

Ersatz des niederländischen Bouwstoffenbesluits durch den Besluit bodemkwaliteit

Dr. rer. nat. M. Dohlen

Die Verwendung von mineralischen Baustoffen, die mit Regen, Oberflächen- und Grundwässern in Kontakt kommen können, erfordert in den Niederlanden den Nachweis der Umweltverträglichkeit. Bisher stellte der "Bouwstoffenbesluit" [1] - der niederländische Baustoffbeschluss zum Schutz von Boden und Oberflächengewässern - die rechtliche Grundlage für den Nachweis der Umweltverträglichkeit und die Zulassung von natürlichen, künstlichen und rezyklierten Baustoffen dar. Zum 01.07.2008 wurde der Bouwstoffenbesluit außer Kraft gesetzt und durch den "Besluit bodemkwaliteit" (Beschluss über die Bodenqualität) ersetzt [2]. Der neue Besluit bodemkwaliteit wurde im Jahr 2008 in zwei Stufen rechtsverbindlich eingeführt: Am 01.01.2008 ist der erste Teil für die Zulassung von Erdreich und Baggerschlamm auf oder in Gewässerböden und am 01.07.2008 ist der zweite Teil für die Zulassung von Baustoffen, Erdreich und Baggerschlamm auf oder in Böden in Kraft getreten.

Die Regeln des Bouwstoffenbesluits wurden in den neuen Besluit bodemkwaliteit aufgenommen und bleiben damit auch weiterhin erhalten. In dem neuen Beschluss wird der Fokus aber noch stärker als bisher auf die Qualitätssicherung gelegt. Weiterhin besteht die Möglichkeit, entweder einen Einzelnachweis der Umweltverträglichkeit bei jeder Lieferung zu erbringen oder ein Produkt im Rahmen einer kontinuierlichen

Güteüberwachung zu zertifizieren. Zukünftig sind die Zertifikate nicht mehr nur drei Jahre gültig, sondern unbegrenzt, wenn die Ergebnisse der Überwachung den gesetzlichen Vorgaben entsprechen. Weitere Änderungen im Vergleich zum Bouwstoffenbesluit sind beispielsweise, dass Grenzwerte von Eluatkonzentrationen verändert wurden. Mit der neuen Regelung ist auch erstmals die zu berücksichtigende bisherige Schichtdickenbegrenzung bei der Verwendung eines Baustoffes entfallen. Auf Grundlage der "Regeling bodemkwaliteit" [3] gibt es nun nur noch einen Grenzwert, der davon abhängt, ob es sich um einen formgegebenen- bzw. nicht-formgegebenen-Baustoff oder einen "nicht-formgegebenen Sonderbaustoff" (sog. IBC-Bouwstof) handelt.

Die niederländische Regierungsagentur "SenterNovem" hat zu diesem Thema umfangreiche Informationen zum download ins Internet (<http://www.senternovem.nl/Bodemplus/>) gestellt. Mit Einführung des neuen Beschlusses wurden auch die Nationalen Beurteilungsrichtlinien (BRL) für Hochofenschlackengemische (BRL 9305), Stahlwerksschlacke (BRL 9310) und Elektrofenschlacken (BRL 9328), die beispielsweise die Grundlage für eine Produktzertifizierung bilden, den neuen gesetzlichen Anforderungen angepasst.

Das FEhS – Institut für Baustoff-Forschung ist auch zukünftig - aufgrund der bau-

Inhalt	Seite
Ersatz des niederländischen Bouwstoffenbesluits durch den Besluit bodemkwaliteit	1
M. Dohlen	
Umweltverträglichkeit von Düngemitteln aus Eisenhüttenschlacken	2
E. Viehausen	
Griffigkeit von Fahrbahndecken mit Stahlwerksschlacke	4
Th. Merkel	
Erzeugung und Nutzung von Eisenhüttenschlacken im Jahr 2008	8
Th. Merkel	

aufsichtlichen Anerkennung (Kennziffer NRW 005) als Prüf-, Überwachungs-, und Zertifizierungsstelle - nach Artikel 16 Abs. 2 der Richtlinie 89/106/EWG (Bauproduktenrichtlinie) durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) zugelassen für die Probenahme, die Probenaufbereitung, die Laboruntersuchungen und die Analytik von mineralischen Baustoffen gemäß dem niederländischen Akkreditierungsprogramm 04 (AP04). Auch weiterhin bleibt das FEhS – Institut eine anerkannte Zertifizierungsstelle für die Erteilung von NL-BSB-Bescheinigungen mit Produktzertifikat für Hochofenschlackengemische, LD- und Elektrofenschlacken.

Literatur

- [1] Besluit van 23 november 1995, houdende regels met betrekking tot het op of in het oppervlaktewater gebruiken van bouwstoffen (Bouwstoffenbesluit bodem- en oppervlaktewaterenbescherming); Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden 567, 1995.
- [2] Besluit van 22 november 2007, houdende regels inzake de kwaliteit van de bodem (Besluit bodemkwaliteit); Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden 469, 2007.
- [3] Regeling van 13 december 2007, nr. DJZ2007124397, houdende regels voor de uitvoering van de kwaliteit van de bodem, Nederlandse Staatscourant 247, 2007.

Umweltverträglichkeit von Düngemitteln aus Eisenhüttenschlacken

Dr. agr. E. Viehausen

Gemäß § 5 des Düngegesetzes vom 9. Januar 2009 dürfen Düngemittel nur in den Verkehr gebracht werden, "soweit sie geeignet sind, das Wachstum von Nutzpflanzen wesentlich zu fördern, ihren Ertrag wesentlich zu erhöhen, ihre Qualität wesentlich zu verbessern oder die Fruchtbarkeit des Bodens, insbesondere den standort- und nutzungstypischen Humusgehalt, zu erhalten oder nachhaltig zu verbessern, und die bei sachgerechter Anwendung die Gesundheit von Menschen und Tieren nicht schädigen und den Naturhaushalt nicht gefährden."

Nach § 3 der Düngemittelverordnung vom 19. Dezember 2008 werden Düngemittel mit der Maßgabe zugelassen, dass sie "auch hinsichtlich ihrer nicht typbestimmenden Bestandteile bei sachgerechter Anwendung die Fruchtbarkeit des Bodens, die Gesundheit von Menschen, Haustieren und Nutzpflanzen nicht schädigen und den Naturhaushalt nicht gefährden, ...".

Spätestens nach dem 31. Dezember 2009 müssen somit neben den festgelegten, typbestimmenden Hauptbestandteilen weitere Produktinhalte und Produkteigenschaften, insbesondere die Gehalte an bestimmten Nebenbestandteilen und Schwermetallen gekennzeichnet werden (Tabelle 1). Damit ist dann der alte Grundsatz: "Was drauf steht, muss auch drin sein!" passé und es gilt der neue Grundsatz:

"Was drin ist, muss auch drauf stehen!"

So müssen spätestens ab 1. Januar 2010 in Deutschland auch bei Düngemitteln aus Eisenhüttenschlacken neben den typbestimmenden Bestandteilen ggf. weitere Hauptnährstoffe und bestimmte Spurennährstoffe sowie einige Schwermetalle ab einer vorgeschriebenen Kennzeichnungsschwelle bis zum Erreichen des jeweiligen Grenzwertes gekennzeichnet werden.

Schwermetallgehalte in Düngemitteln

Gelegentlich werden insbesondere Düngemittel aus Eisenhüttenschlacken bewusst oder unbewusst mit für Pflanze, Tier und Mensch relevanten Schwermetall-Belastungen gedanklich in Verbindung gebracht, was jedoch nach allen bisher vorliegenden Untersuchungsergebnissen aus Gefäß- und langjährigen Feldversuchen sowie aus der landwirtschaftlichen Praxis völlig abwegig ist.

Gemäß wissenschaftlicher Definition sind Schwermetalle Elemente, deren spezifisches

Gewicht > 5 ist. Entsprechend gibt es ca. 60 Elemente, die diese Bedingung erfüllen. Nur ein Bruchteil davon befindet sich heute in der Umweltdiskussion.

Die Beurteilung der ökotoxikologischen Relevanz dieser Elemente ist oftmals schwierig, da sie seit jeher in der belebten Natur und damit auch in Naturkreisläufen vorkommen. Einige dieser Elemente sind für Pflanze, Tier und Mensch sogar lebensnotwendig. Ob sie eine toxikologische Bedeutung haben oder nicht, richtet sich entscheidend nach ihrer Menge bzw. Dosierung sowie ihren chemischen

Kennzeichnungsvorgaben			Kennzeichnungsschwelle/Grenzw.	Toleranz des gekennz. Wertes		Deklaration:
				nach unten	nach oben	
			Kennzeichnungsschwelle bezogen auf:*			
1.	CaO	Kalkgehalt	40%	3 % Pkt.	3 % Pkt.	FM FM
2.	MgO	Magnesium	ab 5 %	2,5 % Pkt.	5 % Pkt.	TM FM
3.	(CaO+MgO)	Kalkgehalt (CaO+MgO)	40%	3 % Pkt.	3 % Pkt.	FM FM
4.	CaO	basisch wirksame Bestandteile (Neutralisationswert)	5%	3 % Pkt.	3 % Pkt.	FM FM
5.	P ₂ O ₅	Gesamtphosphat	0,5%	25%, max. 1,0% Pkt.		TM FM
6.	P ₂ O ₅	in 2%iger Zitsl. lösl. Phosphat	0,5%	25%, max. 1,0% Pkt.		TM FM
7.	S	Schwefel	1,5%	50%, max. 1,5% Pkt.		TM FM
8.	Mn	Mangan	0,2%	50%, max. 0,4% Pkt.		TM FM
9.	Fe	Eisen	1,0%	2,0%-Pkt.	2,0%-Pkt.	TM FM
10.	Na	Natrium	1,5%	50%, 1,5%-Pkt.		TM FM
11.	Co	Kobalt	0,004%	50%, max. 0,4% Pkt.		TM FM
12.	Se	Selen	0,0005%	25% d. gekennz. Wertes		TM FM
13.	Cu	Kupfer	0,02% / 0,07%(FM)	50%, max. 0,4% Pkt.		TM FM
14.	Zn	Zink	0,02% / 0,5%(FM)	50%, max. 0,4% Pkt.		TM FM
15.	As	Arsen	**mg/kg: 20 / 40	50%		TM TM
16.	Pb	Blei	**mg/kg: 100 / 150	50%		TM TM
17.	Cd	Cadmium	**mg/kg: 1,0 / 1,5	50%		TM TM
18.	Cr (6-wertig)	Chrom (6-wertig)	**mg/kg: 1,2 / 2,0	50%		TM TM
19.	Cr (gesamt)	Chrom gesamt!	**mg/kg: 300 / ---	50%		TM TM
20.	Ni	Nickel	**mg/kg: 40 / 80	50%		TM TM
21.	Hg	Quecksilber	**mg/kg: 0,5 / 1,0	50%		TM TM
22.	Tl	Thallium	**mg/kg: 0,5 / 1,0	50%		TM TM
23.	PFT	Perfluorierte Tenside	**mg/kg: 0,05 / 0,1	- -		TM TM

24. Ggf. sind weitere Elemente zu kennzeichnen, und zwar: Bor ab 0,02%; Kobalt ab 0,004% und Molybdän ab 0,002%.

* FM = Frischmasse und TM = Trockenmasse

** Kennzeichnungsschwellen und Grenzwerte sind hier jeweils auf die Trockenmasse zu beziehen!

Tabelle 1: Kennzeichnung von Konverterkalk feucht-körnig (Übergangsfrist für die Kennzeichnung in der Fassung der DüMV vom 04.08.1999 läuft zum 31.12.2009 aus!)

Standort	Versuchsansteller	Laufzeit Jahre	Chrom- zufuhr kg Cr/ha	ppm Cr im Boden (Königswasserlsl.)			ppm in der Pflanze	
				Gehalts- bereich	Erhöhung berechnet	gemessen	ohne Th	mit Th
1. Dikopshof	Inst. Pflanzenbau Bonn	88	90	23 - 29	~20	6	0,14 - 1,24	0,15 - 1,11
2. Ernhofen	LUFA Darmstadt	69	118	42 - 50	26	8	0,80 - 1,70	1,10 - 1,40
3. Weihenstephan	Inst. Pflanzenern. Weihenstephan	53	42	37 - 42	9	5	0,51 - 3,25	0,69
4. St. Peter (Grünland)	VA Kamperhof Mülheim an der Ruhr	33	35	28 - 43	23	15	0,40 - 3,20	0,40 - 3,20
5. Meckenheim	Inst. Agrikulturchem. Bonn	29	41	26 - 32	9	6	0,40 - 2,90	1,40 - 1,70
6. Arzdorf	VA Kamperhof Mülheim an der Ruhr	21	75	36 - 45	16	8	0,15 - 1,81	0,13 - 1,76
7. Kolsaßberg (Grünland)	Österr. Düngeberat. Wien	15	24	39 - 50	16	11	0,30 - 1,00	0,60 - 2,50
8. Sommerland	VA Kamperhof Mülheim an der Ruhr	15	86	51 - 66	19	15	0,08 - 0,55	0,07 - 0,62
9. Uelzen	VA Kamperhof Mülheim an der Ruhr	11	50	15 - 22	11	7	0,50 - 0,60	0,40
						Mittelwert	0,36 - 1,81	0,55 - 1,49

* Cr-Gehalte im Thomasphosphat: ~1500 – ~8000 mg/kg

Tabelle 2: Einfluss der langjährigen Düngung mit Thomasphosphat in Feldversuchen auf den Ges.-Cr-Gehalt von Böden und Pflanzen*

Bindungen, den Wertigkeiten und damit nach der tatsächlichen Bioverfügbarkeit. Vor allem Letztere muss in die Beurteilung der Umweltrelevanz einfließen und nicht allein das bloße Vorhandensein in bestimmten Konzentrationen.

Bei der Analyse von den zur Zeit zugelassenen Kalkdüngemitteln aus Eisenhütten-schlacken fällt im Vergleich zu Düngemitteln aus natürlichen Lagerstätten auf, dass man es gerade in diesen Düngemitteln keineswegs mit überdurchschnittlich hohen Gehalten umweltrelevanter Schwermetalle zu tun hat.

Als nicht umweltrelevant sind dabei auch die Chromgehalte einzustufen, sofern, wie wissenschaftlich erforscht und begründbar, zwischen der dreiwertigen und der sechswertigen Form unterschieden wird. So ist bekannt, dass in biologischen Systemen nur sechswertiges Chrom als Risikopotenzial anzusehen ist, dreiwertiges Chrom hingegen - wie es in Kalkdüngemitteln aus Eisenhütten-schlacken ausschließlich vorliegt - ist auf agrarisch genutzten Flächen ökotoxikologisch nicht relevant und in der Ernährung von Mensch und Tier sogar essenziell.

Bedeutung von Chrom für Pflanze, Mensch und Tier

Chrom spielt in der dreiwertigen Form im Glucose-Stoffwechsel, bei der Stabilisie-

rung der Protein- und Nukleinsäurestruktur und als Enzymaktivator eine wichtige Rolle. Der tägliche Chrombedarf für Haustiere liegt bei 0,1 - 0,2 mg Cr/kg Körpergewicht. Die Chrom-Bedarfsdeckung für ein ausgewachsenes Rind würde einen Cr-Gehalt in der Futtertrockenmasse von 3,5 bis 4 ppm erfordern, der jedoch unabhängig vom Chromgehalt im Boden nur selten erreicht wird. Auch die Chromversorgung des Menschen über die Nahrung wird teilweise als suboptimal angesehen. Eine Chromaufnahme mit der Nahrung von 50-200 µg/Tag wird in der Literatur als empfehlenswert angesehen.

Chrom(VI) hat dagegen eine toxikologische Bedeutung, insbesondere bei Inhalation, und wird mit einem erhöhten Lungenkrebsrisiko in Zusammenhang gebracht. Bei Hautkontakten mit Cr(VI) können Hautveränderungen, Allergien und Ekzeme auftreten.

Für Pflanzen ist Chrom eher entbehrlich. Eine gesicherte Abhängigkeit der Chromaufnahme vom Chromgehalt des Wachstumsmediums ist bei Nährlösungskulturen gegeben, bei Böden jedoch kaum. Chrom wird in der Pflanze vor allem in der Wurzel gespeichert und nur in geringem Maß in obere Pflanzenteile weitergeleitet.

Schädigungen an Pflanzen durch überhöhte Cr-Konzentrationen treten mit Cr(III) ab

5-30 mg Cr/l, mit Cr(VI) ab 0,17 mg Cr/l Nährlösung auf.

Auf Mineralböden mit geogen bedingt hohen Gesamt-Chromgehalten von mehr als 1.000 mg Cr_{ges.}/kg Boden konnten bisher keine Schäden an Pflanzen nachgewiesen werden.

Folglich ist nur das sechswertige Chrom als Gefahrenherd anzusehen. Dreiwertiges Chrom hingegen ist ökotoxikologisch nicht relevant. Zudem beschreibt die Literatur übereinstimmend eine sehr schnelle Reduktion von versuchsmäßig zugesetztem Cr(VI) zu Cr(III) u. a. durch die organische Substanz im Boden.

In langjährigen Versuchen mit Anwendung von Konverterschlacken bis zu einem Zeitraum von 88 Jahren konnte zwar eine Zunahme der Gesamt-Chromgehalte im Boden nach Königswasser- oder Schmelzaufschluss, jedoch keine erhöhte Chromaufnahme durch die Pflanzen festgestellt werden (Tabelle 2). Auch lösliches Chrom war nicht nachweisbar, weder in drei- noch in sechswertiger Form [1].

Deshalb wird die Arbeitsgemeinschaft Hüttenkalk e. V. auch in Zukunft weiter mit Nachdruck darauf hinwirken, dass in der Düngemittelverordnung auf die Kennzeichnung eines Gesamt-Chromgehaltes bei Düngemitteln absolut verzichtet werden kann.

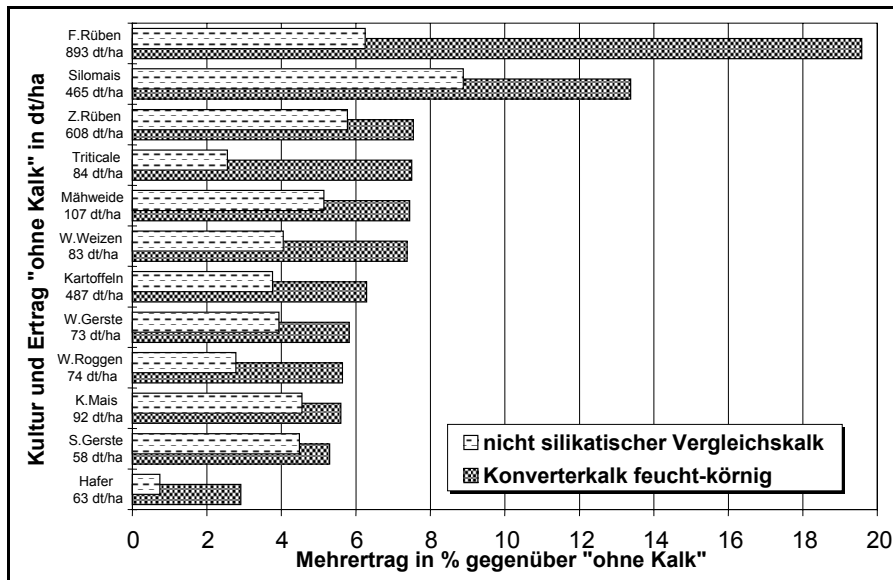


Bild 1: Mehrerträge (%) verschiedener Kulturen nach Kalkung mit Vergleichskalk und Konverterkalk feucht-körnig (Versuchszeitraum: 1989-2005)

Sonderleistungen kieselaurer Kalke auf Bodenfruchtbarkeit und Ertrag

In zahlreichen Feldversuchen, die mit Düngemitteln bzw. Kalken aus Eisenhütenschlacken durchgeführt wurden, konnten für diese Dünger sehr gute Düngewirkungen nachgewiesen werden. In der Regel überstiegen diese auch die Wirkung der eingesetzten Vergleichsdünger (Bild 1). Die silikatischen Kalke haben vor allem ertragsfördernde Wirkungen durch Verbesserung und Stabilisierung der Bodenstruktur, Zufuhr von Spurenelementen und durch hohe Gehalte an löslicher Kieselsäure zusätzlich phytosanitäre Eigenschaften. Diese Wirkungen sind in der Literatur vielfach beschrieben worden und unterstützen nachhaltig die zahlreichen positiven Bodenfunktionen im Sinne des Bodenschutzes.

Speziell der Bedarf an den Spurennährstoffen (Spurenelemente) Eisen, Mangan, Molybdän und Kobalt wird über regelmäßige Düngung bzw. Kalkung mit Düngemitteln aus Eisenhütenschlacken gedeckt. Aber auch Bor, Kupfer und Zink leisten einen beachtlichen Beitrag zum Ausgleich des Spurennährstoffhaushaltes von Boden und Pflanze.

Den Überlegungen zur Verschärfung von Höchstgehalten kennzeichnungspflichtiger Elemente und Schwermetalle in Düngemitteln liegen vornehmlich sog. Frachtenmodelle zu Grunde, wobei die Zufuhr weitgehend dem Entzug entsprechen soll, es also möglichst zu keiner Anreicherung im Boden kommen soll. Aus allen bislang vorliegenden Erkenntnissen - nicht zuletzt auch aus den Erfahrungen über das Verhalten des Elementes Chrom - ist es dabei umso

wichtiger, nicht die Gesamtgehalte, sondern vielmehr die Pflanzenverfügbarkeit der zugeführten Nährstoffe und die Bioverfügbarkeit umweltrelevanter Schwermetalle zu berücksichtigen. Hierzu bedarf es allerdings noch der Entwicklung und Abstimmung vergleichbarer Analysemethoden für die unterschiedlichen Düngemitteltypen. Von der Arbeitsgemeinschaft Hüttenkalk e. V. hierzu vorgeschlagene Methoden befinden sich zur Zeit in Ringversuchen zwecks Validierung.

Fazit

Für die Hersteller von Düngemitteln wird die Produktverantwortung weiter wachsen. Inhaltsstoffe werden zunehmend hinterfragt und manches, was bisher als belanglos angesehen wurde, kann wichtig werden. Fundierte Forschungs- und Aufklärungs-(Lobby-)Arbeit bezüglich Düngemitteln aus Eisenhütenschlacken sind schon heute unerlässlich und werden zukünftig angesichts einer sich zunehmend in Richtung "gläserne Produktion" weiterentwickelnden Landwirtschaft an Bedeutung zunehmen, obgleich diese Düngemittel aufgrund bislang gewonnener Erkenntnisse hinsichtlich ihrer Gehalte an umweltrelevanten Elementen als unproblematisch einzustufen sind. Zahlreiche Versuche im Labor und in der Praxis belegen vielmehr die positiven Wirkungen dieser Dünger auf Ertrag und Qualität sowie auf zahlreiche Parameter der Bodenfruchtbarkeit, was letztlich dem Anwender zugute kommt und zugleich im Sinne des Bodenschutzes ist.

Literatur

- [1] Munk, H.: Chrom in der Umwelt, Wasser und Boden 47 (1995) 5, S. 59-64

Griffigkeit von Fahrbahndecken mit Stahlwerksschlacke

Dr.-Ing. Th. Merkel

Einführung

Zu den industriellen Nebenprodukten mit traditionell hohen Nutzungsraten gehören die Hochofen- und Stahlwerksschlacken, die unter dem Oberbegriff Eisenhütenschlacken zusammengefasst werden [1]. In den vergangenen Jahren wurden in Deutschland jährlich über 8 Mio. t Hochofenschlacken und fast 7 Mio. t Stahlwerksschlacken erzeugt, die zu über 95 % genutzt werden konnten [2].

Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten über viele Jahre haben dazu geführt, dass Eisenhütenschlacken zu den ganz wenigen industriellen Nebenprodukten gehören, die sogar in Asphaltdecken Anwendung finden. Aufgrund der langjährig guten Erfahrungen in der Praxis werden sie heute gleichberechtigt neben den natürlichen Gesteinskörnungen im Regelwerk der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen behandelt [3, 4]. Der Einsatz von Schlacken im Straßenbau wird

auch nach Einführung der europäischen Normen weiterhin auf der Basis einer freiwilligen regelmäßigen Güteüberwachung durchgeführt, die aus einer werkseigenen Produktionskontrolle sowie einer Fremdüberwachung durch anerkannte, neutrale Stellen besteht, durch welche die vertraglich geforderten Eigenschaften nachgewiesen werden.

Für die Beurteilung von Gesteinskörnungen für Asphaltdeckschichten hat neben den

lange Zeit im Vordergrund stehenden Kriterien, wie Festigkeit oder Verwitterungsbeständigkeit, in den vergangenen Jahren zusätzlich der Aspekt der Griffigkeit der mit den Gesteinskörnungen hergestellten Deckschicht erheblich an Gewicht gewonnen. Dies hängt damit zusammen, dass die Griffigkeit von allen Eigenschaften einer Fahrbahnoberfläche die größte unmittelbare Auswirkung auf die Verkehrssicherheit besitzt, insbesondere bei Nässe.

Die Diskussionen rund um den Themenkomplex Griffigkeit haben jedoch auch gezeigt, dass im Zusammenhang mit der Griffigkeit einer Fahrbahnoberfläche sowie der Entwicklung dieser Griffigkeit über die Zeit noch eine ganze Reihe offener Fragen anzusprechen bleibt, die sich teils auf die unterschiedlichen Prüfverfahren, teils aber auch auf die unterschiedlichen eingesetzten Baustoffe beziehen.

Beim Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) wurde daher über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e. V. die Förderung eines Forschungsprojekts beantragt, um für die industriell hergestellte Gesteinskörnung Stahlwerksschlacke griffigkeitsbeeinflussende Faktoren aufzuzeigen und einen Zusammenhang zwischen im Labor erzielten Griffigkeitswerten und dem Verhalten in der Praxis herauszuarbeiten. Damit sollte den mit Herstellung, Aufbereitung und Vertrieb von Produkten aus Stahlwerksschlacke befassten Unternehmen ausreichende Sicherheit hinsichtlich der Griffigkeitsentwicklung gegeben werden. Diese Sicherheit ist zwingend erforderlich, um Investitionen in die Anlagentechnik, welche für die Produktion von hochwertigen Gesteinskörnungen für Asphaltdecken erforderlich ist, zu tätigen.

Nach einer grundlegenden Charakterisierung hinsichtlich chemisch-mineralischer Zusammensetzung und grundlegender technischer Eigenschaften wurden Laboruntersuchungen zur Polierresistenz mit unterschiedlichen Verfahren durchgeführt: dem Verfahren Polished stone value (PSV) [5], dem Polierverfahren nach Wehner/Schulze (PWS) [6] und dem Polier- und Griffigkeitsmessverfahren (PGM) [7]. Außerdem wurden Messungen der Griffigkeit auf realen Asphaltfahrbahnen mittels Seitenkraft-Messverfahren (SKM) [8] durchgeführt. Aus einem Teil der Fahrbahnen konnten Bohrkerns gewonnen werden, die wiederum mit dem Verfahren PWS und PGM im Labor geprüft wurden.

Laboruntersuchungen

Die Charakterisierungsuntersuchungen zeigen, dass die in die Untersuchungen einbezogenen Stahlwerksschlacken als charakteristisch für die in Deutschland erzeugten Schlacken angesehen werden können. Damit können die im weiteren Verlauf des Forschungsprojekts gewonnenen Ergebnisse als typisch für Stahlwerksschlacken verallgemeinert werden. In die Charakterisierungsuntersuchungen wurden fünf LDS-Schlacken (LDS) und fünf Elektroofenschlacken (EOS) einbezogen. Die weitergehenden Untersuchungen zum Griffigkeitsverhalten wurden an jeweils drei LDS und EOS durchgeführt.

Die in die Untersuchungen einbezogenen Laborverfahren zur Prüfung der Polierresistenz nutzen unterschiedliche Prüfkörper und -körnungen. So werden im Verfahren PSV grundsätzlich Gesteinskörnungen 8/10 mm untersucht. Im Verfahren PWS können Gesteinskörnungen der Korngrößen 0,2/0,4 mm, 2/5 mm, 5/8 mm und 8/11 mm untersucht werden, daneben ist jedoch auch die Prüfung von Asphaltoberflächen (Bohrkerne, Laborprobekörper) möglich. Während bei den Verfahren PSV und PWS entsprechend präparierte Probekörper mit definierten Gesteinskörnungen untersucht werden, werden beim Verfahren PGM Gesteine in Asphalten untersucht, also nicht ausgewählte Prüfkorngruppen, sondern Kornzusammensetzungen entsprechend den Asphaltrezepturen. Die Prüfung von Asphaltoberflächen ist nur im Ausnahmefall möglich.

Vergleicht man die Ergebnisse der PSV-Prüfungen mit denen der PWS-Prüfungen am Splitt 8/11 mm, zeigt sich, dass die PSV-Ergebnisse mit 53 bis 61 sämtlich im guten bis sehr guten Bereich liegen: Nur eine LDS verfehlt mit 53 knapp den Anforderungswert für offenporige Asphalte (PSV = 54). Alle anderen Schlacken wären auch für diese anspruchsvolle Bauweise einsetzbar. Legt man für Beurteilungen der PWS-Ergebnisse den üblicherweise herangezogenen Bewertungshintergrund [6] zu Grunde, wird die Polierresistenz der LDS-Proben als niedrig, die der EOS-Proben nur als mittel eingestuft. Beim Vergleich mit den zuvor genannten Ergebnissen der PSV-Prüfungen schneiden die Stahlwerksschlacken bei der Prüfung mittels PWS also durchgehend erheblich schlechter ab. Hintergrund hierfür ist möglicherweise eine Beeinflussung des Messergebnisses durch den bei diesem Verfahren erforderlichen Waschprozess zwischen Polier- und Mess-

vorgang. Infolge einer durch gelösten Kalk gebildeten hauchdünnen Karbonatschicht, die wie ein Schmierfilm wirkt, kann das Prüfergebnis negativ beeinflusst werden. Da die LDS höhere Kalkgehalte aufweisen als die EOS, kommt dieser Aspekt hier stärker zum Tragen. Die in der Literatur [6] für die Kornklasse 8/10 mm bzw. 8/11 mm angegebene Beziehung

$$PSV = 56,3 \cdot PWS + 30,1$$

konnte für die untersuchten Stahlwerksschlacken nicht bestätigt werden.

Vergleicht man die Ergebnisse aus den PGM-Prüfungen mit denen der PSV- und PWS-Prüfungen zeigt sich, dass einem Teil der Schlacken ein positiver Beitrag zu einer hohen Polierresistenz attestiert wird, während andere Stahlwerksschlacken eher schwächere Griffigkeitswerte erwarten lassen. Die Laborpolierverfahren zeigten also insgesamt sehr unterschiedliche Ergebnisse. Abhängigkeiten zwischen den unterschiedlichen Verfahren ließen sich nicht herstellen. Selbst die Reihung der Ergebnisse ist bei den durchgeführten Verfahren unterschiedlich. Dies hängt letztlich damit zusammen, dass die eingesetzten Prüfverfahren sich in Details der Durchführung unterscheiden, die entscheidenden Einfluss auf die Ergebnisse haben.

Von besonderer Bedeutung war im Zusammenhang mit den Laborverfahren auch die Überprüfung eines Teilergebnisses eines vor einiger Zeit durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) geförderten Forschungsvorhabens [9]. Anlass für die seinerzeit durchgeführten Untersuchungen war die Überlegung, auf welche Weise verfahren wird, wenn zum Ablauf der Verjähungsfrist für Mängelansprüche von einer Asphaltdecke die geforderten Griffigkeitsbeiwerte nicht mehr erreicht werden. Durch die Vielzahl der griffigkeitsbeeinflussenden Faktoren erscheint in diesem Fall die Klärung der Ursachen besonders schwierig zu sein. Mit Hinblick auf die Gesteinskörnung ist es grundsätzlich denkbar, dass in einem solchen Fall PSV-Versuche an extrahiertem Material durchgeführt werden. Insofern war es wichtig zu klären, inwieweit eine Bitumenummüllung mit anschließender Extraktion die Ergebnisse der PSV-Prüfungen grundsätzlich verändert.

Zur Klärung dieser Frage wurden in dem genannten BMVBS-Projekt 11 Gesteine mit unterschiedlichem PSV-Niveau untersucht, unter ihnen auch eine Elektroofenschlacke.

Gesteinsart	Rohdichte [g/cm ³]	PSV ₀	PSV an extrahierter Prüfkörnung, Lösemittel: Trichlorethylen	
			B 50/70	PmB 45
LDS-H	3,641	55	54	55
LDS-S	3,566	55	54	56
LDS-T	3,483	54	55	56
EOS-K	3,801	63	61	60
EOS-B	3,365	56	52	52
EOS-H	3,776	57	58	56

Tabelle 1: Zusammenstellung der PSV der untersuchten SWS vom frischen Gestein (PSV₀) sowie nach Extraktion

Nach Ermittlung der PSV am ungebrauchten Gestein ("PSV₀") wurden Asphaltprobekörper mit zwei unterschiedlichen Bindemittelsorten hergestellt und mit unterschiedlichen Lösemitteln extrahiert. An den extrahierten Gesteinen wurden erneut die PSV ermittelt.

Die im Rahmen dieser Untersuchungen gefundenen Ergebnisse zeigen für die Gesteine nach Extraktion teils einen Anstieg, teils einen Abfall des PSV. Für die seinerzeit verwendete Elektroofenschlacke zeigte sich für jede einzelne Prüfung nach Extraktion ein Abfall im Vergleich zum PSV, unabhängig von Bindemittelsorte und Lösemittel.

Um dieser Beobachtung nachzugehen, wurden im Rahmen des jetzt durchgeführten Forschungsprojekts die nun untersuchten Stahlwerksschlacken in exakt der gleichen Weise behandelt, wie seinerzeit die Gesteinskörnungen in dem BMVBS-Projekt. Allerdings wurde die Extraktion auf ein Lösemittel beschränkt, um den Aufwand nicht unnötig in die Höhe zu treiben. Die Ergebnisse sind in [Tabelle 1](#) zusammengestellt.

Die nun ermittelten Ergebnisse zeigen, dass die seinerzeit gefundene Auffälligkeit, dass "ausgerechnet" die untersuchte Elektroofen-

schlacke als einziges Gestein nach Extraktion durchgehend niedrigere PSV aufwies, nicht verallgemeinert werden kann. Ähnlich wie seinerzeit die Naturgesteine zeigen die nun gefundenen Ergebnisse teils eine Zunahme, teils eine Abnahme des PSV nach Extraktion im Vergleich mit den vor Herstellung der Asphalte festgestellten Werten.

Betrachtet man die Ergebnisse genauer, zeigt sich sowohl für die Untersuchungen im BMVBS-Projekt als auch bei den jetzt untersuchten Stahlwerksschlacken, dass tendenziell Gesteine mit niedrigerem PSV eher höhere Werte nach Extraktion aufweisen, Gesteine mit hohem PSV eher niedrigere Werte. Spannweite und Standardabweichung werden kleiner, der Mittelwert der gefundenen Polierwerte ändert sich praktisch nicht. Insofern passt der seinerzeit gefundene Abfall der untersuchten Elektroofenschlacke mit einem hohen PSV₀ durchaus auch zu den damaligen Gesamtergebnissen.

Insgesamt ergeben also die durchgeführten Laboruntersuchungen je nach Verfahren eine sehr unterschiedliche Beurteilung der in der Praxis zu erwartenden Polierresistenz. Welches Verfahren letztlich die "richtigere" Bewertung ermöglicht, kann sich nur durch die Beobachtung des Griffigkeitsverhaltens in der Praxis erweisen. Insofern waren die Messungen der Griffigkeit auf realen Fahrbahnoberflächen von besonderer Bedeutung für das durchgeführte Forschungsprojekt.

Untersuchungen an bestehenden Fahrbahndecken

Um die Griffigkeit von Fahrbahnoberflächen sowohl realitätsnah als auch vergleichbar zu ermitteln, werden heute in der Regel Messungen mit speziellen Messfahrzeugen unter definierten Bedingungen durchgeführt. In Deutschland am meisten verbreitet und für die Abnahme von Fahrbahndecken sowie für die Zustandserfas-

sung im Regelwerk verankert ist das Seitenkraft-Messverfahren (SKM) [8], früher SCRIM (Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine) [10]. Bei diesem Griffigkeitsmessverfahren wird die Seitenkraft an einem definiert schräg laufenden Messrad bestimmt. Das Messprinzip ist in [Bild 1](#) dargestellt.

Der Quotient aus der gemessenen Seitenführungskraft F_y sowie der bekannten Last F_z ergibt den Seitenkraftbeiwert μ_y . Zu den Einflussfaktoren auf die Seitenführungskraft und damit auf den Seitenkraftbeiwert gehören der Schräglaufwinkel, der verwendete Reifen, die Geschwindigkeit, die Wasserschichtdicke und eventuelle Verunreinigungen sowie die Eigenschaften der Fahrbahnoberfläche, weshalb der ermittelte Beiwert zur Bewertung der Griffigkeit der Fahrbahnoberfläche herangezogen werden kann, sofern die zuerst genannten Parameter bekannt sind. Beispielsweise darf die Messung nur auf augenscheinlich sauberen, nicht verunreinigten Oberflächen durchgeführt werden. Dies erfordert im Rahmen des Forschungsprojekts insbesondere bei den Messungen auf Werksstraßen eine Reinigung der zu messenden Fahrbahnen unmittelbar vor den Messfahrten.

Insgesamt konnten die in [Tabelle 2](#) zusammengestellten Strecken in die Untersuchungen einbezogen werden. Es handelte sich bei den Strecken um Werksstraßen mit hohem Schwerverkehrsanteil, um innerörtliche Gemeindestraßen sowie um außerorts liegende Landstraßen und Autobahnen. Hinsichtlich der Mischgutart sind Fahrbahndecken aus Asphaltbeton vertreten, außerdem Splittmastixasphaltdecken sowie offeneporige Asphalte. Teils wurden die Stahlwerksschlacken in beiden Fahrtrichtungen eingesetzt, bei mehrbahnigen Straßen gegebenenfalls auch auf mehreren Fahrstreifen. Diese Möglichkeiten weiterer Messungen wurden jeweils genutzt, um die Gesamtanzahl der Messungen zu erhöhen. Teilweise wurden auch durch die beteiligte Industrie oder interessierte Straßenbaubehörden weitere Messergebnisse aus zurückliegenden Jahren zur Verfügung gestellt. Die Ergebnisse sind ebenfalls in [Tabelle 2](#) wiedergegeben.

Bei den Ergebnissen der in-situ-Messungen mit SKM zeigt ein Vergleich der Einzelwerte mit den Anforderungswerten (zum Zeitpunkt der Untersuchungen [11], heute [12]), dass die unter Verwendung von Stahlwerksschlacken gebauten untersuchten Strecken durchgängig eine gute bis sehr gute Griffigkeit aufweisen. Die für den

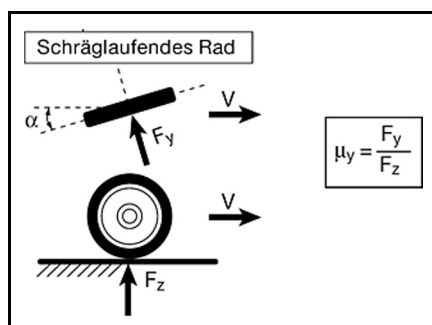


Bild 1: Seitenkraft-Messverfahren: Messprinzip (aus [8])

Lfd. Nr.	Straßenkategorie	Deckschichtmischgut	Baujahr	Messgeschwindigkeit	μ_{SKM} (MW)	μ_{SKM} (Max)	μ_{SKM} (Min)*
1	Gemeindestraße	AB 0/8 mit EOS-K	1995	40 km/h	0,640	0,694	0,607
2	Werksstraße	SMA 0/11S mit LDS-E	2000	40 km/h	0,620	0,683	0,545
3	Werksstraße	SMA 0/11S mit LDS-E	2000	40 km/h	0,559	0,650	0,508
4	Gemeindestraße	SMA 0/11S mit EOS-B	2002	40 km/h	0,653	0,706	0,567
5	Gemeinde-/Landstraße	AB 0/11 S mit LDS-T	2002	40 km/h	0,751	0,833	0,623
6	Landstraße	SMA 0/11S mit LDS-T	2002	60 km/h	0,708	0,857	0,601
7	Landstraße	SMA 0/11S mit EOS-B	2004	40 km/h	0,606	0,705	0,453
8	Autobahn	OPA 0/8 mit EOS-K	2004	80 km/h	0,640	0,733	0,432
9	Autobahn	OPA 0/8 mit EOS-K	2005	80 km/h	0,665	0,722	0,598
10	Autobahn	OPA 0/8 mit EOS-K	2005	80 km/h	0,697	0,740	0,667
11	Werksstraße	SMA 0/11S mit LDS-D	2006	40 km/h	0,713	0,783	0,613
12	Autobahn	OPA 0/8 mit LDS-T	2007	80 km/h	0,549	0,714	0,416

* Bei den OPA resultieren sämtliche μ_{SKM} -(Min)-Werte aus anderen Mischgutsorten auf Brücken o. ä.

Tabelle 2: Ergebnisse der SKM-Messungen

Ablauf der Verjähungsfrist für die Gewährleistung vorgegebenen Anforderungswerte werden durchweg eingehalten, auch in den Fällen, in denen dieser Zeitraum bereits abgelaufen ist. Zwar zeigt der paarweise Vergleich von Messergebnissen unterschiedlicher Zeitpunkte, wie zu erwarten, in jedem Einzelfall eine Abnahme des ermittelten Beiwerts μ_{SKM} mit der Zeit. Diese Abnahme führt allerdings nicht zu Griffigkeitswerten, die griffigkeitsverbessernde Maßnahmen erfordern – nicht einmal bei der ältesten miteinbezogenen Strecke (ca. 15 Jahre alt) oder bei den unter extrem schwerem Verkehr liegenden Werksstraßen, bei denen die polierende Wirkung der SKW-Reifen durch "schmirgelnde" Verschmutzung noch verstärkt wird.

Fazit

Die herangezogenen Laborpolierverfahren zeigten sehr unterschiedliche Ergebnisse; Abhängigkeiten zwischen den unterschiedlichen Verfahren ließen sich nicht herstellen. Selbst die Reihung der Ergebnisse ist bei den durchgeführten Verfahren unterschiedlich. Da die eingesetzten Prüfverfahren letztlich im Detail unterschiedliche Ansätze aufweisen, ist dies wahrscheinlich systematisch begründet und nicht allgemeingültig zu beheben.

Die in-situ-Prüfungen schließlich ergaben für sämtliche untersuchten Fahrbahndecken mit Stahlwerksschlacken gute Ergebnisse. Die eingesetzten Stahlwerksschlacken führten – unabhängig von den jeweiligen Ergebnissen der Laborprüfungen an diesen

Schlacken – in der Praxis zu tadelloser Griffigkeit, selbst bei den seit langem unter teils schwerstem Verkehr liegenden Strecken. Die Messungen in der Praxis belegen also, dass beim Einsatz von Stahlwerksschlacke als Gesteinskörnung für den Bau von Asphaltdecken grundsätzlich von einem positiven Beitrag zur Griffigkeit und damit zur Verkehrssicherheit ausgegangen werden kann.

Die durchgeführten Untersuchungen konnten im Rahmen des Forschungsvorhabens Nr. 14921 N mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. (AiF) verwirklicht werden. Für die Bereitstellung der Fördermittel sei an dieser Stelle besonders gedankt.

Literatur

- [1] DIN 4301:2009-06: Eisenhüttenschlacke und Metallhüttenschlacke im Bauwesen
- [2] Merkel, Th.: Erzeugung und Nutzung von Eisenhüttenschlacken im Jahr 2008, Report des FEHS-Instituts, 16 (2009) 1, S. 8
- [3] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau – TL Gestein-StB, Ausgabe 2004, Fassung 2007

[4] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Merkblatt über die Verwendung von Eisenhüttenschlacken im Straßenbau, Ausgabe 1999

[5] DIN EN 1097-8:2000-01: Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Bestimmung des Polierwertes

[6] Huschek, S.: Die Griffigkeitsprognose mit der Verkehrssimulation nach Wehner/Schulze. Bitumen, 64 (2002) 1, S. 14-18

[7] Gauer, P. K.: Poliersimulation und Griffigkeitsprognose im Labor. Asphalt, 35 (2000) 3, S. 8-19

[8] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Technische Prüfvorschriften für Griffigkeitsmessungen im Straßenbau (TP Griff-StB) – Teil: Seitenkraftmessverfahren (SKM), Ausgabe 2007

[9] Krass, K.; Kollar, J.: Auswirkungen der Extraktion von Gesteinskörnungen aus Asphalt sowie der Porosität von Gesteinen auf den PSV. Schriftenreihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Heft 961, 2007

[10] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Technische Prüfvorschriften für Griffigkeitsmessungen im Straßenbau – Teil: Messverfahren SCRIM, Ausgabe 2001

[11] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Asphalt (ZTV Asphalt-StB), Ausgabe 2001

[12] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt (ZTV Asphalt-StB), Ausgabe 2007

Erzeugung und Nutzung von Eisenhüttenschlacken im Jahr 2008

Dr.-Ing. Th. Merkel

Wie seit vielen Jahren hat der Fachverband Eisenhüttenschlacken e.V. auch für das Jahr 2008 eine Erhebung von Daten zur Erzeugung und Nutzung von Eisenhüttenschlacken durchgeführt, deren Ergebnisse in den Tabellen 1 und 2 zusammengestellt sind. Sowohl bei der Hochofenschlacke als auch bei der Stahlwerksschlacke ist ein Rückgang der Produktionsmengen gegenüber dem Vorjahr zu erkennen. Dieser Rückgang resultiert aus dem massiven Produktionseinbruch im 4. Quartal 2008. Insgesamt wurden mit 14,2 Mio. t etwa 0,5 Mio. t Hochofen- und Stahlwerksschlacke weniger hergestellt als im Vorjahr.

Erzeugung		Mio. t
Schlacke aus Stahloxygenstahlerzeugung		7,81
Schlacke aus sonstiger Roheisenerzeugung		0,11
Summe		7,92
davon:	HS	6,69
	HOS	1,23

Nutzung		Mio. t
HOS-B (Gesteinskörnungen)		0,16
HOS-B (Baustoffgemische)		1,01
HOS-C		0,05
Hüttenkalk		0,01
Hüttenand für Zement		6,43
Hüttenand für Sonstiges		0,13
Eigenverbrauch der Werke		0,10
Zwischenlager		0,03
Summe		7,92

Tabelle 1: Erzeugung und Nutzung von Hochofenschlacke 2008

Bei der Hochofenschlacke ist der Anteil der granulierten Schlacke, des Hüttenands, nochmals angestiegen: Im vergangenen Jahr wurden fast 85 % der erzeugten Hochofenschlacke granuliert. Entsprechend liegt das Schwerkgewicht der Nutzung von Hochofenschlacke auf der Verwendung des Hüttenands als Hauptbestandteil von CEM-II- und CEM-III-Zementen. Für die Hochofenstüchlschlacke ist der Einsatz als Gesteinskörnung zur Herstellung von Asphalt-schichten oder Betonen sowie als Baustoffgemisch zur Herstellung von Tragschichten ohne Bindemittel für den Straßenoberbau von Bedeutung.

Erzeugung		Mio. t
Schlacke aus Oxygenstahlerzeugung		3,45
Schlacke aus Elektrostahlerzeugung		1,89
Schlacke aus Sonderverfahren		0,96
Summe		6,30

Nutzung		Mio. t
Metallurg. Kreislaufführung		0,69
Düngemittel		0,51
Baustoffe (Straßenbau, Erdbau, Wasserbau etc.)		3,66
Sonstiges		0,60
Zwischenlager		0,14
Deponie		0,70
Summe		6,30

Tabelle 2: Erzeugung und Nutzung von Stahlwerksschlacke 2008

Bei den Stahlwerksschlacken sind sowohl die Schlacken aus der Oxygenstahlerzeugung als auch die aus der Elektrostahlerzeugung oder aus Sonderverfahren gegenüber den Vorjahrswerten rückläufig. Dies gilt jedoch nur in Teilen für die Nutzungsgebiete: Die abgesetzte Düngemittelmenge konnte gegenüber dem Vorjahr nochmals gesteigert werden, die Menge der als Baustoffe eingesetzten Stahlwerksschlacken ist praktisch konstant geblieben. Etwas rückläufig ist die Rückführung als Kalk- und Eisenträger in den metallurgischen Kreislauf. Trotz der geringfügig reduzierten

Erzeugung ist eine Zunahme der auf Deponie gelagerten Stahlwerksschlacken festzustellen. Hierfür sind die bis ins 3. Quartal sehr hohen Erzeugungszahlen sowie ein Überangebot an verfügbaren Baustoffen verantwortlich.

Letztlich sind die Produktions- und Nutzungszahlen für Eisenhüttenschlacke im Jahr 2008 von den konjunkturellen Randbedingungen geprägt: der hohen Erzeugung

in den ersten drei Quartalen, gefolgt von einem starken Einbruch bei den Produktionszahlen, einhergehend mit einer im vergangenen Jahr recht stabilen Konjunktur in den für den Einsatz der Schlackenprodukte relevanten Gebieten. Gefördert wurde der Anteil hochwertig genutzter Schlackenprodukte durch die Bemühungen der Produzenten, der Aufbereiter und des beteiligten Handels, die Erzeugnisse optimal im Markt zu platzieren.