



1 (1988)

VORTRÄGE 40 Jahre ibac

**VERWERTUNG INDUSTRIELLER NEBENPRODUKTE
IN MÖRTEL UND BETON**

F. Sybertz

1 EINFÜHRUNG

Bei der Produktion zahlreicher Industrieerzeugnisse entstehen Nebenprodukte, die entsorgt werden müssen (Tabelle 1). Eine Deponierung unter Beachtung besonderer Umweltschutzaufgaben ist in der Regel technisch und finanziell sehr aufwendig. Außerdem steht Deponieraum nur begrenzt zur Verfügung. Aus Umweltschutzgründen, aber auch aus gesamtwirtschaftlicher Sicht, ist deshalb eine Wiederverwertung zu bevorzugen. Dies gilt vor allem auch dann, wenn dadurch teure und knappe Rohstoffe eingespart werden können. Aus diesem Grunde verlangt das Abfallgesetz (AbfG) von 1986 neben einer Minimierung der anfallenden Mengen eine weitgehende und umweltschonende Wiederverwendung oder Verwertung.

Eine Reihe von industriellen Nebenprodukten lassen sich als Baustoffkomponente im Bauwesen verwenden. Voraussetzungen dafür sind die Umweltverträglich-

keit, die Unschädlichkeit, d. h. keine unakzeptablen Eigenschaftsveränderungen des Baustoffs, und eine ausreichende Gleichmäßigkeit. Gegebenenfalls sind diese Voraussetzungen durch einen entsprechenden Aufbereitungsprozeß zu schaffen.

Eine Wiederverwertung größerer Mengen erfolgt derzeit vor allem im Erd- und Straßenbau. Dort werden u. a. Hochofenschlacke, Granulat und Flugasche aus Steinkohlekraftwerken, Müllverbrennungsgrobasche, Nebengestein aus der Steinkohlegewinnung, Bauschutt und Straßenaufbruch verwendet. Aber auch bei der Herstellung von Baustoffen für den Hochbau, wie z. B. Beton, Mörtel, Putz, Estrich, Mauersteine und Bauplatten, können industrielle Nebenprodukte eingesetzt werden. Wegen der relativ hohen Anforderungen an die Eigenschaften und hier vor allem an die Dauerhaftigkeit des Baustoffs kommen allerdings nur bestimmte Stoffe in Frage.

Tabelle 1: Anfall und Verwertung ausgewählter industrieller Nebenprodukte bzw. Rückstände in der Bundesrepublik Deutschland (verschiedene Quellen)

Industriezweig	Nebenprodukt	Anfall				Verwertung			
		(1984)	(1990)	Tendenz		gesamt (1984)	Hoch- bau	Tief- bau	
				zunehmend	abnehmend				
Mio t/a				%					
Hüttenindustrie	Eisenhüttenschlacke	15	n. b.	x		100	xx	x	
	• Hüttensand	2+1 ¹⁾	n. b.			100	x	xx	
	• restliche Hochofenschlacke	7	n. b.			x	x	xx	
	• Stahlwerkschlacke	5	n. b.			x	x	xx	
Energieerzeugung (Kraftwerk)	Verbrennungsrückstände	13,7	13,4	x		80	xx	x	
	• Flugasche (S)	2,6	3,0			95	xx	xx	
	• Granulat/Grobasche (S)	4,1	3,7			x	n. b.	-	x
	• Wirbelschichtasche	0,1	0,5			x	0	-	-
	• Asche (B)	6,9	6,1			x			
	REA-Gips	0,2	3,9			x	100	xx	x
	• (S)	n. b.	2,5			x	0	-	-
• (B)	n. b.	1,4	x						
Entsorgung (Müllverbrennung)	Grobasche	2,8	4,0	x		50	-	xx	
	Flugasche	0,3	0,4	x		0	-	-	
Steinkohlebergbau	Waschberge	68	n. b.			20	-	xx	
Bauwesen	Bauschutt	15	n. b.	x		20	x	xx	
	Straßenaufbruch	13	n. b.	n. b.		70	-	xx	

1) 1 Mio t Import

n. b.: nicht bekannt
S: Steinkohlekraftwerk
B: Braunkohlekraftwerk

2 VERWENDUNG ALS ZUSCHLAG

Trotz der seit Jahren stark rückläufigen Baukonjunktur werden derzeit bei der Betonherstellung jährlich noch etwa 160 Mio t natürlicher Zuschlag (Kies, Sand, gebrochener Naturstein) verbraucht.

Die Zuschlagvorkommen in der Bundesrepublik werden jedoch zunehmend knapper. Außerdem wird es ständig schwieriger, Abbaugenehmigungen für Kies und Sand zu bekommen. Man ist daher bestrebt, durch eine stärkere Verwendung industrieller Nebenprodukte und anderer Rückstände zumindest zum Teil diese natürlichen Rohstoffe zu schonen.

Eine Möglichkeit besteht in der Verwendung von Rückständen aus dem Baugewerbe. So fallen jährlich etwa 15 Mio t Bauschutt an. In der Vergangenheit wurde dieser Schutt vorwiegend in Hausmülldeponien abgelagert, mittlerweile wird ein großer Teil als Füll- oder Unterbaumaterial im Straßen- und Tiefbau verwendet. Durch Aufbereitungsmaßnahmen, bei denen das Ausgangsmaterial nicht nur zerkleinert und abgesiebt, sondern auch von Verunreinigungen getrennt wird, kann jedoch auch ein für die Betonherstellung geeigneter Splitt aus altem Beton oder Mauerwerk gewonnen werden /1/. In der Bundesrepublik sind bereits mehrere solcher Aufbereitungsanlagen installiert. Bis jetzt wurden allerdings noch keine allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen erteilt, so daß für eine Verwendung derzeit noch eine Genehmigung im Einzelfall erforderlich ist.

3 VERWENDUNG ALS ZUSATZSTOFF ODER ZEMENTBESTANDTEIL

Schon seit langem werden Hüttensande und Steinkohlflugaschen (SFA) bei der Herstellung von Beton entweder als Bestandteil des Zementes (Zumahlstoff) oder als Betonzusatzstoff nach DIN 1045 verwendet. Nicht nur infolge ihres günstigen Preises, sondern auch durch den positiven Einfluß auf die Eigenschaften des Betons können diese industriellen Nebenprodukte vorteilhaft eingesetzt werden. Als technologische Vorteile sind zu nennen:

- hohe Endfestigkeit,
- geringe Hydratationswärmeentwicklung,
- hoher Widerstand gegen chemischen Angriff,
- hoher Diffusionswiderstand für Chloridionen.

Wegen der in der Regel langsamen Erhärtung von Betonmischungen mit Hüttensanden oder SFA kann allerdings eine längere Nachbehandlung zur Vermeidung frühzeitigen Austrocknens erforderlich sein, um auch in den oberflächennahen Zonen die beschriebenen Eigenschaften zur Wirkung zu bringen.

Die Zementproduktion ist in der Bundesrepublik seit Jahren stark rückläufig. Derzeit werden jährlich etwa 23 Mio t Zement produziert, wobei der Anteil von Portlandzement rd. 73 % beträgt. Vor dem Hintergrund der europäischen Zementnormung und dem verstärkten Verwertungsgebot für industrielle Nebenprodukte wird voraussichtlich in Zukunft der Anteil der Kompositzemente (EPZ, FAZ, FAHZ, PKZ) zunehmen.

Hüttensand wird derzeit ausschließlich als Zementbestandteil, SFA dagegen zum überwiegenden Anteil als Zusatzstoff verwendet. Seit 1984 darf SFA bei dieser Art der Anwendung unter bestimmten Bedingungen auf w/z-Wert und Mindestzementgehalt ange-

rechnet werden. Voraussetzung ist, daß eine Mindestwirksamkeit der SFA, d. h. unabhängig vom jeweiligen Zement ein ausreichend hoher Beitrag zur Festigkeit und vor allem zur Dauerhaftigkeit von Beton gewährleistet wird.

In einem abgeschlossenen Forschungsvorhaben wurden die Unterschiede in der Wirksamkeit von SFA, die Bedeutung verschiedener Einflußfaktoren und die Eignung verschiedener Prüfverfahren für die Wirksamkeit untersucht /2/. Es zeigte sich, daß vor allem die Feinheit der SFA entscheidend nicht nur die chemische, sondern auch die physikalische Wirkung beeinflußt.

Ziel eines zur Zeit im ibac laufenden Versuchsprogramms ist eine fundierte Absicherung und Ergänzung noch fehlender Erkenntnisse über die Dauerhaftigkeit flugaschehaltiger Betone. An Betonmischungen werden vor allem die Langzeitwirkung des Flugaschezusatzes auf das Karbonatisierungsverhalten und den Frostwiderstand in Zusammenhang mit den Veränderungen der dauerhaftigkeitsrelevanten Eigenschaften (Porengrößenverteilung, Alkalitätsreserve, Hydratationsgrad) untersucht. Ziel ist eine genauere Kenntnis über die Möglichkeiten einer erweiterten Anrechnung von SFA.

Wie SFA gehören auch die sogenannten Silika-Stäube zur Gruppe der Puzzolane. Sie werden in Elektrofiltern als Nebenprodukt der Silicium- oder Ferrosiliciumherstellung ausgeschieden. Obwohl weltweit weniger als 1 Mio t/Jahr anfallen, haben sie wegen ihrer Eigenschaften inzwischen eine besondere Bedeutung gewonnen.

Silika-Staub besteht fast ausschließlich aus reaktionsfähigem SiO_2 . Die Silika-Partikel besitzen eine runde Kornform und einen mittleren Korndurchmesser von etwa 0,1 μm . Der Korndurchmesser ist damit etwa 100mal kleiner als der von Zement. Durch ihre extrem hohe Feinheit kann Silika-Staub auch sehr feine Porenräume im Zementstein ausfüllen und dort Hydratationsprodukte bilden. Auf diese Weise läßt sich die Dichtigkeit und Festigkeit von Beton erheblich verbessern. Durch ihre besonderen Eigenschaften eignen sich Silika-Stäube vor allem für Betone mit besonders hohen Qualitätsanforderungen /3/.

4 SCHLUSSBEMERKUNG

In der Bauindustrie werden schon seit langem und mit gutem Erfolg industrielle Nebenprodukte eingesetzt. Die Verwendung bietet häufig nicht nur wirtschaftliche, sondern auch technische Vorteile. Es ist daher damit zu rechnen, daß sich die Bemühungen um eine sinnvolle Verwertung von industriellen Nebenprodukten in der Bauindustrie in Zukunft weiter verstärken werden.

LITERATUR

- /1/ Schulz, R.-R.: Recycling von Baurestmassen - Ein Beitrag zur Kostendämpfung im Bauwesen. ibac-Forschungsbericht F 216 (1986), IRB-Verlag
- /2/ Sybertz, F.: Wirksamkeit von Steinkohlflugaschen. In: Betonwerk + Fertigteiltechnik 54 (1988), Nr. 1, S. 42-47; Nr. 2, S. 80-88
- /3/ Alfes, Ch.: Hochfeste, verformungsarme Betone mit Silica-Staub. In: Betonwerk + Fertigteiltechnik (in Vorbereitung)

Herausgeber:



Institut für Bauforschung Aachen
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule
Schinkelstraße 3, D-5100 Aachen
Tel. (02 41) 80-5100, FAX (02 41) 80-5120
Telex 8 32 704 thac d

Direktoren:
Prof. Dr.-Ing. H. R. Sasse
Prof. Dr.-Ing. P. Schiebl