

# Qualitäts- und bedarfsgerechte Versorgung der Bauindustrie

erschieden in

**beton**  
Verlag Bau + Technik

Ausgabe 4/2001

**Betonzusatzstoff nach DIN EN 450**

## Qualitäts- und bedarfsgerechte Versorgung der Bauindustrie

Dirk Brandenburger und Heinz-Peter Backes, Herten

*Die Anwendung von Nebenprodukten aus Steinkohlenkraftwerken – Steinkohlenflugasche, Kesselsand, Schmelzkammergranulat, REA-Gips – gehört in Deutschland zum Stand der Technik. In nur wenigen anderen Ländern vergleichbarer Größe und mit vergleichbaren Verhältnissen ist ein ähnliches Niveau erreicht worden. Entsprechend einer Statistik der Technischen Vereinigung der Großkraftbetreiber (VGB) wurden 1999 insgesamt 10,1 Mio. t Kraftwerksnebenprodukte auf Steinkohlenbasis erzeugt. Rund 99 % dieser Nebenprodukte wurden 1999 verwertet. Hauptanwendungsgebiet von Kraftwerksnebenprodukten ist die Bauindustrie. In vielen Anwendungsbereichen der Bauindustrie ist der Einsatz dieser Stoffe schon gar nicht mehr wegzudenken, da die technischen, ökonomischen und nicht zuletzt die ökologischen Vorteile der Anwendung dieser Stoffe auf der Grundlage entsprechender Untersuchungen erkannt wurden und nun durch die Hersteller von Baustoffen zielgerichtet ausgenutzt werden.*

### 1 Einleitung

Ein Beispiel für diese Entwicklung sind die auf der Grundlage der DIN EN 450 – Flugasche für Beton – Definitionen, Anforderungen und Güteüberwachung – angebotenen Steinkohlenflugaschen. 1999 wurden entsprechend einer Statistik des Bundesverbands Kraftwerksnebenprodukte insgesamt 3,48 Mio. t Steinkohlenflugasche nach DIN EN 450 produziert. Dabei beschreibt die DIN EN 450 die

Anforderungen, welche von Steinkohlenflugaschen, sofern sie im Beton nach DIN 1045 eingesetzt werden sollen, erfüllt werden müssen. Die Einhaltung dieser Anforderungen ist auf der Basis einer werkseigenen Produktionskontrolle und einer Fremdüberwachung nachzuweisen. Produkte, die in einer Erstprüfung eine Übereinstimmung mit der Übereinstimmungsgrundlage, der DIN EN 450, nachweisen konnten, erhalten durch eine staatlich an-

erkannte Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle ein Übereinstimmungszertifikat. Sowohl dieses Übereinstimmungszertifikat als auch das Übereinstimmungszeichen auf dem Lieferschein dokumentieren, dass es sich bei dem gelieferten Betonzusatzstoff um Steinkohlenflugasche nach DIN EN 450 handelt. Nur auf dieser Grundlage ist eine Verarbeitung der Steinkohlenflugasche als Betonzusatzstoff normgerecht möglich.



In vielen Bereichen der Bauindustrie ist der Einsatz von Kraftwerksnebenprodukten nicht mehr wegzudenken.

### Die Autoren

*Dipl.-Ing. Dirk Brandenburger studierte Bauingenieurwesen an der Universität Dresden (TU). Seit 1990 ist er Vertriebsingenieur bei der BauMineral GmbH Herten mit dem Schwerpunkt Ostdeutschland.*

*Dr.-Ing. Heinz-Peter Backes studierte Bauingenieurwesen an der RWTH Aachen und promovierte dort 1985. Von 1980 bis 1985 war er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Bauforschung (ibac) in Aachen beschäftigt. 1986 übernahm er den Aufbau des Bereichs Verwertung von Kraftwerksnebenprodukten bei der VEBA Kraftwerke Ruhr AG. Seit 1990 ist er Geschäftsführer der BauMineral GmbH Herten.*

Die Regeln für die Anwendung von Steinkohlenflugasche im Beton nach DIN 1045 sind in der „Richtlinie zur Verwendung von Flugasche nach DIN EN 450 im Betonbau“ des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton festgeschrieben.

## 2 Qualität der Versorgung

Neben den Anforderungen an Steinkohlenflugaschen entsprechend DIN EN 450, die eine primäre Voraussetzung für einen hochwertigen Einsatz von Steinkohlenflugaschen als Betonzusatzstoff darstellen, müssen Steinkohlenflugaschen dem Markt bedarfsgerecht zur Verfügung gestellt werden können. Während die technischen Anforderungen an Steinkohlenflugaschen für einen Einsatz als Betonzusatzstoff allgemeinen Charakter tragen, sind die Anforderungen an die Qualität der Versorgung individueller, d.h. auf den jeweiligen Anwendungsbereich oder Abnehmer zugeschnittener Natur. Da Kraftwerksnebenprodukte nicht zielgerichtet nach dem Bedarf möglicher Abnehmer, d.h. z.B. den Anforderungen des Baustoffmarkts entsprechend, produziert werden, wird die erforder-

die Möglichkeit gegeben, sich durch entsprechende Eignungsprüfungen auf mindestens zwei Liefervarianten vorzubereiten. Treten kurzfristig Produktionsausfälle ein und reichen die verfügbaren Silobestände nicht mehr aus, um Produktionsausfälle zu überbrücken, ist eine Umstellung des Abnehmers auf die alternative Versorgungsvariante kurzfristig möglich und so eine bedarfsgerechte Versorgung der Produktion trotz unvorhersehbarer Ereignisse darstellbar.

Ein weiteres, wichtiges Element zur Sicherung der bedarfsgerechten Versorgung mit

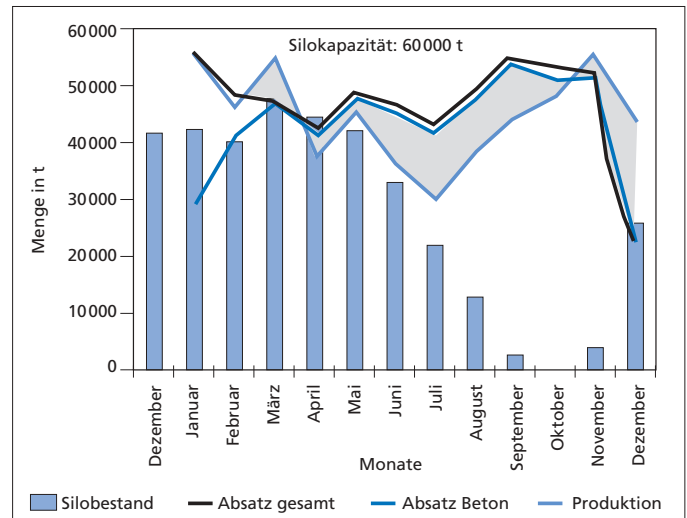


Bild 1: Produktionskurve Steinkohlenkraftwerk

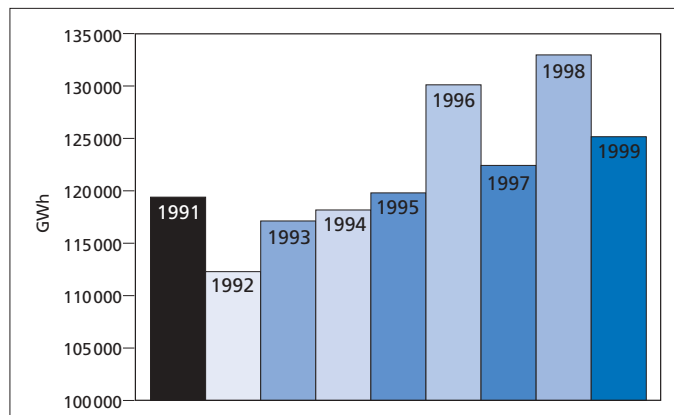


Bild 2: Gesamtbrotstromproduktion auf Basis Steinkohle 1991-1999

liche Versorgungssicherheit über sekundäre Maßnahmen hergestellt. Ein wichtiges Element dabei ist die zur Verfügung stehende Silokapazität für die Zwischenlagerung von Steinkohlenflugaschen, um den saisonalen Antagonismus von Produktion und Bedarf ausgleichen zu können. In Bild 1 ist eine solche Situation am Beispiel eines Steinkohlenkraftwerks, welches mit vergleichsweise konstanter Leistung arbeitet, dargestellt.

Sowohl bei diskontinuierlich arbeitenden Kraftwerken als auch in anderen Fällen ist eine ausreichende Silokapazität allein nicht ausreichend, um eine Versorgungssicherheit herzustellen. Da die meisten der auf der Übereinstimmungsgrundlage der DIN EN 450 erteilten Zertifikate für Steinkohlenflugaschen auf einen einzigen Kraftwerksblock ausgestellt sind und jeder Kraftwerksblock aufgrund von technischen Defekten zum Beispiel ausfallen kann, ist es üblich, mit einer Haupt- und alternativen Versorgungsvarianten zu arbeiten. Dem Abnehmer im Anwendungsbereich Beton wird im Vorhinein

zur Vermarktung von Steinkohlenflugasche als Betonzusatzstoff dargestellt werden.

## 3 Planung der Produktion

Kraftwerksnebenprodukte werden als Nebenprodukte der Stromproduktion erzeugt. Zu konstatieren ist, dass der Strombedarf in Deutschland seit 1993 eine leicht steigende Tendenz aufweist.

Jedoch sagt diese Darstellung noch nichts über die Produktion von Kraftwerksnebenprodukten in Steinkohlenkraftwerken aus, da der verbrauchte Strom auf Basis unterschiedlicher Energieträger erzeugt bzw. importiert worden

sein kann. Bild 2 zeigt den auf Basis von Steinkohle von 1991 bis 1999 erzeugten Strom. Im Grunde genommen ist auch hier eine steigende Tendenz festzustellen. Jedoch ging in den Jahren 1996 bis 1999 die Erzeugung von Strom auf Steinkohlenbasis in eine stagnierende Phase über. Ähnliche Tendenzen lassen sich natürlich auch in entsprechenden Statistiken zum Verbrauch von Steinkohle für die Erzeugung von Drehstrom wiedererkennen.

Der Analogieschluss, dass gleichzeitig eine steigende Produktion an Kraftwerksnebenprodukten und insbesondere von Steinkohlenflugaschen zu verzeichnen ist, muss nicht in jedem Fall richtig sein, da die Produktion von Kraftwerksnebenprodukten neben der verstromten Menge Steinkohle auch noch von der Zusammensetzung der Kohle, wie z.B. vom Aschegehalt, und anderen Parametern abhängig ist. Insgesamt kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Produktion von Kraftwerksnebenprodukten, d.h. auch von Steinkohlenflugasche, insgesamt nicht rückläufig und als stabil zu bezeichnen ist.

Bild 3 zeigt, dass der Anteil der Importkohle zur Erzeugung von Drehstrom in Deutschland gestiegen ist, sich aber die Verhältnisse, betrachtet man die Proportion zwi-

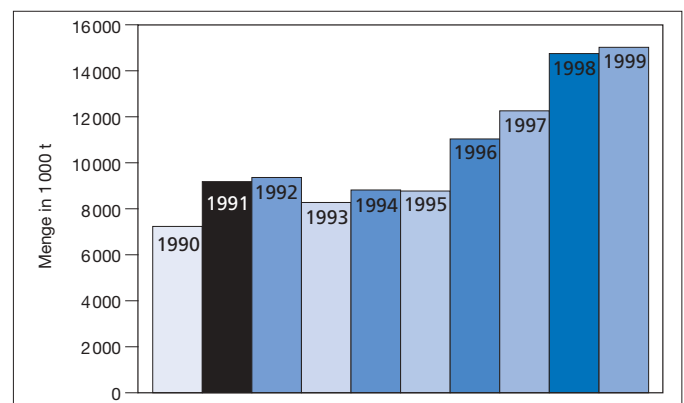


Bild 3: Zugang Importkohle gesamt 1990-1999

schen der Verstromung von heimischer Steinkohle und Importkohle, nicht signifikant verändert haben. Importkohle kann sich z.B. durch einen niedrigen oder in manchen Fällen höheren Aschegehalt im Vergleich zur deutschen, in bestimmten Kraftwerken eingesetzten Steinkohle auszeichnen und hat somit einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Produktionsmenge von Steinkohlenflugaschen. Neben den Schwankungen der Gesamtproduktion an Steinkohlenflugasche sind in den Planungen die saisonalen Schwankungen zu berücksichtigen.

In den Sommermonaten werden durchschnittlich etwas mehr als 1,0 Mio. t Steinkohle weniger verstromt als in den Wintermonaten. Folglich werden auch entsprechend weniger Kraftwerksnebenprodukte in den Sommermonaten erzeugt. Somit, betrachtet man den Gesamtmarkt, ist eine Planbarkeit der Produktion von Kraftwerksnebenprodukten gegeben, da relativ konstante Ausgangsbedingungen existieren.

Jedoch ist zu berücksichtigen, dass sich den Strommarkt unterschiedliche Stromanbieter teilen. Im Zuge der Liberalisierung dieses Marktbereichs hat sich der Wettbewerb unter den Kraftwerksbetreibern verschärft, was zur Folge hat, dass mal an dem einen und mal an einem anderen Standort die Produktion von Strom ausgeprägter oder weniger ausgeprägt erfolgt und somit sich für den einzelnen Anbieter von Kraftwerksnebenprodukten die Grundlage zur Produktionsplanung nicht so eindeutig wie in den gezeigten Diagrammen darstellt. Auf den einzelnen Kraftwerksstandort bezogen, ergibt sich ein weitaus höheres Planungsrisiko.

Ebenso spielen im Zuge der Liberalisierung des Strommarkts interne Kostenbetrachtungen der Kraftwerksbetreiber eine wesentlich stärkere Rolle, so dass auch hieraus teilweise starke Einflüsse auf die Planbarkeit einzelner Produkte resultieren können, die Einfluss auf die Versorgungsqualität haben können.

## 4 Planung des Bedarfs

Bei der Planung des Bedarfs sind Anbieter von Kraftwerksnebenprodukten wie auch andere Lieferanten vorrangig von den Angaben der Abnehmer abhängig. Je genauer ein Transportbetonproduzent seine Produktion plant, je genauer er die zukünftigen Entwicklungen seines Absatzmarkts einschätzen kann, umso genauere Angaben kann er zum Beispiel zu seinem Bedarf an Betonzusatzstoffen machen.

Der Transportbetonmarkt ist insgesamt und im Einzelnen bezogen auf den einzelnen Produktionsstandort gewissen Schwankungen unterworfen. Für einen einzelnen Betonproduzenten ist es nicht immer einfach, seine zukünftige Marktposition abzuschätzen. Folglich können auch nur sehr vage Angaben

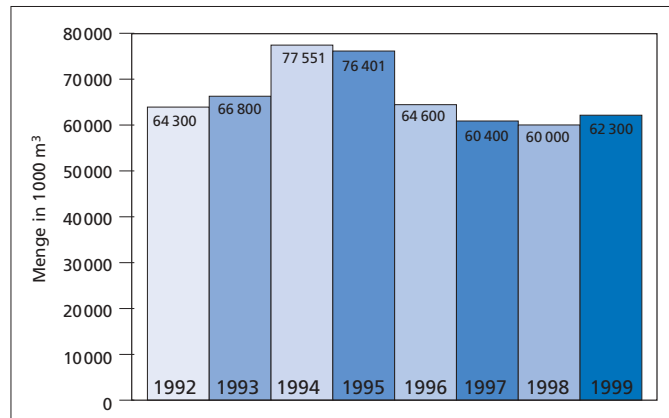


Bild 4: Transportbetonproduktion Deutschland gesamt 1992–1999

zum Bedarf an Ausgangstoffen zur Betonherstellung durch den einzelnen Betonproduzenten gemacht werden. Wesentlich besser lässt sich die Betonproduktion einer Region abschätzen. Aber auch eine regionale Abschätzung des Markts führt nicht immer sofort zu den richtigen Schlussfolgerungen, wie Bild 4 am Beispiel des gesamtdeutschen Markts verdeutlichen soll.

Im Zuge der deutschen Einheit und der damit verbundenen günstigen Baukonjunktur vornehmlich in den neuen Bundesländern war 1994 eine Produktionsspitze von rd. 77,5 Mio. m<sup>3</sup> Beton zu verzeichnen. Bis 1998 ging der Bedarf an Beton auf rd. 60 Mio. m<sup>3</sup> Beton zurück und stieg dann wieder leicht an. Betrachtet man diese Entwicklung regional, so trat der Rückgang nicht nur in den neuen Bundesländern ein, sondern war durch eine sich bundesweit abschwächende Baukonjunktur verursacht.

Je kleiner die zu betrachtenden Regionen werden, umso schwieriger wird eine genaue Planung des Bedarfs. Eine solche Planung ist aber umso wichtiger, als es nicht genügt zu wissen, dass sich bezogen auf ganz Deutschland Produktion und Bedarf an Kraftwerksnebenprodukten die Waage halten und eine Sicherung des Bedarfs darstellbar ist, ohne auch die logistischen und damit finanziellen Konsequenzen aus einer zufälligen Verteilung der Produktion und des Bedarfs des Betonzusatzstoffs Steinkohlenflugasche zu betrachten.

Neben diesen Gesichtspunkten muss die Planung der Versorgung von Abnehmern von Kraftwerksnebenprodukten auch qualitative Aspekte berücksichtigen. Im Transportbeton müssen auf der Basis der in Deutschland gültigen Regeln entsprechende Eignungsprüfungen durchgeführt werden, bevor Veränderungen an den Rezepturen vorgenommen werden dürfen. Diese Prüfungen nehmen einen Zeitraum von mindestens 28 Tagen in Anspruch. Mindestens die gleiche Zeit nimmt, sofern keine Alternativbelieferung vorher abgestimmt war und die Rezepturen vorbereitet wurden, die Umstellung der Versorgung von Produkt A auf Produkt B in Anspruch.

Auf ganz normale Schwankungen des Markts insgesamt wie auch auf andere regionale Entwicklungen muss seitens der An-

bieter von Steinkohlenflugasche entsprechend reagiert werden, um die Versorgung mit Betonzusatzstoffen aus Kraftwerken für den einzelnen Abnehmer und für die Bauindustrie insgesamt zu sichern. Dabei wird die Abschätzung zukünftiger Entwicklungen auch durch die Überlagerung von Prozessen erschwert. Obwohl zum Beispiel die Produktion von Transportbeton von 1994 bis 1997 eine rückläufige Tendenz aufwies, stieg der Verbrauch an Steinkohlenflugaschen nach DIN EN 450 als Betonzusatzstoff an. 1994 wurden rd. 1,5 Mio. t Steinkohlenflugasche entsprechender Qualität als Beton-

zusatzstoff im Transportbeton eingesetzt. In den Jahren 1997 bis 1999 wurden entsprechend einer Statistik des Bundesverbands Kraftwerksnebenprodukte 2,2 Mio. t bzw. 2,4 Mio. t Steinkohlenflugasche nach DIN EN 450 im Anwendungsbereich Transportbeton durch die Mitgliedsunternehmen vermarktet. Somit hat sich die Einsatzquote von rd. 20 kg/m<sup>3</sup> Beton im Jahr 1994 auf rd. 40 kg/m<sup>3</sup> Beton im Jahr 1997 erhöht. Zurückzuführen war diese Entwicklung einerseits auf die stärkere Ausnutzung der technischen Möglichkeiten des Betonzusatzstoffs Steinkohlenflugasche. Die Betontechnologen haben die Erkenntnisse, die auf diesem Gebiet durch die Forschung gewonnen wurden, in die Praxis übernommen. Andererseits konnten mit der Einführung der DIN EN 450 und durch andere Maßnahmen neue Anwendungsmöglichkeiten erschlossen werden. (z.B. Beton mit hohem Widerstand gegen Sulfatangriff, Sonderrezepturen für Massenbetone usw.). Weiterhin ist zu vermuten, dass auch durch die Marktentwicklungen im Bereich Transportbeton Reserven erschlossen werden mussten, um im teilweise harten Wettbewerb auf dem Betonmarkt Schritt zu halten. Die Anwendung von Steinkohlenflugasche als Betonzusatzstoff hat sich deshalb so positiv entwickelt, weil sowohl technische Anforderungen als auch Erwartungen der Abnehmer an die Wirtschaftlichkeit erfüllt wurden. Da Mitte der 90er Jahre noch längst nicht überall und immer die technischen Möglichkeiten der Steinkohlenflugasche voll ausgenutzt wurden, waren Spielräume vorhanden, die vor allen Dingen in Zeiten enger werdender Transportbetonmärkte ausgenutzt wurden.

Ähnliche, wenn auch nicht ganz so ausgeprägte Tendenzen haben sich auf dem Gebiet der Betonwarenproduktion vollzogen. Inwieweit sich hier die Einsatzquote pro m<sup>3</sup> Beton in den 90er Jahren verändert hat, kann jedoch nicht genau dargestellt werden, da belastbare Statistiken zur Produktion von Betonwaren nicht verfügbar sind. Aber auch hier hat sich der Bedarf an Steinkohlenflugaschen von rd. 0,5 Mio. t in 1994 auf 0,7 Mio. t im Jahre 1999 (Quelle: Statistiken des BVK) erhöht.

Trotz der hier aufgeführten Unwägbarkeiten und Einflüsse auf eine Planung des

Bedarfs ist diese möglich und die bedarfsgerechte Versorgung des Markts mit dem Betonzusatzstoff Steinkohlenflugasche in Qualität und Quantität darstellbar. Sicherlich vollziehen sich für den einzelnen Abnehmer die Veränderungen schnell, aber je größer die betrachtete Region ist, umso genauer ist eine Abschätzung der Zukunft möglich. Je enger und je langfristiger sich die Zusammenarbeit zwischen Abnehmern und Lieferanten gestaltet, umso besser ist eine bedarfsgerechte Versorgung möglich.

## 5 Ausblick

Auch in der Zukunft ist davon auszugehen, dass der steigende Bedarf an hochwertigen Betonzusatzstoffen durch die Anbieter bedarfs- und qualitätsgerecht gesichert wird. Es

ist nicht absehbar, dass sich der Anteil der Steinkohle zur Stromerzeugung aus heutiger Sicht, abgesehen von Schwankungen, die auch in den vergangenen Jahren eine Rolle gespielt haben, zumindest kurzfristig verändern wird. Es ist jedoch davon auszugehen, dass durch neue Anwendungsmöglichkeiten bzw. durch die Erhöhung der Produktion an Transportbeton der Bedarf an entsprechenden Betonzusatzstoffen zukünftig weiter zunehmen wird. Neben einer soliden Planung von Produktion, Absatz und Logistik werden aber weitere Maßnahmen ergriffen werden müssen, um diesen steigenden Bedarf zu sichern. Um dieses Ziel zu erreichen, wird eine stärkere Mitwirkung und Flexibilität seitens der Abnehmer erforderlich werden. Die Anbieter von Steinkohlenflugasche ihrerseits

importieren eine nicht unerhebliche Menge an Betonzusatzstoffen mit dem entsprechenden logistischen Aufwand aus dem Ausland. Aber auch für die Erschließung von in Deutschland vorhandenen Reserven, wie zum Beispiel durch den Ausbau der derzeit verfügbaren Silokapazitäten für die Zwischenlagerung von Steinkohlenflugaschen mit Zertifikat nach DIN EN 450, sind Investitionen erforderlich, die letztendlich durch den Abnehmermarkt bezahlbar bleiben müssen.

Durch die Liberalisierung des Strommarkts sind zwar eine Reihe von Veränderungen zu registrieren, jedoch wird auch zukünftig nicht weniger Steinkohlenflugasche nach DIN EN 450 als in den Jahren zuvor zur Verfügung stehen.