandsfahrer

Um den zunehmenden Anforderungen an die Qualifikation von Leitstandsfahrern gerecht zu werden, hat der VDZ im Jahr 1990 beschlossen, neben den Industriemeister-Lehrgängen auch Produktionssteuerer-Lehrgänge in der Schulungsstätte in Hassels durchzuführen. Den Teilnehmern wird der aktuelle Kenntnisstand in der Verfahrenstechnik der Zementherstellung sowie in der Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik im Zementwerk vermittelt. An den mittlerweile 8 Produktionssteuerer-Lehrgängen haben nunmehr 194 Mitarbeiter mit Erfolg teilgenommen. Derzeit nehmen 16 Teilnehmer am 9. Produktionssteuerer-Lehrgang teil.

Weiterbildungsprogramm ausgeweitet

Im Forschungsinstitut selbst werden darüber hinaus seit 1998 für verschiedene Interessengruppen – vom Labormitarbeiter bis hin zum Werksleiter – ein- oder mehrtägige Seminare durchgeführt. Schwerpunkte sind die chemische Analytik, der Immissionsschutz und die Umwelttechnik,

die Verfahrenstechnik der Zementherstellung, die Überwachung der Zementqualität sowie die Grundlagen der Betontechnologie. Zudem werden Seminare für Industriemeister in der Praxis oder junge Betriebsingenieure angeboten, um deren Wissensstand zu vertiefen und aufzufrischen. Inhaltlich werden aktuelle Themen um den Zementherstellungsprozess behandelt.

European Cement Research Academy gegründet

Neben dem bisherigen bewährten Weiterbildungsangebot des VDZ wird zu Beginn des Jahres 2003 die „European Cement Research Academy“ (ECRA) ihre Arbeit aufnehmen. In ihr werden den Teilnehmern Forschungsergebnisse im Sinne eines Zusatzangebotes in Seminaren und Konferenzen vertieft vermittelt. In der Anfangszeit bilden die Forschungserkenntnisse des Forschungsinstituts die Basis für die vertiefte Wissensvermittlung in der Academy. Denn gerade die Erkenntnisse aus der Arbeit des Instituts sind bei Vertretern der Zementindustrie und der Fachöffentlichkeit sehr begehrt, weil sie in der Regel auch einen direkten ökonomischen Nutzen für die Anwender mit sich bringen. Darüber hinaus bietet die Academy den Teilnehmern ausgiebig Gelegenheit zum gegenseitigen Austausch in wichtigen technisch-wissenschaftlichen Fragen.

Die Academy wird eine eigenständige europäische Institution sein. Alle ihre Mitglieder haben die gleichen Rechte und Pflichten. Mitglieder des VDZ sind nicht automatisch Mitglied der Academy. Die Academy wird vielmehr organisatorisch vom VDZ getrennt sein und allen Zementherstellern offen stehen (Bild 2). Das Technical Advisory Board stellt sicher, dass das Academy-Programm interessante Themen von europäischem Interesse umfasst.



Bild 1: Die Schulungsstätte in Düsseldorf-Hassels

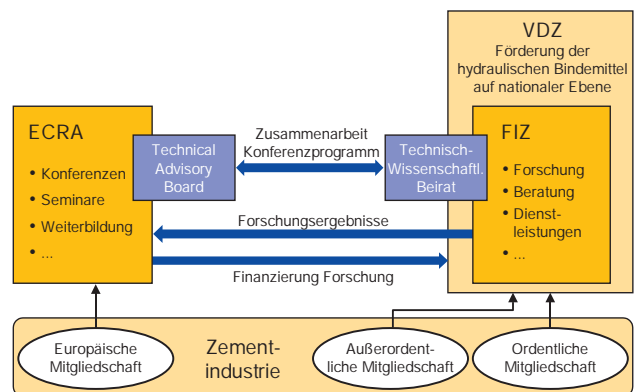


Bild 2: Aufbau der European Cement Research Academy (ECRA) als europäische Forschungsplattform

VDZ hat sich erfolgreich unabhängiger Prüfung unterzogen

Labor-Akkreditierung und Zertifizierung des Managementsystems wurden mit Erfolg abgeschlossen

Anfang Juli 2002 wurden die Laboratorien des Forschungsinstituts erfolgreich akkreditiert. Gleichzeitig konnte das integrierte Managementsystem zertifiziert werden. Nach intensiver Vorbereitung werden nun alle Anforderungen der Normen ISO 9001-2000, ISO 14001, ISO 17025 und EN 45011 erfüllt. Dieser unabhängige, privatrechtliche Nachweis unterstreicht die hohe Zuverlässigkeit, mit der im Institut gearbeitet wird. Im Vordergrund der Zertifizierung stehen höchstmögliche Effizienz und Transparenz der Abläufe im Institut. Das schlanke, EDV-gestützte Managementsystem gewährleistet einen minimalen Verwaltungsaufwand und bietet damit die Grundlage für eine wirkungsvolle Verwendung als Führungsinstrument.

Die Akkreditierung der Laboratorien des Forschungsinstituts war notwendig, damit der VDZ seine Leistungen auch zukünftig im vollen Umfang national und international anbieten kann. Insbesondere wird die Akkreditierung zukünftig als Voraussetzung für die Bekanntgabe des Forschungsinstituts als Umweltmessstelle gefordert werden. Auch eine Produktzertifizierung im europäischen Ausland wird immer mehr an eine erfolgreiche Akkreditierung geknüpft. Um die Abläufe im Institut effizient und schlank zu gestalten, hatte die Geschäftsführung des VDZ ein Managementsystem gefordert, das wirkungsvoll eingesetzt werden kann und nicht in kurzer Zeit zum „Papiertiger“ verkommt. Das nun vorliegende Ergebnis stellt ein hausweites, integriertes Managementsystem dar. Es beruht auf einer „papierlosen“ Datenbank, in der alle Dokumente verwaltet werden. Jeder Mitarbeiter hat über das Intranet von seinem Arbeitsplatz aus jederzeit Zugang zu den für ihn notwendigen Informationen.

Laborakkreditierung

Die ISO 17025 ist die Nachfolgerin der ISO 45001 und stellt den höchsten privatrechtlichen Nachweis der Qualität von Prüflaboratorien dar. Anders als beispielsweise bei der DIN EN ISO 9001 stehen hier weniger System- und Managementaspekte im Vordergrund. Vielmehr liegt der Schwerpunkt auf der Durchführung von Messungen sowie der Nachvollziehbarkeit und Richtigkeit der dabei gewonnenen Messergebnisse.

Wesentlicher Bestandteil der Anforderungen der ISO 17025 sind daher Maßnahmen, die sicherstellen, dass nur geeignete Verfahren verwendet werden und deren korrekte Durchführung sichergestellt ist. Zusätzlich ist beispielsweise durch die Teilnahme an Ringversuchen nachzuweisen, dass die gewonnenen Ergebnisse auch den tatsächlichen Gegebenheiten entsprechen – eine Praxis, die im Forschungs-

institut bereits eine lange Tradition hat.

Insgesamt bürgt die erfolgreiche Akkreditierung der Laboratorien im Forschungsinstitut für eine gute Qualität der Untersuchungsergebnisse.

Produktzertifizierung

Die Überwachungsgemeinschaft des VDZ führt seit etwa 100 Jahren regelmäßige Fremdüberwachungsprüfungen an Zementen durch. Die Überwachung wurde zunächst auf freiwilliger Initiative der Zementindustrie und erst später aufgrund von bauaufsichtlichen Forderungen durchgeführt. Durch Änderungen der Überwachungsnorm in den Jahren 1970 und 1996 wurden die qualitäts-

sichernden Maßnahmen des Herstellers systematisch in die Überwachung einbezogen. Im Jahr 2000 wurde die gesetzliche Anerkennung als Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle auf Bauprodukte nach EG-Bauproduktenrichtlinie erweitert. Auf dieser Basis wurden im April 2001 erstmals EG-Konformitätszertifikate für Zemente ausgegeben. Diese sind europaweit gültig, und der Hersteller kann seine Zemente mit dem europäischen CE-Zeichen kennzeichnen.

In den meisten Ländern der EU besitzt die privatrechtliche Akkreditierung der Zertifizierungsstellen nach EN 45011 einen darüber hinaus gehenden Stellenwert und bildet die maßgebende Grundlage für die Beurteilung der Kompetenz und Unabhängigkeit einer Stelle. In diesen Ländern besteht vielfach auch die Tendenz, zusätzlich zum CE-Zeichen privatrechtliche „Qualitätszeichen“ zu vergeben. Um vergleichbare Grundsätze für die Tätigkeit der Überwachungsgemeinschaft des VDZ zu schaffen, wurde die Überwachungsgemeinschaft des VDZ – ergänzend zu der bestehenden gesetzlichen Anerkennung – nach EN 45011 privatrechtlich akkreditiert.

Bild 1: Papierloses Konzept des integrierten Managementsystems des VDZ/FIZ

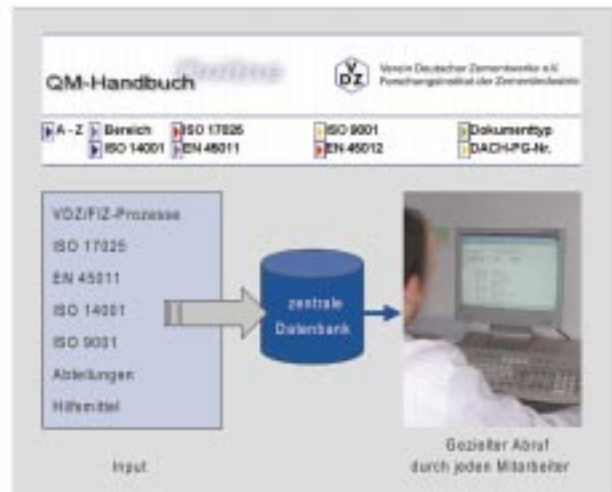


Bild 2: Meilensteine der Produktzertifizierung und -überwachung durch die Überwachungsgemeinschaft des VDZ

CO₂-Selbstverpflichtung auch weiterhin erfolgreich

Die EU-Richtlinie zum Emissionshandel ist für die Zementindustrie derzeit nicht zu akzeptieren

Während in Brüssel und Straßburg über die Einführung eines EU-weiten CO₂-Emissionshandelsystems diskutiert wird, setzt die deutsche Industrie weiterhin auf ihre freiwillige Vereinbarung zum Klimaschutz. Die aktuellen Monitoring-Daten der Zementindustrie zeigen, dass diese nachweislich auf einem guten Weg ist, ihre Verminderungsverpflichtung zu erfüllen.

Bereits im Jahr 1995 ist die deutsche Industrie ihre freiwillige Vereinbarung mit der Bundesregierung eingegangen, in der sie sich zur Verminderung ihres Energieverbrauchs verpflichtet hat. Die deutsche Zementindustrie trug hierzu mit ihrer eigenen Verpflichtung zur Verminderung ihres spezifischen Brennstoffenergieverbrauchs um 20% von 1987 bis 2005 bei. Ende 2000 wurde die Vereinbarung an die internationalen Rahmenbedingungen angepasst und auf CO₂- bzw. Klimagasemissionen umgestellt. In ihrer aktuellen Vereinbarung sagt die Zementindustrie zu, ihre spezifischen energiebedingten

Im Jahr 2001 hat die deutsche Zementindustrie ihren spezifischen Brennstoffenergieverbrauch gegenüber dem Vorjahr von 2835 auf 2790 kJ/kg Zement vermindert. Eine Analyse der Daten zeigt, dass diese Reduzierung auf die verstärkte Herstellung von Zementen mit mehreren Hauptbestandteilen und den gesteigerten Einsatz von Sekundärbrennstoffen zurückzuführen ist. So nahm der durchschnittliche Klinkergehalt im Zement von 81 auf 78% ab. Trotz der deutlich zurückgegangenen Zementproduktion nahm insbesondere die Herstellung von Portlandkalksteinzementen zu, während die Produktion hüttensandhaltiger Zemente marktbedingt leicht zurückging.

Der Einsatz von Sekundärbrennstoffen stieg gegenüber dem Vorjahr von 25,7 auf nunmehr 30,3%.

Da der spezifische elektrische Energiebedarf auf nunmehr 99,8 kWh je t Zement sank, verringerte sich die spezifische energiebedingte CO₂-Emission von 0,263 auf 0,246 t CO₂ je t Zement. Dies entspricht einer Minderung gegenüber dem Basisjahr 1990 um 30%.

Diese Zahlen zeigen, dass die freiwillige Vereinbarung zwischen Industrie und Bundesregierung ein geeignetes Instrument zur Verminderung der industriellen Klimagasemissionen darstellt. Grundlage ist dabei das gemeinschaftliche Vorgehen der Branchen sowie die Flexibilität, Emissionen mit den wirtschaftlichsten Maßnahmen zu vermindern. Die Einführung eines Emissionshandelsystems, so wie es die Europäische Kommission vorgeschlagen hat, wür-

de freiwilligen Maßnahmen jedoch den Boden entziehen. Dies gilt auch unter Berücksichtigung der vom Berichterstatter des europäischen Parlaments eingebrachten aktuellen Änderungsvorschläge (siehe Kasten).

Kompromissvorschläge des Berichterstatters des Europäischen Parlaments

Um den Bedenken einiger Mitgliedsstaaten (u.a. Deutschland, Großbritannien) gegenüber dem Richtlinienentwurf zur Einführung eines EU-Emissionshandelsystems Rechnung zu tragen, hat der Berichterstatter des Europäischen Parlaments da Silva Anfang Juli Kompromissvorschläge vorgelegt. Die erste Lesung im Europäischen Parlament ist für September 2002 geplant.

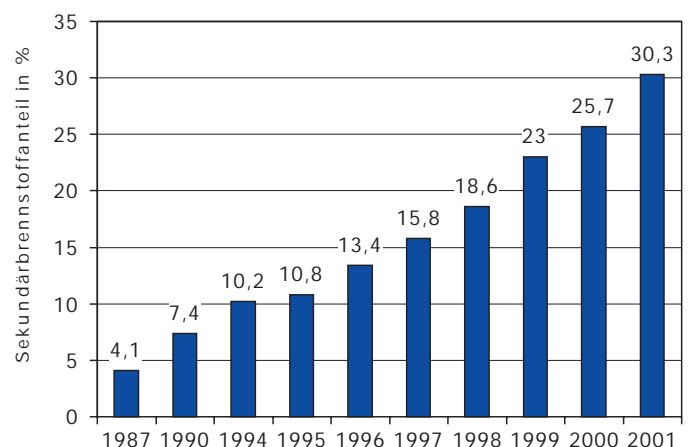
- Befristete Ausnahme von Anlagen vom Emissionshandel bis Ende 2007, wenn diese vergleichbare Minderungsverpflichtungen eingehen
- Möglichkeit der Einbeziehung zusätzlicher Branchen in das Emissionshandelsystem durch die Mitgliedsstaaten („Opt in“)
- Beschränkung der Einbeziehung projektbasierter Emissionsrechte auf den Einsatz erneuerbarer Energien und verbraucherseitiger Effizienzsteigerungsmaßnahmen
- Einbeziehung aller „Kyoto-Gase“, wenn belastbare Emissionsdaten vorliegen
- kostenlose Zuteilung von 85% der Emissionsrechte, Versteigerung der restlichen 15% und kostenneutrale Rückverteilung der Einnahmen

CEMBUREAU-Forderungen zum Emissionshandel:

- Kostenlose Erstzuteilung der Emissionsrechte in allen Handelsperioden
- Keine zusätzlichen Belastungen durch andere Klimaschutzpolitische Instrumente (z.B. CO₂-/Energiesteuer) für Teilnehmer am Emissionshandel
- Möglichkeit der Minderungsverpflichtung auf Basis spezifischer Ziele
- Berücksichtigung der CO₂-Minderung durch den Einsatz von Sekundärbrennstoffen („CO₂-Neutralität“)
- Mitgliedsstaaten sollen die Möglichkeit erhalten, geeignete Maßnahmen zugunsten von Unternehmen/Branchen zu ergreifen, die durch den Emissionshandel im Wettbewerb gefährdet sind („Sicherheitsklausel“)

CO₂-Emissionen im Zeitraum 1990 bis 2012 um 28% zu senken. Wesentliche Maßnahmen zur Umsetzung ihrer Vereinbarung sind die – inzwischen weitgehend abgeschlossene – verfahrenstechnische Optimierung der Ofen- und Mahlanlagen, die Verminderung des Klinkeranteils im Zement durch verstärkte Herstellung von Zementen mit mehreren Hauptbestandteilen sowie der verstärkte Einsatz von Sekundärbrennstoffen.

Der Sekundärbrennstoffeinsatz in der deutschen Zementindustrie konnte im vergangenen Jahr auf ca. 30 % erhöht werden.



Kleinere Mahlkugeln sparen Mahlenergie

Kugelmöhlen in Kombimahlanlagen können feiner gattiert werden

Im Forschungsinstitut wurde an einer halbtechnischen Mahlanlage der Einfluss der Mahlkörpergröße auf den Mahlenergieaufwand und die Korngrößenverteilung bei der Nachmahlung eines Zements untersucht. Es zeigte sich, dass bei Verwendung kleinerer Mahlkörper deutliche Energieeinsparungen möglich sind, jedoch engere Korngrößenverteilungen des Zements entstehen.

Während im Zeitraum von 1960 bis 1987 ein stetiger Anstieg des mittleren spezifischen Elektroenergiebedarfs von 88 auf 111 kWh/t zu verzeichnen war, sank der mittlere Elektroenergiebedarf in Deutschland inzwischen wieder um ca. 10% auf 101 kWh/t. Über 60% des Elektroenergiebedarfs zur Zementherstellung sind durch Zerkleinerungsprozesse verursacht. Die Einsparung von Mahlenergie steht daher seit vielen Jahren im Mittelpunkt des Interesses.

Kugelmöhlen in Kombimahlanlagen

Wegen ihres geringen Mahlenergieaufwands werden zur Zementmahlung häufig Gutbett-Walzenmöhlen eingesetzt. Zemente, die in einem Gutbett-Walzenmöhlen-Sichter-Kreislauf gemahlen wurden, weisen jedoch in der Regel eine engere Korngrößenverteilung und somit einen höheren Wasseranspruch als ein Kugelmöhlzement auf. Deshalb werden in Gutbett-Walzenmöhlen Zemente häufig nur bis auf Feinheiten von 2000 bis 3000 cm³/g vorge-mahlen. Für die Fertigmahlung der Zemente werden nach wie vor Kugelmöhlen verwendet, die sowohl als Durchlaufmöhle als auch im Kreislauf mit einem Sichter betrieben werden. Die nachgeschalteten Kugelmöhlen sind in der Regel mit Mahlkugeln der Größe 25 bis 12 mm gattiert.

Mahlversuche mit unterschiedlichen Mahlkörpergrößen

Als Mahlgut für die Mahlversuche diente ein Klinkermehl aus einem Gutbett-Walzenmöhlen-Sichter-Kreislauf eines deutschen Zementwerks. Das Klinkermehl mit einer Feinheit von 2450 cm³/g wurde mit Mahlhilfsmittel vermischt und in einer halbtechnischen Durchlaufkugelmöhle mit den Abmessungen 0,4 m x 1,2 m weiter aufgemahlen. Als Mahlkörper wurden sowohl Kugeln als auch Cylpebs verwendet, dabei wurden sowohl monodisperse als auch polydisperse Kugelfüllungen untersucht. Bei den Mahlkugeln wurden Kugelgrößen von 6, 8, 10, 13, 15 und 20 mm eingesetzt. Da die derzeit kleinsten industriell hergestellten

Mahlkugeln einen Durchmesser von 12 mm haben, wurden als Mahlkugeln mit den Größen 6, 8 und 10 mm Ausschusskugeln aus der Kugellagerproduktion eingesetzt. Um den Einfluss der Rundheit und Oberflächengüte der Mahlkörper zu untersuchen, wurden die Mahlversuche bei den 13 mm-Kugeln sowohl mit neuen, gegossenen Mahlkugeln als auch mit Kugellagerkugeln durchgeführt. Die Mahlkörpermasse war bei allen Mahlversuchen gleich, so dass sich auch die Leistungsaufnahme der Möhle nicht wesentlich unterschied. Bei jeder Mahlkörperfüllung wurde die Durchlaufmöhle mit Aufgabemassenströmen von 45, 35, 25 und 15 kg/h betrieben. Im stationären Zustand der Mahlanlage wurden jeweils die massebezogene Oberfläche und die Korngrößenverteilung ermittelt.

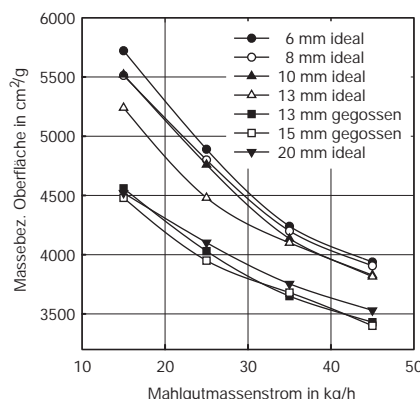


Bild 1: Massebezogene Oberfläche bei Nachmahlung eines Klinkermehls in einer Kugelmöhle mit unterschiedlichen monodispersen Mahlkugeln

In Bild 1 sind die Ergebnisse der Mahlversuche mit monodispersen Mahlkugeln dargestellt. Wie aus dem Bild hervorgeht, wurden mit den kleinsten Kugeln die höchsten massebezogenen Oberflächen erreicht. Bei Verwendung von Mahlkugeln mit einem Durchmesser von 20 mm beträgt die Durchsatzleistung der Mahlanlage bei einer Zielfeinheit von 4500 cm³/g ca. 15 kg/h und der Mahlenergieaufwand 47 kWh/t. Bei Verwendung von 13 mm-Kugeln kann ein Durchsatz von 25 kg/h erreicht werden, dabei beträgt der Arbeitsbedarf für die Nachmahlung

nur noch 30 kWh/t. Ist die Möhle hingegen mit 8 mm-Kugeln befüllt, ließe sich sogar eine Durchsatzleistung von ca. 30 kg/h bei einem Arbeitsaufwand von nur 18 kWh/t erreichen. Diese Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf ideal runde Kugeln.

Die Untersuchungen mit 13 mm-Kugeln ergaben außerdem, dass mit den ideal runden Mahlkugeln bessere Mahlergebnisse erreicht wurden als mit den gegossenen Kugeln, die aufgrund ihrer kurzen Einsatzdauer herstellbedingt noch einen Grat am Kugelumfang und einen Gießnippel aufwiesen. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass diese Kugeln bei längerer Einsatzzeit rund geschliffen werden und sich dann wie Kugellagerkugeln verhalten.

Mit polydispersen Kugelfüllungen wurden im Vergleich zu monodispersen Kugelfüllungen des gleichen mittleren Kugeldurchmessers etwas bessere Mahlergebnisse erzielt. Dagegen führten die Mahlversuche mit Cylpebsfüllungen zu deutlich schlechteren Ergebnissen als mit Kugelfüllungen vergleichbarer mittlerer Durchmesser.

Einfluss auf die Korngrößenverteilung

In Bild 2 sind die Steigungsmaße der Korngrößenverteilungen der gemahlenen Klinkermehle für die mono-

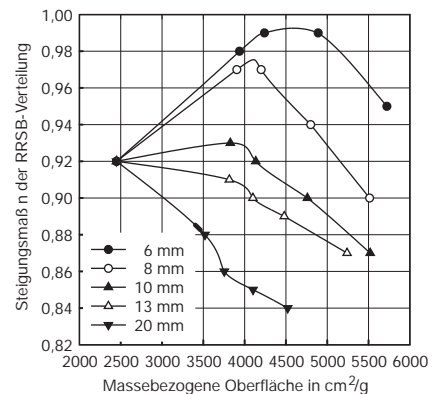


Bild 2: Steigungsmaß der Korngrößenverteilung bei Nachmahlung eines Klinkermehls in einer Kugelmöhle mit unterschiedlichen monodispersen Kugeln

dispersen Kugelfüllungen dargestellt. Wie aus dem Bild hervorgeht, verringerte sich das Steigungsmaß der Korngrößenverteilung des Zements bei der Nachmahlung in der Kugelmöhle, wenn relativ große Mahlkugeln eingesetzt wurden. Bei Verwendung kleinerer Mahlkugeln entstanden hingegen engere Korngrößenverteilungen des Zements, was einen erhöhten Wasseranspruch zur Folge hatte.

Forschung: Marktorientierte CEM II-Zemente

Dreistoffsysteme im Test – Kalkreiche Flugaschen mit Problemen

Die Zementindustrie hat sich verpflichtet, durch Minderung des CO₂-Ausstoßes einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Dabei kommt Zementen mit mehreren Hauptbestandteilen eine besondere Bedeutung zu. Diese werden als Portlandkompositzemente im Forschungsinstitut intensiv untersucht. Zemente, die gleichzeitig Hüttensand und Kalkstein enthalten, erscheinen mit Blick auf die Festigkeitsentwicklung und die Dauerhaftigkeit von Beton erfolgversprechend. Kalkreiche Flugaschen sind nur bedingt geeignet.

In den Jahren 1996 bis 2000 konnte der Anteil der Zemente mit mehreren Hauptbestandteilen im deutschen Inlandsversand deutlich erhöht werden. Die Selbstverpflichtung der deutschen Zementindustrie den CO₂-Ausstoß zu vermindern macht es erforderlich, den Marktanteil dieser Zementarten weiter zu erhöhen.

Normative Voraussetzungen

CEM II-Zemente sind in der europäischen Zementnorm EN 197-1 als Portlandkompositzemente genormt. In Deutschland sind hiervon aufgrund der Rohstoffbedingungen insbesondere Portlandkalksteinzemente mit Kalksteingehalten bis 35 M.-% (CEM II/B-LL) und Portlandkompositzemente mit bis zu 35 M.-% Hüttensand und Kalkstein (CEM II/B-M (S-LL)) von Interesse. Darüber hinaus könnten z.B. auch kalkreiche Flugaschen als Hauptbestandteil verwendet werden. Da diese genannten Zemente bisher in Deutschland nicht hergestellt wurden, liegen keine Erfahrungen mit ihrer Anwendung vor. In den deutschen Anwendungsregeln zur europäischen Betonnorm EN 206-1 musste daher für diese Zemente die Anwendung für frostbeanspruchte und chloridbeaufschlagte Bauteile zunächst ausgeschlossen werden. Nicht einsetzbar sind diese Zemente bisher außerdem – auch ohne Frost oder Chloridbeaufschlagung – in mäßig feuchten Stahlbetonbauteilen und Bauteilen, die zyklisch durchfeuchtet werden. Für diese Anwendungen konnte das Risiko der carbonatisierungsinduzierten Bewehrungskorrosion bislang nicht abschließend beurteilt werden.

Aufgabenstellung

Bei der Herstellung dieser Zemente müssen Anteil und Granulometrie der Komponenten auf ihre Reaktivität abgestimmt werden. Dabei können die Hauptbestandteile gemeinsam vermahlen oder getrennt gemahlen und anschließend gemischt werden. Beide Wege können zielführend sein. In jedem Fall sind stoffliche und verfahrenstechnische Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Der Festigkeitsentwicklung der Zemente kommt eine besondere Bedeutung zu. Darüber hinaus müssen Fragen der carbonatisierungs- und der chloridinduzierten Be-

wehrungskorrosion sowie des Frost- und Frost-Tausalz-Widerstands geklärt sein. Bei Verwendung kalkreicher Flugaschen sind außerdem die Fragen nach ihrer Gleichmäßigkeit und Raumbeständigkeit von zentraler Bedeutung.

Hüttensand / Kalkstein

Auf der Grundlage vorliegender Erfahrungen zeigen Betone, die mit Portlandkompositzementen CEM II/B-LL und CEM II/B-M (S-LL) mit bis zu 25 M.-% Kalkstein hergestellt werden, für praxisübliche Herstellverfahren eine ausreichend schnelle Festigkeitsentwicklung. Auch verfügen Betone mit solchen Zementen voraussichtlich über einen ausreichenden Schutz gegen carbonatisierungs- und chloridinduzierte Korrosion von Stahl im Beton sowie über einen unter den hiesigen Klimabedingungen ausreichenden Frostwiderstand von Außenbauteilen des Hochbaus. Im Forschungsinstitut der Zementindustrie werden diese Annahmen unter Berücksichtigung von Zementen mit Kalksteingehalten > 25 M.-% überprüft. Erste Ergebnisse für Zemente mit einem Kalksteingehalt von 30 M.-% zeigt Bild 1.

Klinker und Kalkstein wurden getrennt gemahlen und anschließend gemischt. Die Feinheit des Klinkers wurde zwischen 3000 und 4000 cm²/g nach Blaine variiert. Der Kalkstein wurde auf eine Feinheit von 6000 cm²/g aufgemahlen. Die mechanischen Anforderungen der EN 197-1 für Zemente der Festigkeitsklasse 32,5 wurden eingehalten, das Festigkeitsniveau entsprach jedoch unter den gegebenen Rand-

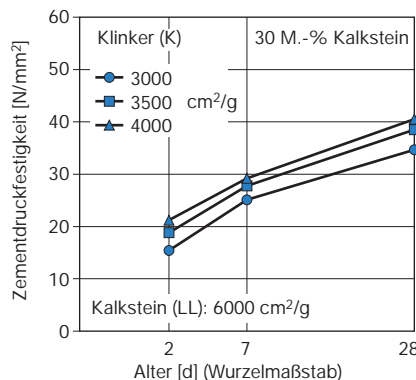


Bild 1: Zementdruckfestigkeiten von Portlandkalksteinzementen CEM II/B-LL mit einem Kalksteingehalt von 30 M.-%

bedingungen nicht den heute marktüblichen Ansprüchen in Deutschland. Es wird erforderlich sein, die Klinker-Komponente feiner aufzumahlen.

Kalkreiche Flugasche

Deutsche Braunkohlenflugaschen fallen aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung in die Kategorie der kalkreichen Flugaschen. Die bisher im Forschungsinstitut durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, dass die Anforderungen der EN 197-1 von den untersuchten Flugaschen aus dem rheinischen und dem Lausitzer Kohlerevier nicht in allen Fällen erreicht werden. Zudem beeinträchtigt die bekanntermaßen geringe Gleichmäßigkeit der Aschen ihre Verwendbarkeit als Zementhauptbestandteil. Eine Möglichkeit zur Anhebung der Festigkeit BFA-haltiger Zemente bietet die Zerkleinerung der BFA entweder durch gemeinsames Mahlen mit Klinker und Sulfat-träger oder durch getrenntes Mahlen und anschließendes Mischen. Allerdings ließen sich nur bei Aschegehalten bis etwa 10 M.-% Festigkeitsverläufe erzielen, die denen von Portlandzementen nahe kommen. Hierfür mussten die jeweiligen Aschen auf sehr hohe Feinheiten separat aufgemahlen werden.

Eine Einschränkung der Verwendung mancher Braunkohlenflugaschen ist durch die mangelnde Raumbeständigkeit der mit ihnen hergestellten Mörtel gegeben. BFA-Zemente aus Flugaschen mit hohen Freikalk- und Periklasgehalten (z.B. BFA R1), die den Kochversuch nach EN 196-3 bestehen, können erhebliche Dehnungen bei der Autoklav-Prüfung nach ASTM C 151 entwickeln (Bild 2).

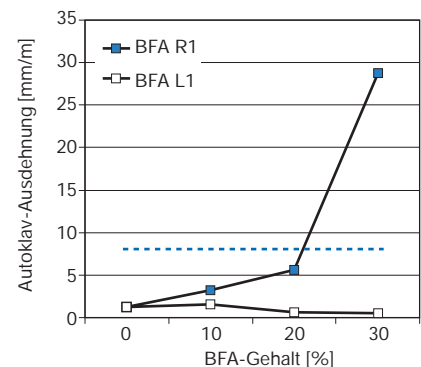


Bild 2: Unterschiedliches Dehnungsverhalten BFA-haltiger Zemente bei Test nach ASTM C 151

Die in der amerikanischen Norm festgelegte Grenze von 8 mm/m wurde von dem Zement mit 30% rheinischer Braunkohlenflugasche überschritten. Darüber hinaus ergaben Längenänderungsmessungen an Mörtelprismen mit BFA-Zementen nach Wasserlagerung Dehnungen, die zum Teil erheblich über derjenigen des Referenzmörtels mit Portlandzement lagen.

Sulfatwiderstand bei tiefer Temperatur im Labor untersucht

Mögliche Folgerungen für die Praxis müssen in weiterführenden Untersuchungen geklärt werden

Über 80 Fälle einer schädigenden Thaumasisbildung in Großbritannien veranlassten das FIZ vor zwei Jahren, ein umfassendes Forschungsprogramm durchzuführen. Die Ergebnisse attestieren den genormten HS-Zementen nach DIN 1164 auch bei tiefen Temperaturen einen hohen Sulfatwiderstand. Der Sulfatwiderstand von Zement-Flugasche-Gemischen konnte unter den gewählten Versuchsbedingungen nur bei der Standardprüftemperatur bestätigt werden, nicht jedoch bei tieferen Temperaturen. Die Ursachen dafür und mögliche Folgerungen für die Praxis müssen in weiterführenden Untersuchungen geklärt werden.

Alarmiert durch die in den 90er Jahren in England festgestellten Thaumasischäden an Betonbauwerken fanden während der letzten Jahre vielerorts Labor- und Felduntersuchungen statt. Auch im FIZ wurden in einem von der AiF geförderten Forschungsvorhaben mögliche Ursachen und Voraussetzungen für eine schädigende Thaumasisbildung näher untersucht (siehe VDZ-Mitt. 109). Das Forschungsvorhaben ist mittlerweile abgeschlossen, und die Ergebnisse wurden im Juni auf der „First International Conference on Thaumasisite in Cementitious Materials“ in Watford, England, vorgestellt (siehe Kasten).

Sulfatwiderstand

Im ersten Teil der Untersuchungen wurde der Sulfatwiderstand von genormten HS-Zementen und Zement-Flugasche-Gemischen bei tiefer Temperatur bestimmt. Dazu wurden Mörtelprismen, gemäß dem Wittekindt-Verfahren hergestellt, in Natriumsulfatlösung gelagert und Dehnungsmessungen durchgeführt. Abweichend vom üblichen Verfahren wurden die Prüfkörper jedoch bei 8 °C und nicht bei 20 °C einem Sulfatangriff ausgesetzt. Die geprüften HS-Portland- und HS-Hochfenzemente zeigten auch unter diesen Bedingungen einen hohen Sulfatwiderstand. Die Prüfkörper der Zement-Flugasche-Gemische zeigten hingegen bei 8 °C deutlich höhere Dehnungen als bei 20 °C und zugleich höhere Dehnungen als die Vergleichsprüfkörper aus den reinen Zementen (Bild 1). Auch bei einem

Austausch von Zement durch Flugasche mit einem Anrechnungsfaktor von $k = 0,4$ konnte den flugaschehaltigen Gemischen kein hoher Sulfatwiderstand attestiert werden. Eine den Sulfatwiderstand verbessernde Wirkung zeigten die Flugaschen lediglich in Versuchsreihen mit niedriger Sulfatkonzentration (1500 mg/l). Im Vergleich mit den reinen Zementen verringerten sich die Dehnungen der Prüfkörper mit steigendem Flugascheanteil.

Thaumasis

Thaumasis ist im Vergleich zu Ettringit keine treibende, sondern eine den Zementstein entfestigende Sekundärphase. Zur Bildung von Thaumasis wird neben einem Sulfatangriff bei tiefer Temperatur auch die Gegenwart von Carbonat und reaktiver Kieselsäure benötigt. Im zweiten Teil des Forschungsprogramms wurden daher die stofflichen Voraussetzungen für eine Thaumasisbildung systematisch untersucht. Carbonat wurde in Form verschiedener Kalksteinmehle zusammen mit Zement in Mörtelversuchen sowie in Form von Kalksteinsplitt als Zuschlag in Betonversuchen eingesetzt. Unabhängig vom eingesetzten Kalkstein bildete sich in vielen Prüfkörpern neben sekundärem Ettringit infolge Sulfatangriffs nach etwa einem halben Jahr auch Thaumasis (Bild 2). Das zur Thaumasisbildung benötigte Silicat entstammte hierbei den Calciumsilicathydraten des Zementsteins. Es kam in den geschädigten Bereichen zu einer vollständigen Entfestigung des Gefüges.

Folgerungen

Die Untersuchungen belegen den hohen Sulfatwiderstand von HS-Zementen nach DIN 1164 unter den Prüfbedingungen bei 20 °C und bei tieferen Temperaturen. HS-Zemente eignen sich also auch weiterhin für Bauwerke, die einem möglichen Sulfatangriff (Expositionsklasse XA1 bis XA3 nach DIN EN 206-1) bei Temperaturen unter 15 °C ausgesetzt sind.



Bild 2: Bild eines geschädigten Betonprüfkörpers (Normprisma) aus Portlandzement mit Kalksteinsplitt als Zuschlag nach 400 Tagen Lagerung in sulfathaltiger Lösung (29800 mg SO₄/l) bei 8 °C

Am FIZ werden in Abstimmung mit den Flugascheherzeugern weiterführende Untersuchungen aufgenommen.

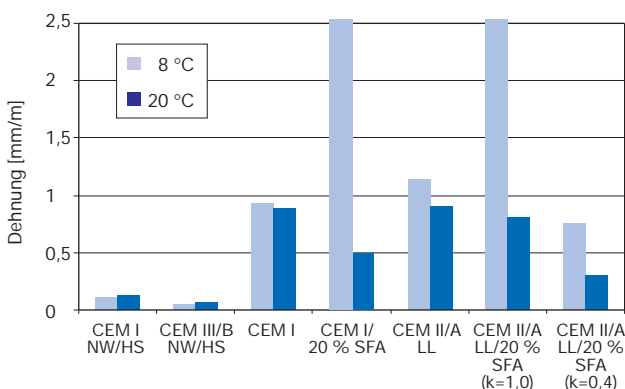


Bild 1: Dehnungsmessungen verschiedener Zemente und Zement-Flugasche-Gemische nach 56 Tagen Lagerung in Natriumsulfatlösung (29 800 mg Sulfat/l) bei 8 °C und bei 20 °C

Erste Thaumasis-Konferenz

Vom 19. bis 21. Juni 2002 fand in Watford, England, die „Erste Internationale Konferenz zu Thaumasis in zementhaltigen Materialien“ statt. Bei intensivem und offenem Fachaustausch verfolgten rund 120 Teilnehmer aus 16 Ländern insgesamt 61 Vorträge. Diese beschäftigten sich überwiegend mit den in England vorgefundenen Schadensfällen. Aber auch aus den USA, Kanada, Südafrika, Skandinavien, der Schweiz und Deutschland wurden Praxisfälle vorgestellt. In keinem der beschriebenen Fälle war mit einem offensichtlichen Sulfatangriff gerechnet worden.

Zahlreiche Vorträge berichteten von umfangreichen Laboruntersuchungen zu den Grundlagen der Thaumasisbildung. In einigen dieser Beiträge wurde selbst bei den untersuchten CEM I-HS Zementen langfristig eine schädigende Thaumasisbildung festgestellt, wenn carbonathaltiger Zuschlag bei der Betonherstellung verwendet wurde. In Großbritannien haben die bisherigen Erkenntnisse zur Thaumasisbildung im neuen „BRE Special Digest 1“ Eingang gefunden und werden ab 2003 auch in der BS EN 206-1 berücksichtigt.

AKR-Forschung – langjähriger Schwerpunkt der VDZ-Arbeit

Zahlreiche Ergebnisse aus der Forschungsarbeit flossen in nationale Richtlinien und Normen ein

Die Forschung auf dem Gebiet der schädigenden Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) wurde in Deutschland maßgeblich durch das Forschungsinstitut der Zementindustrie (FIZ) mitbestimmt. Zahlreiche Untersuchungsergebnisse der letzten 35 Jahre gingen in die nationalen Regelwerke zur Vermeidung von Schäden infolge einer AKR ein. Zur Zeit beteiligt sich das FIZ an einem europäischen Vorhaben.

Bei einer AKR reagiert in Gegenwart von Feuchtigkeit reaktive Kieselsäure der Gesteinskörnung mit dem Alkalihydroxid der Porenlösung des Betons zu einem quellfähigen Alkalisilicat. Unter ungünstigen Bedingungen kann es dadurch zur Schädigung des Betons kommen.

Meilensteine der AKR-Forschung

Bis 1968 hielt man europaweit solche Schäden nur in Dänemark und England für möglich. Schäden an der Lachwehrbrücke wiesen jedoch darauf hin, dass auch in Deutschland eine schädigende AKR möglich ist. Unter Federführung des FIZ wurden

daraufhin Verfahren zur Überprüfung der Alkaliempfindlichkeit der norddeutschen Gesteinskörnungen entwickelt, die Opalsandstein und Flint enthielten. Nahezu gleichzeitig konnten Anforderungen an Zemente mit niedrigem wirksamem Alkaligehalt, sogenannte NA-Zemente, festgelegt und 1974 zusammen mit den Prüfverfahren in den ersten Entwurf der Alkali-Richtlinie aufgenommen werden.

Nach der Wiedervereinigung Deutschlands wurden Schäden mit weiteren Gesteinskörnungen, wie z.B. Grauwacke, bekannt. Neue Forschungsergebnisse führten 1997 zur Aufnahme der präkambrischen Grauwacke aus dem südlichen Bereich der neuen Bundesländer in die Alkali-Richtlinie sowie 1999 zur Erweiterung der Palette der NA-Zemente in der DIN 1164.

Gesamtalkaligehalt auf dem Prüfstand

Für schädigende AKR ist wirksamer Alkaligehalt ausschlaggebend

Für die Auslösung einer schädigenden AKR ist nicht der Gesamtalkaligehalt eines Zements, sondern der durch ihn bedingte wirksame Alkalianteil in der Porenlösung des Betons entscheidend. Zur Entwicklung weiterer Zemente mit NA-Eigenschaften wird daher der Einfluss von Zementhauptbestandteilen auf den wirksamen Alkaligehalt erforscht.

Umfangreiche Untersuchungen des Forschungsinstituts trugen dazu bei, dass 1999 die Palette der in DIN 1164 genormten NA-Zemente um die Zemente CEM II/B-S mit einem Gesamtalkaligehalt $\leq 0,70$ M.-% $\text{Na}_2\text{O}_{\text{Äqu}}$ und CEM III/A mit Hüttensandgehalten ≤ 49 M.-% und einem $\text{Na}_2\text{O}_{\text{Äqu}} \leq 0,95$ M.-% erweitert wurde. Diese anhand von Betonversuchen ermittelten Grenzwerte liegen auf der sicheren Seite.

Es ist bekannt, dass der wirksame Alkaligehalt hüttensandhaltiger Zemente auch bei gleichem Gesamtalkaligehalt geringer ist als der von Portlandzementen. Um zu ermitteln, in welcher Weise Hüttensand den wirksamen Alkaligehalt beeinflusst, wurden die Porenlösungen von Betonen analysiert (Bild 1).

Links im Bild ist die Kaliumkonzentration eines CEM I im Vergleich mit Zementen, bei denen 20 bzw.

40 M.-% des Portlandzements gegen Hüttensand ausgetauscht wurden, dargestellt. Die Konzentration der Porenlösung sinkt proportional zum Hüttensandanteil. Wie aus dem rechten Teil des Bildes hervorgeht, ist die Abnahme der Konzentration dabei nahezu unabhängig vom Alkaligehalt des verwendeten Hüttensands.

Die Ergebnisse zeigen, dass der wirksame Alkaligehalt hüttensandhaltiger Zemente fast ausschließlich durch den Portlandzementanteil beeinflusst wird. Obwohl der Gesamtalkaligehalt hüttensandhaltiger Zemente kein Maß für den wirksamen Alkaligehalt darstellt, hat er sich über viele Jahre als NA-Kriterium bewährt. Es ist Gegenstand der laufenden Untersuchungen, inwiefern der wirksame Alkaligehalt zukünftig mit in die Bewertung einbezogen werden kann.

Aktuelle Fragestellungen

Europaweit existieren weitere Regelungen und Prüfverfahren, um eine schädigende AKR zu vermeiden. Um zukünftig die Alkaliempfindlichkeit von Gesteinskörnungen einheitlich



Bild 1: Praxisnahe Lagerung von Betonprobekörpern im Außenlager

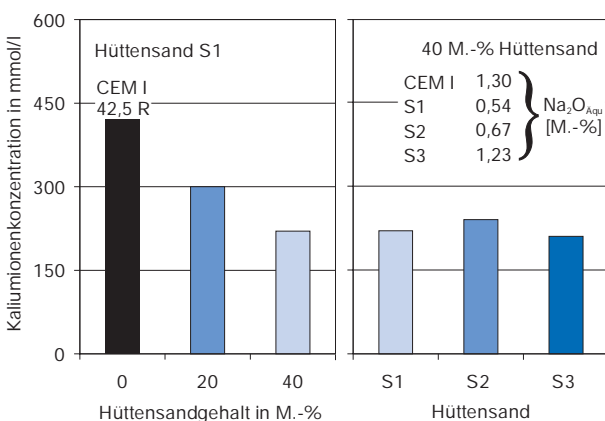


Bild 1: Einfluss von Hüttensand auf die Kaliumkonzentration der Porenlösung von Beton mit alkaliempfindlicher Gesteinskörnung (Alter: 28d)

beurteilen zu können, wurde 2002 ein EU-gefördertes Projekt initiiert, in dem alkaliempfindliche Gesteinskörnungen aus ganz Europa charakterisiert und katalogisiert werden sollen. Das FIZ ist dabei vor allem an Auslagerungsversuchen (siehe Bild) beteiligt, um Laborergebnisse praxisnah zu überprüfen.

Des Weiteren wird im FIZ die Entwicklung neuer NA-Zemente vorangetrieben. Derzeit werden dazu vor allem Grundlagenuntersuchungen zur Minderung des wirksamen Alkaligehalts in der Porenlösung des Betons durchgeführt.

Nachhaltigkeit in der deutschen Zementindustrie

Die Sozialpartner führen den Prozess der nachhaltigen Entwicklung durch konkrete Projekte fort

Die vor 15 Jahren durch die Weltkommission für Umwelt und Entwicklung beschriebene nachhaltige Entwicklung gewinnt für alle Wirtschaftsbereiche zunehmend an Bedeutung. Neben der Arbeit des World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) haben in Deutschland die Sozialpartner für die Zementindustrie dieses Leitbild konkretisiert. Darauf aufbauend werden in einer Nachhaltigkeitsinitiative weitere Projekte vorbereitet.

Eine nachhaltige Entwicklung soll den Bedürfnissen der heutigen Generation entsprechen ohne die Möglichkeit künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen. Um dieses Leitbild in konkrete Schritte umzusetzen, müssen alle Akteure in Wirtschaft und Gesellschaft die Situation und die eigenen Handlungsmöglichkeiten genau analysieren.

Ökoeffizienz

Unternehmen können zur nachhaltigen Entwicklung insbesondere durch eine Steigerung der Ökoeffizienz beitragen. Dies bedeutet die Bereitstellung eines „Mehr“ an wettbewerbsfähigen Gütern und Dienstleistungen bei zugleich geringeren Umweltwirkungen. Das World Business Council for Sustainable Development will die so definierte Ökoeffizienz fördern. In der Studie „Toward a Sustainable Cement Industry“ werden u.a. Maßnahmen und Möglichkeiten beschrieben, die diesem Ziel dienen. Teilprojekte, die dies unterstützen, sind beispielsweise den Themen „Ökobilanz“ oder „Innovation“ gewidmet.

Die soziale Dimension

Durch das WBCSD, aber insbesondere auch in der deutschen Zementindustrie werden zusätzlich zu der wirtschaftlichen und der ökologischen Dimension soziale Aspekte betrachtet. In einer Dokumentation „Nachhaltigkeit und Zementindustrie“ haben Arbeitgeber und Gewerkschaften gemeinsam auch Themen wie Qualifizierung der Arbeitnehmer oder Arbeitssicherheit in den Rahmen einer nachhaltigen Entwicklung gestellt.

Das kostengünstige Bauen mit Beton, das den Erwerb von Wohneigentum unterstützt, wird ebenfalls als soziales Thema angesprochen. Wirtschaftliche, ökologische und soziale Bedürfnisse sollen in gleichem Maße in die nachhaltige Entwicklung integriert und zu einem Ausgleich geführt werden.

Nachhaltigkeit als Prozess

Die Sozialpartner verstehen Nachhaltigkeit als einen Such- und Lernprozess, der durch Investitionen und Innovationen schrittweise vorangebracht wird. Dabei ist die gesamte Wertschöpfungskette von der Rohstoffgewinnung über die Zementproduktion, die Betonherstellung und die Anwendung zementgebundener Baustoffe bis hin zum Betonrecycling zu betrachten. Oft können erst durch eine solche umfassende Betrachtung im Ganzen sinnvolle Lösungen gefunden sowie faktische oder vermeintliche Widersprüche aufgelöst werden.

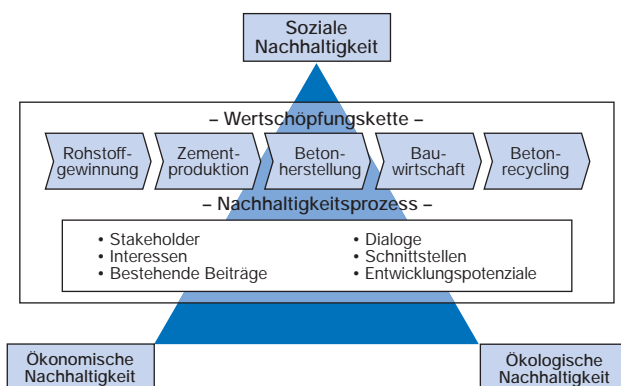
Vorhandene Beispiele ermutigen

In der Dokumentation „Nachhaltigkeit und Zementindustrie“ werden alle für die Zementindustrie relevanten Aspekte der nachhaltigen Entwicklung aufgegriffen und der Sachstand festgestellt. Dabei lassen sich schon heute in allen Phasen der Wertschöpfungskette viele Beispiele für Fortschritte im Prozess zu einem „Mehr“ an Nachhaltigkeit finden. So wird zwar durch die Rohstoffgewinnung in den Abbaustätten der Zementindustrie der Naturraum stark beansprucht, doch lässt sich schon im Betrieb eines Steinbruchs der Lebens-

raum für zahlreiche Pflanzen und Tiere positiv beeinflussen. Zudem ist der Abbau eine Nutzung auf Zeit, auf die in Deutschland auf über 50% der Fläche Naturschutz als Nutzung folgt. Die Emissionen bei der Zementproduktion wurden in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich gesenkt, und der Brennstoffenergiebedarf für die Klinkerherstellung liegt schon heute nahe am verfahrenstechnischen Optimum. Die Unfallhäufigkeit in den deutschen Zementwerken ist in den letzten 30 Jahren um zwei Drittel gesunken. Durch die Entwicklung von neuen Hochleistungsbetonen eröffnen sich neue Möglichkeiten zur Steigerung der Ökoeffizienz. Dazu tragen auch die in Deutschland in den letzten Jahren erweiterten Möglichkeiten des Betonrecyclings bei. In der Dokumentation wird auch die hohe Leistungsfähigkeit von Beton dargestellt, die sowohl für den Hochbau als auch bei Infrastrukturmaßnahmen der Bauaufgabe angepasste, dauerhafte und umweltschonende Lösungen bietet.

Nachhaltigkeitsinitiative

Anknüpfend an die Dokumentation haben die Sozialpartner die Durchführung einer Initiative für nachhaltige Entwicklung in der deutschen Zementindustrie beschlossen. Die Initiative soll neben einer weiteren Verankerung des Leitbildes in den Unternehmen und Organisationen der deutschen Zementindustrie der Verstärkung des Dialogs mit wichtigen Ansprechpartnern außerhalb der Branche dienen. Zudem sollen Projekte durchgeführt werden, in denen ökologische, ökonomische und soziale Aspekte verzahnt werden. Neben der Schaffung von Informations- und Ausbildungstools für die Mitarbeiter in den Unternehmen beziehen sich diese Projekte auf die Erprobung innovativer Ansätze beim Naturschutz- und Rohstoffmanagement, auf den Einsatz sekundärer und ggf. auch nachwachsender 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 Klimaschutz und zur Sicherung nachhaltiger Mobilität Handlungsfelder, die auch für externe Stakeholder von erheblichem Interesse sind. So sollen konkrete Anstöße für den weiteren Prozess der nachhaltigen Entwicklung gegeben werden.



Integration der drei Nachhaltigkeitsdimensionen durch Betrachtung entlang der Wertschöpfungskette

Aktuelle Veröffentlichungen aus dem FIZ

Knapp die Hälfte des dem Forschungsinstitut zur Verfügung stehenden Budgets wird für die Durchführung von Forschungsarbeiten genutzt. Planung und Begleitung dieser Arbeiten erfolgt in enger Abstimmung mit den Mitgliedsunternehmen des VDZ. Im Folgenden werden einige wichtige Veröffentlichungen des letzten Jahres vorgestellt, die über das Internet unter www.vdz-online.de angefragt werden können.

Modelle zum Klinkerbrennprozess

In 5 Veröffentlichungen stellt G. Locher ein umfassendes mathematisches Modell vor, mit dem Änderungen an einer Drehofenanlage vorab rechnerisch untersucht werden. Ziel der Arbeit ist die Verbesserung der Betriebsweise im Hinblick auf Energieeinsparung und Umweltschutz. Das Modell berücksichtigt sowohl stoffliche als auch verfahrens- und anlagentechnische Vorgänge in Vorwärmer, Calcinator, Ofen und Kühler.

Chromatarme Zemente für einen verbesserten Arbeitsschutz

In einem Übersichtsbeitrag wird von M. Schneider und K. Lipus die in Deutschland vereinbarte Branchenregelung vorgestellt, und es werden Fragen zur Chromatreduzierung und zur Chromatanalytik beantwortet.

Selbstverpflichtung der deutschen Zementindustrie zur Klimavorsorge

V. Hoenig und M. Schneider erläutern die Selbstverpflichtung der deutschen Zementindustrie zur Klimavorsorge. Sie gehen ferner auf die Auswirkungen ein, die sich für die Zementindustrie aus der von der EU-Kommission vorgeschlagenen Richtlinie für ein Emissionshandelssystem ergeben.

Möglichkeiten und Grenzen der NO_x-Minderung in der Zementindustrie

V. Hoenig, H. Hoppe und N. Bodendiek beschreiben die in Deutschland gültigen gesetzlichen Anforderungen an die NO_x-Minderung sowie den Stand der verfahrenstechnischen Maßnahmen zur Erfüllung dieser Anforderungen.

Umsetzung der organischen Bestandteile des Rohmaterials beim Klinkerbrennprozess

In einer Dissertation, die U. Zunzer anfertigte, wird das Verhalten organischer Bestandteile beim Klinkerbrennprozess untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass von bis zu 3% des TOC die organischen Verbindungen nach der thermischen Zersetzung bei Anwesenheit von Sauerstoff als leichtflüchtige organische Verbindungen freigesetzt werden. Maximal 26% des TOC werden als Restkoks bei Temperaturen unter 700 °C zu Kohlenmonoxid und der verbleibende Anteil zu Kohlendioxid

oxidiert. Eine Verminderung der organischen bzw. CO-Emissionen durch primäre Maßnahmen ist nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich.

Beiträge zum DAfStb-Forschungskolloquium am 11./12.07.2002

Die Beiträge umfassen Berichte über Arbeiten der Abteilungen Betontechnik und Zementchemie. In zwei Beiträgen wird von Chr. Schneider über Untersuchungen zur Charakterisierung von Zementhauptbestandteilen und von Ch. Müller zur Steigerung der Leistungsfähigkeit von Portlandkompositementen berichtet. Regeln zur Dispergierung von Silicastaub bei der Mörtelherstellung werden von V. Marchuk beschrieben. Über Schwinden, Hydratationswärme- und Festigkeitsentwicklung von hochfesten Betonen sowie das Verhalten solcher Betone unter Zwang infolge Temperatur und Schwinden berichtet M.T. Alonso. Der Beurteilung des Frostwiderstands hochfester Betone durch innere und äußere Schädigung widmet V. Feldrappe seinen Beitrag. Betontechnologische Möglichkeiten zur Verbesserung des Säurewiderstands von Rohbetonen werden durch W. Breit dargestellt. E. Schäfer berichtet über Untersuchungen zur Alkalibindung durch Zementbestandteile, J. Bokern über Maßnahmen zur Vermeidung schädigender AKR in Beton. J. Rickert berichtet über Untersuchungen zu den Wirkungsmechanismen von Verzögerern, S. Kordts über Einflüsse der Ausgangsstoffe und der Zusammensetzung auf die Verarbeitungseigenschaften von selbstverdichtenden Betonen. K. Lipus analysiert den Einfluss der Temperatur auf den Sulfatwiderstand unterschiedlich zusammengesetzter Betone, und P. Boos untersucht die Hydrolysebeständigkeit von Beschichtungs-mörteln. Entwicklungen lärmarmer dauerhafter Betonfahrbahndecken werden von E. Eickschen beschrieben. G. Spanka stellt den Sachstand zur Emission von Spurenelementen aus Beton dar, und B. Hauer zeigt, mit welchen Maßnahmen die Nachhaltigkeit beim Bauen mit Beton verbessert werden kann.

Herstellung dauerhafter zementgebundener Oberflächen im Trinkwasserbereich

In einer Dissertation, die P. Boos als Gerd-Wischers-Stipendiat anfertigte, wird das Hydrolyseverhalten zement-

gebundener Mörtel und Betone unter den Betriebsbedingungen von Trinkwasserbehältern analysiert. Untersucht werden mögliche Korrosionsprozesse in Abhängigkeit von der Zusammensetzung und Porosität der Mörtel. Mit den Ergebnissen konnten betontechnologische Grundanforderungen an zementgebundene Beschichtungssystemen in Trinkwasserbehältern aus Beton erarbeitet werden.

Neue Zementzeitschrift

Die verstärkte internationale Ausrichtung der Arbeiten im Forschungsinstitut der Zementindustrie wird begleitet von einer neuen Zementzeitschrift, die unter dem Titel „Cement International“ vom Verlag Bau+Technik erstmals zum 5. internationalen VDZ-Kongress im September zweisprachig in Deutsch/Englisch herausgegeben wird.

„Cement International“ wird in einem Nachrichtenteil über Entwicklungen in der Zementindustrie sowie über wichtige wissenschaftliche Arbeiten und staatliche Initiativen berichten. Daneben erscheinen kurze Fachartikel.

Der größte Teil jedes Heftes wird mehreren Hauptbeiträgen gewidmet sein. So werden im ersten Heft drei Beiträge von Mitarbeitern des Forschungsinstituts der Zementindustrie über SO₂-Kreisläufe, über den Sulfatwiderstand von Mörtel und Beton bei unterschiedlichen Temperaturen sowie über den Einsatz von Simulatoren bei der Ausbildung von Produktionssteuerern berichten. „Cement International“ richtet sich weltweit an die Zementhersteller, Anlagenbauer, Forschungseinrichtungen und interessierte Fachleute. Das erste Heft des kommenden Jahres wird im Februar erscheinen.



VDZ-Mitteilungen

Herausgegeben vom Forschungsinstitut der Zementindustrie, Tannenstraße 2, 40476 Düsseldorf, Telefon (02 11) 45 78-1, Fax (02 11) 45 78-296

Sie dienen ausschließlich der Information der Mitglieder des Vereins Deutscher Zementwerke e.V. und sind im Internet abrufbar unter: www.vdz-online.de ([Mitgliederinformationen](#))