

Modernes Baustoffmanagement am Beispiel von Steinkohlenflugasche

Abstract

Modern Management of Building Materials with the Example Hard Coal Fly Ash

Today, Germany has a leading position worldwide regarding the utilisation of power plant by-products as well as regarding the use of fly ash as concrete addition, in particular. This is based on a modern management of building materials successfully practised in Germany for decades.

Fundamental criterion for modern management of building materials is the quality of the products and services within the scope of the fly ash supply. The customer expects a constant quality of the building material according to the generally valid requirements and met agreements to install the material in his production permanently.

A substantial condition for the modern management of building materials is the direct contact to the customer. Apart from the product quality the quality of services for the client is of great importance. Logistic problems due to insufficient storage capacities in power plants are a thing of the past. Large storage silos are available at almost all power plants. Modern loading units permit a smooth supply of fly ash users by truck, train and/or ship. Today, the demand-oriented availability of fly ash can always be assumed. Last but not least the marketing has to be taken into account as basis of a modern management of building materials. It can be differentiated between technical and economic marketing. Technical marketing measures are taken to maintain and improve technical possibilities of application. Economic marketing particularly comprises public relation work and development of material-based and application-based market information.

Current tasks show how possibilities of fly ash application and thus sustainable construction methods can be increased by a modern management of building materials. Apart from the removal of unjustified restrictions innovations are of importance which enable new applications for fly ash.

Autoren

Dr.-Ing. Heinz-Peter Backes
BauMineral GmbH, Geschäftsführer,
Herten/Deutschland.

Dipl.-Ing. Dirk Brandenburger
BauMineral GmbH,
Herten/Deutschland.

Dr.-Ing. Matthias Meißner
BauMineral GmbH
Herten/Deutschland.

Einführung

Modern bedeutet heute auch gleichfalls nachhaltig und damit nicht nur zeitgemäß, sondern auch zukunftssträchtig. Im Sinne des Nachhaltigkeitsgedankens stehen wirtschaftliche, sozial- und umweltverträgliche zukunftsfähige Entwicklungen im Einklang. Modernes Baustoffmanagement steht somit für wirtschaftlich langfristige dauerhafte Erfolge unter Sicherung des gesellschaftlichen und ökologischen Umfeldes für künftige Generationen.

Ein Baustoff, der aufgrund seiner Entstehung, seiner Eigenschaften und seiner Wirkung dem Grundsatz der Nachhaltigkeit in besonderem Maße gerecht wird, ist der Betonzusatzstoff Steinkohlenflugasche. Weil Steinkohlenflugasche in Kohlekraftwerken bei der Stromerzeugung als Koppelprodukt entsteht, werden zu ihrer Herstellung keine Ressourcen verbraucht und keine Naturräume zerstört. Aufgrund ihrer puzzolanischen Eigenschaften kann Steinkohlenflugasche den mit hohem Energieverbrauch auf Basis nicht erneuerbarer Rohstoffe hergestellten Baustoff Zement teilweise wie auch naturerhaltene Gesteinskörnung und Gesteinsmehle anteilig ersetzen. Im Beton bewirkt Steinkohlenflugasche eine Verbesserung der Eigenschaften. Betonbauwerke mit Flugasche zeichnen sich nachweislich durch eine höhere Lebensdauer sowie einen geringeren Instandhaltungsaufwand aus.

Dass Deutschland heute weltweit einen führenden Platz bei der Verwertung von Kraftwerksnebenprodukten und insbesondere beim Einsatz von Steinkohlenflugaschen einnimmt, ist auf das seit Jahrzehnten erfolgreich praktizierte, stets moderne Baustoffmanagement zurückzuführen, wie der folgende Rückblick zeigt.

Die Entwicklung des Baustoffes Steinkohlenflugasche

Bautechnisches Regelwerk

Bei der Verwertung von Kraftwerksnebenprodukten und insbesondere beim Einsatz von Steinkohlenflugaschen nimmt Deutschland heute einen weltweit führenden Platz ein. Schon in den 40er-Jahren des 20. Jahrhunderts wurden Steinkohlenflugaschen im Beton eingesetzt. Im Laufe der Zeit sind die

hervorragenden Eigenschaften von Steinkohlenflugasche erkannt und durch zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen nachgewiesen worden.

Bereits im Jahre 1965 hat Herbert Keller, einer der Pioniere der Anwendung von Steinkohlenflugasche im Beton, in Zusammenarbeit mit Professor Dr.-Ing. Karlhans Wesche vom Institut für Bauforschung der RWTH Aachen durch umfangreiche Forschungsarbeiten nachgewiesen, dass Steinkohlenflugasche bei Massenbetonen mindestens 50 M.-% und bei Stahlbeton mindestens 20 M.-% des Zementes ersetzen kann. Den Pionieren ging es damals darum, für die Hersteller von Beton sowohl technische als wirtschaftliche Effekte durch die Anwendung von Steinkohlenflugasche zu erzielen. Der Schutz von Umwelt und Ressourcen spielte sicher noch eine untergeordnete Rolle und war kein primäres Ziel.

Auf der Grundlage umfassender Untersuchungsergebnisse stellte die Firma Keller 1966 beim Minister für Wohnungsbau und öffentliche Arbeiten des Landes Nordrhein-Westfalen in Düsseldorf den Antrag auf Erteilung einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für EFA-Füller als Austauschstoff für Zement bei Verwendung in Beton und Stahlbeton. Das bis dahin gültige bau- und betontechnische Regelwerk – DIN 1045, Ausgabe 1959 [1], Festschreibung von Mindestzementgehalten – sah eine derartige Anwendung nicht vor. Der Antrag führte am 29. Juni 1970 zum ersten Zulassungsbescheid für EFA-Füller® RM [2], der zunächst ausschließlich für Nordrhein-Westfalen gültig war. Er wurde nachfolgend auch in anderen Bundesländern anerkannt. Die durch die Pioniere des Flugascheeinsatzes gemeinsam mit Verwendern gewonnenen Erkenntnisse sind somit erstmals in das Normenwerk für die Herstellung von Beton übernommen worden.

Ein weiterer Entwicklungsschritt zeichnete sich mit der Veröffentlichung des Gelbdruckes der späteren DIN 1045/72 im Jahre 1968 ab [3]. Unter Punkt 4 – Allgemeine Hinweise für die Betonzusammensetzung – wurde unter 4.3. „Betonzusätze“ im Absatz 4.3.2. das Thema „Betonzusatzstoffe“ behandelt. Es wurde festgelegt, dass Steinkohlenflugasche in dem Umfang, wie dies durch bauaufsichtliche Zulassungen geregelt war, fortan auf den Zementgehalt angerechnet werden kann.

In den folgenden Jahren und insbesondere nach der Einführung der DIN 1045/72 wur-

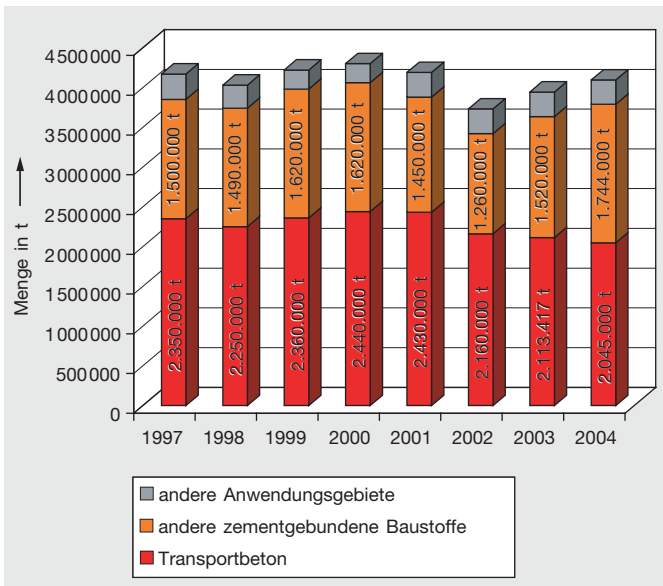


Bild 1. Vermarktungsmengen der Steinkohlenflugasche 1997 bis 2004.

den in der Bundesrepublik Deutschland Anträge auf Zulassung von weiteren Steinkohlenflugaschen als Betonzusatzstoff gestellt. Die Zulassungen sind durch das Institut für Bautechnik in Berlin erteilt und entsprechende Prüfbescheide ausgestellt worden.

Die Normung hat im Bauwesen einen besonderen Stellenwert. Neue Entwicklungen können eigentlich nur über Festlegungen in Normen in die Praxis eingeführt und damit allgemein angewandt werden.

Bevor neue Bauprodukte und neue Anwendungsregeln Eingang in die Normung finden, ist, wie am Beispiel Steinkohlenflugasche nachvollziehbar, die intensive Mitarbeit in Normungsgremien und Fachausschüssen erforderlich. Diese Gremienarbeit wurde seit 1976 zunächst durch den Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e.V. (BVK) übernommen.

Im Jahre 1994 ist die EN 450 vom CEN als europäische Norm angenommen und im darauf folgenden Jahr als DIN EN 450 [4] in Deutschland bauaufsichtlich als Baustoffnorm eingeführt worden. Seit dieser Zeit ist Steinkohlenflugasche ein genormter Baustoff. Der erreichte Kenntnisstand über Steinkohlenflugasche fand in der DIN EN 450 wie auch in den Anwendungsregeln anderer Normen seinen Niederschlag. Er ist die Grundlage für den erfolgreichen Einsatz von Steinkohlenflugasche als Betonzusatzstoff und seine Vermarktung als Baustoff.

Vermarktungsmengen

Betontechnologie ist ohne Steinkohlenflugasche heute in Deutschland nicht mehr vorstellbar. Der größte Teil des in Deutschland produzierten Betons wird mit Steinkohlenflugasche als Betonzusatzstoff hergestellt. Die Erfassung und Auswertung der

konstant bei 2,1 bis 2,3 Mill. t liegt [5]. Das Niveau wurde über die Jahre gehalten, obwohl die Transportbetonindustrie im gleichen Zeitraum drastische Marktrückgänge hinzunehmen hatte (Bild 2) [6]. Einflüsse aus dem Export und dem Import von Steinkohlenflugasche in und aus benachbarten Ländern können vernachlässigt werden. Aus dem Westen Deutschlands wird Steinkohlenflugasche nach Benelux exportiert, da grenznah ein hohes Aufkommen verfügbar ist und sich die Abnehmer im Ausland transportgünstig versorgen lassen. Im Osten Deutschlands entlang der Grenzen zu Polen und Tschechien ist dagegen das Aufkommen an Steinkohlenflugaschen geringer. Abnehmer in dieser Region werden meist vor allem transportgünstiger aus den ausländischen Kraftwerken bedient. Es ist davon auszugehen, dass sich Export- und Importmengen an Steinkohlenflugasche die Waage halten und somit die in Bild 1 aufgeführten Vermarktungsmengen auf Deutschland bezogen werden können.

Während 1997 durchschnittlich 39 kg Steinkohlenflugasche pro m^3 Transportbeton verarbeitet wurden, waren es 2003 durchschnittlich 45 kg Steinkohlenflugasche je m^3 Transportbeton. Dieser Trend zur Steigerung des spezifischen Einsatzes von Steinkohlenflugasche im Transportbeton und in anderen hochwertigen Anwendungsbereichen lässt sich auch für frühere Jahre nachweisen. Er ist ein Beweis dafür, dass die Betonhersteller das Produkt Steinkohlenflugasche aus technischer und wirtschaftlicher Sicht angenommen haben und nun auch benötigen.

Insgesamt besteht heute in Deutschland ein Bedarf an hochwertigen Steinkohlenflugaschen für Anwendungen im Transportbeton, in der Betonwarenproduktion, zur Herstellung von Mörteln und anderen zementge-

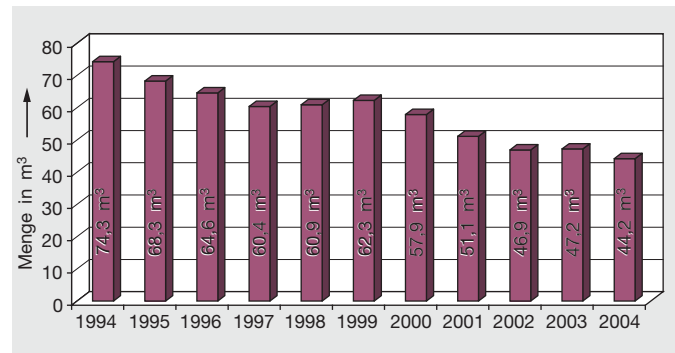


Bild 2. Transportbeton-Absatz von 1994 bis 2004 in Mill. m^3 .

Vermarktungsmengen durch den BVK zeigt (Bild 1), dass der Einsatz von Steinkohlenflugasche als Zusatzstoff für den Transportbeton seit 1997 nahezu

bundenen Baustoffen von jährlich rund 3,8 Mill. t.

Die in Bild 1 dargestellten Vermarktungsmengen entsprechen annähernd den produzierten Mengen. In Deutschland werden nahezu 100% der produzierten Steinkohlenflugaschen verwertet. Damit wird auch deutlich, dass eine extensive Erweiterung der Absatzmengen allenfalls eingeschränkt möglich ist. Seit Ende der 90er-Jahre des 20. Jahrhunderts ist die Vermarktung von Steinkohlenflugasche zunehmend auf die intensive Erweiterung der Absatzmengen ausgerichtet.

Grundlagen modernen Baustoffmanagements für Steinkohlenflugasche

Eine wesentliche Voraussetzung für modernes Baustoffmanagement ist der direkte Kontakt zum Abnehmer. Nur wer die Bedürfnisse seiner Kunden kennt, ist in der Lage, sachgerechte nachhaltige Lösungen anzubieten. Bei der Vermarktung von Steinkohlenflugasche haben sich die Flugaschevermarkter immer direkt mit den Fragestellungen ihrer Kunden auseinandergesetzt. Unter Einsatz von Steinkohlenflugasche gelang es immer wieder, Antworten auf die betontechnischen und betontechnologischen Fragen der Kunden zu geben. Die enge Zusammenarbeit zwischen Steinkohlenflugaschevermarktern und Kunden ermöglichte stets ein schnelles Feedback.

Der direkte Zugang zum Endverbrauchermarkt ist und bleibt deshalb die wesentlichste Voraussetzung für die erfolgreiche Entwicklung der Vermarktung von Steinkohlenflugasche. Es wird alles daran gesetzt werden, dass dieser Zugang auch in Zukunft uneingeschränkt erhalten bleibt.

Ein weiteres wichtiges Kriterium ist die Qualität der Produkte und Dienstleistungen im Rahmen der Versorgung mit Steinkohlenflugasche. Der Kunde erwartet einen möglichst gleichmäßigen, den allgemeingültigen Anforderungen und getroffenen Vereinbarungen entsprechenden Baustoff, auf den er seine Produktion dauerhaft einstellen kann. Mindestanforderungen für Steinkoh-

lenflugasche als Betonzusatzstoff schreibt die DIN EN 450 fest.

Die qualitätsorientierte Steuerung der Flugascheproduktion nach Kennwerten, wie Glühverlust, Feinheit und Freikalkgehalt, durch gezielte Auswahl und Zusammensetzung der Brennstoffe sowie die gezielte Einstellung anlagentechnischer Parameter, wie Siebgrößen, Brenner, Kohlemühlen usw., ist in deutschen Steinkohlekraftwerken schon lange Stand der Technik.

Die genormten Produkteigenschaften werden im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle und Gütesicherungsnachweise nach DIN 18 990 „Flugasche für Beton – Übereinstimmungsnachweis“ sichergestellt [7].

Neben der Produktqualität ist die Qualität der Dienstleistung insgesamt für den Kunden von ausschlaggebender Bedeutung. Logistische Probleme aufgrund unzureichender Lagerkapazitäten in den Kraftwerken gehören der Vergangenheit an. Zur Vermeidung von Versorgungsengpässen stehen an nahezu allen Kraftwerkstandorten Großsilos zur Verfügung. Moderne Verladeeinrichtungen erlauben eine reibungslose Belieferung der Flugascheanwender per Lkw, Bahn und/oder Schiff. Die bedarfsgerechte Verfügbarkeit von Steinkohlenflugasche ist heute stets gegeben.

Nicht zuletzt ist das Marketing als Grundlage modernen Baustoffmanagements zu nennen. Es kann unterschieden werden in technisches und wirtschaftliches Marketing. Unter technischem Marketing sind die Maßnahmen zu verstehen, die zur Aufrechterhaltung und Verbesserung der technischen Anwendungsmöglichkeiten beitragen. Hierzu zählt die Arbeit in Gremien und Normungsausschüssen, die im Wesentlichen durch den europäischen Fachverband für Strom- und Wärmeenergieerzeugung, die VGB PowerTech e.V. (VGB), mit Unterstützung durch den BVK geleistet wird. Der BVK leistet darüber hinaus insbesondere durch Öffentlichkeitsarbeit und die Erarbeitung von stoff- und anwendungsbezogenen Marktinformationen einen maßgeblichen Beitrag dazu, dass das Image von Steinkohlenflugasche als Baustoff weiter gestärkt wird.

Aktuelle Aufgaben modernen Baustoffmanagements für Steinkohlenflugasche

Obgleich der Einsatz von Steinkohlenflugasche als Baustoff insbesondere auch dem „Leitfaden nachhaltiges Bauen“ des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen [8] in hohem Maße gerecht wird, finden sich gerade in Rechtsvorschriften sowie im technischen Regelwerk immer

noch Beispiele für ungerechtfertigte Restriktionen. Besonders unverständlich vor dem Hintergrund einer ganzheitlichen, d. h. Mensch, Umwelt und Wirtschaft einbeziehenden Betrachtungsweise ist es, dass insbesondere aus Rechtsvorschriften sogar noch neue Restriktionen hinzukommen. Dies schädigt nicht nur die Bauwirtschaft, sondern die gesamte Gesellschaft und lässt die Forderung nach einer nachhaltigen Bauweise absurd erscheinen.

Aktuelle Aufgaben zeigen, wie durch modernes Baustoffmanagement die Einsatzmöglichkeiten von Steinkohlenflugasche und damit nachhaltige Bauweisen weiter gesteigert werden können. Neben der Beseitigung ungerechtfertigter Restriktionen sind dabei auch Innovationen von Bedeutung, die neue Anwendungen für Steinkohlenflugaschen ermöglichen.

Aufhebung restriktiver Anwendungsvorschriften

Einsatz von Flugasche in Betonen mit alkaliempfindlichen Gesteinskörnungen

Das geltende Regelwerk begrenzt den Einsatz von Steinkohlenflugasche als Betonzusatzstoff bei gleichzeitiger Verwendung von alkaliempfindlichen Gesteinskörnungen. Die Basis sind in der „Alkali-Richtlinie“ des DAfStb [9] festgelegte Kennwerte und Prüfmethoden. Von Flugaschevermarktern und Kraftwerksbetreibern gemeinsam initiierte Forschungsarbeiten liefern die wissenschaftlichen Grundlagen für die dringende Reformierung der „Alkali-Richtlinie“.

Einsatz von Flugasche in Betonen mit Frost-Tausalz-Beanspruchung

In Betonen, die dem kombinierten Angriff von Frost und Taumitteln ausgesetzt und somit nach DIN 1045-2 [10] den Expositionsklassen XF 2 und XF 4 zuzuordnen sind, ist Flugasche nicht anrechenbar. Das wird damit begründet, dass zunächst grundsätzlich die nötige Erfahrung fehlt und dass zudem die Verträglichkeit von Flugasche mit bestimmten Luftporenbildnern fraglich ist. Dies ist umso erstaunlicher, als dass bereits 1990 mit der Zufahrt zum Kraftwerk Knepper der E.ON Kraftwerke GmbH in Dortmund-Mengede eine Betonstraße unter Verwendung von 90 kg Steinkohlenflugasche EFA-Füller® S-B/E sowie 270 kg PZ 35 F je m³ Beton hergestellt wurde [11], die der Expositionsklasse XF 4 zuzuordnen ist. Erwartungsgemäß hat sich der Beton bislang als dauerhaft erwiesen. Von den Flugaschevermarktern und Kraftwerksbetreibern gemeinsam initiierte Forschungsvorhaben liefern auch hier die Nachweise, dass Flugaschebetone bei fachgerechter Nachbehandlung widerstandsfähiger gegenüber Frost-Taumittel-Beanspruchungen sind als reine Zementbetone und geben des Weiteren Anwendungshilfen

für den Einsatz von Luftporenbildnern in Flugaschebetonen. Dies gilt auch für selbstverdichtende Betone mit Flugaschegehalten bis zu 330 kg je m³ Beton.

Einsatz von Flugasche in Massenbetonen

Für das Kraftwerk Schkopau der E.ON Kraftwerke GmbH in Korbetha bei Halle wurden bereits vor über 10 Jahren massige Betonbauteile erstellt, bei denen die statisch erforderliche Festigkeit (B 35) sowie erhöhte Dauerhaftigkeitsanforderungen des Betons mit einem Flugasche-(EFA-Füller® S-B/E-)/Zement-Verhältnis von 200/180 kg je m³ Beton realisiert wurden [12]. Trotz des f/z-Verhältnisses > 1 ist bis heute für Flugasche in Massenbetonen keine höhere Anrechnung zulässig. Maximal anrechenbar nach DIN 1045-2 sind zurzeit f/z = 0,33 (d. h., maximal 25 M.-% des Zements können durch Flugasche anrechenbar ersetzt werden). BVK und VGB streben die Erhöhung der Anrechenbarkeit von Flugasche für Anwendungsfälle an, für die sich der Einsatz höherer Flugaschemengen besonders empfiehlt. Beispiele sind Bohrpfahlbetone, Schlitzwandbetone und Unterwasserbetone [13]. Ein Teilerfolg wurde mit der DAfStb-Richtlinie „Massige Bauteile aus Beton“ [14] erzielt, deren bauaufsichtliche Einführung in Kürze zu erwarten ist.

Aufhebung restriktiver Rechtsvorschriften

Grund- und Trinkwasserverträglichkeit von Flugaschebetonen

Mangelndes technisches Hintergrundwissen bei unausgereiften Prüfmethode sowie fehlende Abstimmungen im Vorschriftenwerk haben in letzter Zeit zunehmend zu Unsicherheiten bei genehmigenden und aussehenden Stellen, Planern, Bauherren und Ausführenden bezüglich der Betonbauweise im Grund- und Trinkwasserbereich geführt. Die laufenden Diskussionen bezüglich der relevanten Parameter, der einzuhaltenden Grenzwerte sowie der anzuwendenden Prüfverfahren stellen die Betonbauweise im Grund- und Trinkwasserbereich generell in Frage. BVK und VGB weisen gemeinsam mit anerkannten Forschungsinstituten in vielen Arbeiten nach, dass auch in diesem Anwendungsfall die zahlreichen Vorteile der Flugasche zum Tragen kommen, wie z. B. die Verringerung der Eluierbarkeit von Schwermetallen aufgrund der höheren Dichtigkeit des Betongefüges oder die geringere Auswaschung durch verbesserten Zusammenhalt des Frischbetons und damit Reduzierung des Blutens.

Einstufung von Flugasche gemäß der „Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis“

Obgleich Flugasche als Betonzusatzstoff ebenso wie andere Baustoffe verkauft wird,

d. h. einen positiven Marktwert hat, wird sie in der „Abfallverzeichnis-Verordnung“ [15] gelistet und juristisch korrekt zunächst als Abfall eingeordnet. Dies schädigt das Image von Steinkohlenflugasche. Des Weiteren lassen sich aufgrund unscharfer sprachlicher und sachlicher Abgrenzungen wirklichkeitsfremde Nachweisverpflichtungen konstruieren, die für Steinkohlenflugasche im Vergleich mit anderen Bindebaustoffen zu deutlich höherem Überwachungsaufwand führen. Dies widerspricht dem Nachhaltigkeitsgedanken in besonderem Maße. Flugaschevermarkter und Kraftwerksbetreiber setzen sich mit Nachdruck für eine Entschärfung der entsprechenden Verwaltungsvorschrift durch eine Präzisierung des Abfallbegriffs sowie durch eine allgemeingültige Definition des Endes der Abfalleigenschaft ein.

Chromatgehalt zementhaltiger Zubereitungen

Die „Achte Verordnung zur Änderung chemikalienrechtlicher Verordnungen“ [16] zielt darauf ab, zum Schutz der menschlichen Gesundheit den Chromatgehalt von Zement zu begrenzen. Verantwortlich für die Einhaltung des Grenzwertes in Beton ist der Betonhersteller. Aufgrund unscharfer Formulierungen ergeben sich jedoch ungewollte technische und rechtliche Interpretationsspielräume, welche zum Schaden der Bauwirtschaft sind. Um dem Betonhersteller Klarheit bezüglich seiner Verantwortlichkeiten im Sinne der oben genannten Verordnung zu geben, haben Flugasche- und Zementindustrie die Rechtslage geprüft. Die Verbände beider Industrien sind dabei zu der Auffassung gelangt, dass bei Einsatz von chromatreduziertem Zement die Zielsetzung der Verordnung erfüllt wird.

Aufbereitung von Flugasche

Sichten von Flugasche

Durch Sichten können Feinststoffe unter Berücksichtigung ihrer Korngrößenverteilung in Fraktionen getrennt werden. Auf diese Weise werden Feinstflugaschen hergestellt, die bezüglich ihrer kombinierten Wirkung auf die Frisch- und Festbetoneigenschaften, d. h. Verarbeitbarkeit, Festigkeit und Dauerhaftigkeit, einmalig sind und völlig neue Anwendungen ermöglichen [17]. Die Flugaschevermarkter fördern auf diese Weise die sichere und wirtschaftliche Herstellung von Hochleistungsbetonen der neuen Generation ebenso, wie Produktinnovationen außerhalb der Bauwirtschaft.

Sortieren von Flugasche

Flugasche wird im technischen Regelwerk – wie andere Baustoffe auch – durch festgelegte Kennwerte beschrieben. Für diese Kennwerte definierte Grenzwerte und Gleichmäßigkeitskriterien garantieren die Qualität des Baustoffs. Für höhere Ansprüche reicht die Kenntnis dieser Kennwerte

oft nicht aus, weil sie den Baustoff im Hinblick auf das Spektrum seiner Eigenschaften und deren Schwankungsbreiten nur unzureichend beschreiben. Mit speziellen, oft neuen Prüfverfahren ermitteln die Flugaschevermarkter systematisch Eigenschaften von Flugaschen, die nicht Gegenstand der für sie geltenden Regelwerke sind. Für Anwender mit über diese Regelwerke hinausgehenden Anforderungen werden Flugaschen wirkungsbezogen untersucht, sortiert und für die Lieferung bereit gestellt.

Mischen von Flugasche

Steinkohlenflugaschen werden untereinander gezielt zu „Flugasche-Blends“ oder mit Zement und Kalksteinmehl zu Bindemittel-Compounds gemischt sowie zur Herstellung von fertigen Trockenbaustoffen verwendet. Während die Herstellung von Flugasche-Blends wie das Sichten und Sortieren das Ziel verfolgt, einem Systemhersteller anforderungsgerechte Komponenten anzubieten, sind Bindemittel-Compounds bereits ein erster Schritt in Richtung Fertiglösungen, die dem Anwender Entwicklungs- und Produktionskosten sowie Kontrollen ersparen. Trockenbaustoffe sind die Vorstufe zu Fertigmörteln und Transportbetonen, die nach Gebrauchsanweisung unter Angabe der Wasserzugabe gemischt und eingebaut werden.

Ausblick

Eine der größten Herausforderungen unserer Zeit ist die Reduzierung des Ausstoßes von Treibhausgasen. Dieses Thema berührt alle Aspekte einer ganzheitlichen Betrachtung, d. h. technische, wirtschaftliche, ökologische, normative und ebenso soziale. In diesem Spannungsfeld wird sich auch modernes Baustoffmanagement für Steinkohlenflugasche wie nie zuvor beweisen müssen.

Die Unterzeichnerstaaten des Kyoto-Protokolls, das am 16. Februar 2005 in Kraft getreten ist, haben sich zu einer Reduzierung des weltweiten CO₂-Ausstoßes bis 2012 um 5,2% gegenüber 1990 verpflichtet [18]. Deutschland strebt an, seinen CO₂-Ausstoß sogar um 21% zu reduzieren und hat bereits eine Reduzierung um 18,5% erreicht.

Nicht zuletzt hat die Anwendung von Steinkohlenflugasche dazu beigetragen. Durch den Einsatz von jährlich rund 3,8 Mill. t Steinkohlenflugasche als Zusatzstoff in zementgebundenen Baustoffen wird Zement substituiert und somit schon heute der CO₂-Ausstoß um mindestens 1,5 Mill. t/a reduziert.

Der Handel mit Emissionszertifikaten hat am 1. Januar 2005 begonnen. Auf der Basis des Verursacherprinzips wird zunächst derjenige belastet, der durch seine Produktion Treibhausgas emittiert [19].

Unmittelbar betroffen ist neben anderen Großemittenten wie die Stahl- und Glasindustrie in hohem Maße die Zementindustrie. Bei der Herstellung einer Tonne Zementklinker entsteht etwa eine Tonne CO₂. Ungefähr $\frac{2}{3}$ der Kohlendioxidemission resultieren dabei aus der Calcinierung des Kalksteins und sind somit nicht zu verringern.

Dem Verursacherprinzip entsprechend hat die Zementindustrie in den vergangenen Jahren viel in die Erarbeitung unterschiedlicher Lösungskonzepte investiert. Eines der wirkungsvollsten Konzepte zielt darauf ab, den sogenannten Klinkerfaktor durch die Herstellung von Kompositzementen zu reduzieren. Dabei geht es darum, Zementklinker durch andere Hauptbestandteile zu ersetzen, um somit rechnerisch eine Reduzierung des CO₂-Ausstoßes je Tonne Zement zu erreichen.

Alternativen zum Hauptbestandteil Zementklinker können neben Hüttensand und Kalksteinmehl auf der Grundlage der EN 197-1 auch andere Zuschlagstoffe als Hauptbestandteile sein [20].

So sinnvoll das Verursacherprinzip ist, so hat es doch einen entscheidenden Nachteil. Der Fokus ist zumindest für zementgebundene Baustoffe einseitig ausgerichtet.

Zement ist als hydraulisches Bindemittel der wesentliche Ausgangsstoff zur Herstellung von Beton. Aus Beton werden Bauwerke errichtet. In allen Phasen des Baustofflebenszyklus können durch entsprechende Maßnahmen Ressourcen eingespart werden. Möglicherweise sind durch konstruktive Veränderungen am Baukörper oder durch die Nutzung neuer Baustoffe oder durch die Nutzung CO₂-optimierter Betone jedoch größere Effekte erzielbar, als es durch die Reduzierung des Anteils an Klinker je Tonne Zement oder des CO₂-Ausstoßes je Tonne Zement möglich ist.

Um der Aufgabenstellung, die ökoefizienteste Lösung zu finden, im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung gerecht zu werden, muss der Blickwinkel erweitert werden. Alle Elemente des Lebenszyklus zementgebundener Baustoffe müssen auf den Prüfstand und hinsichtlich ihres Effizienzpotentials untersucht werden. Das ist modernes Baustoffmanagement in der Zukunft.

Es stellt sich allerdings angesichts des heute in Deutschland auf dem Gebiet der Bontechnologie erreichten Entwicklungsstandes die Frage, wo noch zusätzliches Einsparungspotential besteht, ohne die Leistungskriterien und insbesondere die Dauerhaftigkeit von Beton einzuschränken. Durch die Anwendung von Steinkohlenflugasche als Betonzusatzstoff und von Kompositzementen sind bereits wesentliche Einsparungsmöglichkeiten ausgenutzt worden.

Es ist somit die vorrangige Aufgabe des modernen Baustoffmanagements für den Betonzusatzstoff Steinkohlenflugasche, im relevanten Regelwerk ein „Performance-Konzept“ zu etablieren, das den technischen, ökonomischen und ökologischen Zwängen gleichermaßen gerecht wird. Im benachbarten europäischen Ausland werden derartige Konzepte bereits erfolgreich umgesetzt.

BVK und VGB werden mit Unterstützung namhafter Forschungsinstitute die Voraussetzungen dafür schaffen, dass auch in Zukunft nachhaltiges Bauen sichergestellt werden kann.

Literatur

- [1] DIN 1045:1959-11: Bestimmungen des DAfStb-A. Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Stahlbeton.
- [2] Zulassungsbescheid für EFA-Füller® RM. Der Minister für Wohnungsbau und öffentliche Arbeiten des Landes Nordrhein-Westfalen, II B 3–2.420 Zul. 378. Düsseldorf, 29. Juni 1970.
- [3] DIN 1045:1972-01: Beton- und Stahlbetonbau – Bemessung und Ausführungen.
- [4] DIN EN 450:1995-01: Flugasche für Beton – Definitionen, Anforderungen und Güteüberwachung; Deutsche Fassung EN 450:1994.
- [5] Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e.V.: Interne Markterhebungen. Düsseldorf, Juni 2004.
- [6] Bundesverband der deutschen Transportbetonindustrie e.V.: Wirtschaftsdaten der deutschen Transportbetonindustrie.
- [7] DIN 18 990:2002-09: Flugasche für Beton – Übereinstimmungsnachweis.
- [8] Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: Leitfaden nachhaltiges Bauen; 01/2001.
- [9] DAfStb-Richtlinie: Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktionen im Beton; 05/2001.
- [10] DIN 1045-2:2001-07: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton; Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität.
- [11] Koch, H.-J., und Lutze, D.: Fahrbahndecken aus Beton – Versuchsstrecke mit Steinkohlenflugasche. Beton 47 (1997), H. 6, S. 319 bis 322.
- [12] Koch, H.-J., und Lutze, D.: Sonderbeton für Fundamentplatten – Genehmigung im Einzelfall für das Kraftwerk Schkopau. Beton 44 (1995) H. 4, S. 227-233.
- [13] Lutze, D., und vom Berg, W.: Handbuch Flugasche im Beton - Grundlagen der Herstellung und Verwendung. Verlag Bau + Technik, Düsseldorf (2004).
- [14] DAfStb-Richtlinie: Massige Bauteile aus Beton; Entwurf Januar 2005.
- [15] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung AVV) vom 10. Dezember 2001; Bundesrat Drucksache 985/04 vom 15. Dezember 2004.
- [16] Achte Verordnung zur Änderung chemikalienrechtlicher Verordnungen: Nationale Umsetzung der EU-Richtlinie 2003/53/EG; Bundesgesetzblatt Jg. 2004, Teil I, Nr. 9. Bonn, 4. März 2004.
- [17] Maibaum, C., und Hüttl, R.: Neuer Zusatzstoff für Hochleistungsbetone. Beton 54 (2004), H. 3, S. 132–133.
- [18] Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen. Kyoto (1997).
- [19] Nationaler Allokationsplan für die Bundesrepublik Deutschland 2005 bis 2007; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin, 31. März 2004.
- [20] DIN EN 197-1:2001-02: Zement – Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement; Deutsche Fassung EN 197-1:2000. □