

REPORT DES FORSCHUNGSINSTITUTS

**FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT
EISENHÜTTENSCHLACKEN E. V.**

**Bliersheimer Str. 62
4 7 2 2 9 D U I S B U R G
Telefon: 02065/9945 - 0
Telefax: 02065/9945 - 10
E-Mail: fehs @ fehs.de
Internet: http://www.fehs.de**

Dezember 2002

ISSN 0948-4795

9. Jahrgang Nr. 2

Das bevorstehende Jahresende ist uns ein willkommener Anlaß, uns bei den Mitgliedern unserer Gemeinschaftsorganisationen, unseren Geschäftspartnern und unseren Kollegen in privaten und öffentlichen Forschungseinrichtungen sehr herzlich für die vertrauensvolle Zusammenarbeit im Jahr 2002 zu bedanken. Ein besonderer Dank gilt all denjenigen, die sich trotz konjunktureller Schwierigkeiten ehrenamtlich in unseren Gremien engagieren und uns durch ihre Ideen und Beiträge maßgeblich unterstützen, so daß Lösungen für anstehende Fragen schnell erarbeitet werden können und damit die hohe Verwendungsrate von Eishüttenschlacken in Deutschland von über 95 % beibehalten werden konnte.

Der erfolgreiche Abschluß der von EUROSLAG ausgerichteten 3. europäischen Schlackenkonferenz in Nottingham im Oktober 2002 hat gezeigt, daß der Zusammenschluß von Erzeugern und Aufbereitungsfirmen von Eishüttenschlacken auf europäischer Ebene im Jahr 2000 zum richtigen Zeitpunkt erfolgt ist, damit wir uns zukünftig gemeinsam mit unseren Partnern im In- und Ausland den vor uns liegenden Aufgaben stellen können. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund der jetzt bereits beginnenden Vorbereitung für die zweite Generation der europäischen Normen im Baubereich und steigender Umweltauflagen von großer Bedeutung.

Die FEhS und der Fachverband Eishüttenschlacken e.V. werden sich in Zukunft auch weiterhin den vor ihnen liegenden Aufgaben stellen. Das Vertrauen, welches ihren Mitarbeitern in der Vergangenheit entgegengebracht wurde, ist eine große Verpflichtung, mit hohem Engagement die an sie herangetragenen Aufgaben und Wünsche auch weiterhin zuverlässig zu erfüllen.

Unseren Lesern danken wir für das rege Interesse an den in unserem "Report des Forschungsinstituts" veröffentlichten Beiträgen.

**Wir wünschen Ihnen und Ihren Angehörigen ein frohes Weihnachtsfest sowie
Gesundheit, Glück und Erfolg im Jahr 2003.**

Vorstände, Geschäftsführungen und Mitarbeiter der Forschungsgemeinschaft Eishüttenschlacken e. V., des Fachverbands Eishüttenschlacken e.V. und der Arbeitsgemeinschaft Hüttenkalk e.V.

Inhalt	Seite
3. Europäische Schlackenkonferenz E. Lang	1
Konsequenzen aus der Deponie- und der Versatzverordnung M. Kühn	2
Erfolgreiche Akkreditierung der FEhS als PÜZ-Stelle für die Niederlande H. Iffland	5
Neues aus der Normung R. Bialucha, E. Lang	5
Langzeitverhalten feinkörniger Stahl- werksschlacken Th. Merkel, R. Bialucha, A. Jakobs, H. Motz	6

3. Europäische Schlackenkonferenz

Dr.-Ing. E. Lang

Unter der Schirmherrschaft von EUROSLAG trafen sich vom 2. bis 4. Oktober 2002 über 130 Vertreter aus 16 Ländern in Nottingham, Großbritannien, zur 3. Europäischen Schlackenkonferenz. Die "British Geological Survey" stellte auf ihrem umfangreichen historischen Areal nicht nur die

erforderlichen Räumlichkeiten für die Konferenz zur Verfügung, sondern trug auch zu einem Brückenschlag zwischen der Erkundung und Verwendung natürlicher Gesteine und der Verwendung von künstlichen Gesteinen, den Eishüttenschlacken, in ihren unterschiedlichen Arten bei.

In drei Themenkomplexen – Herstellung und Herstellungsverfahren, Anwendung und Normung sowie Umweltverträglichkeit – referierten 15 Experten über den aktuellen Stand. Der Veranstalter hatte nach den einzelnen Themenblöcken ausreichend Zeit für intensive Diskussionen eingeräumt.

Herstellung und Herstellungsverfahren

Einleitend berichtete Andrew Dunster (Building Research Establishment, Großbritannien) über die Erzeugung und Anwendung von Hochofen- und Stahlwerksschlacken als Zuschlag im Bauwesen. Hochofen- und Stahlwerksschlacken können in den meisten Anwendungsfällen natürliche Gesteine ersetzen. In den Standards BS4987 und BS594 sind in Großbritannien die Anwendungen im Asphaltbereich geregelt. Insbesondere für Drainsphalte und lärmindernde Beläge sind Stahlwerksschlacken sehr gut geeignet, aber auch im Betonbau, für gebundene und ungebundene Tragschichten. Aufgrund ihrer hohen Dichte finden Stahlwerksschlacken darüber hinaus ein breites Anwendungsgebiet im Wasserbau zur Verhinderung von Erosion in Küsten- und Uferbereichen, bei der Landgewinnung, aber auch als Schotter beim Gleisbau.

Heribert Motz (FEhS, Deutschland) ergänzte diesen Beitrag durch einen umfassenden Überblick über die Herstellung und Verwendung von luftgekühlten Hochofen- und Stahlwerksschlacken. Im Jahr 2000 wurden in Europa etwa 25 Mio. t Hochofenschlacken erzeugt, davon 29 % als luftgekühlte, 69 % als granuliert und 2 % als pelletierte Schlacken. Die Verwendungsrate liegt in den meisten europäischen Ländern bei annähernd 100 %. An Stahlwerksschlacken wurden 16,8 Mio. t erzeugt. Davon stammen 59 % aus dem LD-Prozeß, 28 % aus dem Elektroofenprozeß und 13 % aus sekundärmetallurgischen Prozessen. Ziel der europäischen Länder ist, ähnlich hohe Verwendungsrate zu erreichen wie bei den Hochofenschlacken.

Jacques Pereme (CTPL, Frankreich) zog einen Vergleich zwischen den Eigenschaften von granulierten und pelletierten Hochofenschlacken. Inzwischen ist es gelungen, den Pelletierprozeß so zu optimieren, daß in Fos sur Mer die Glasgehalte in den pelletierten Hochofenschlacken sich kaum noch von denen in den granulierten Schlacken unterscheiden. Damit sind auch die wesentlichen Eigenschaften dieser beiden Schlackenarten sehr ähnlich.

Schlacken, Abfälle oder Produkt? Für Jürgen Geiseler (Euroslag) und Ismo Vaitinen (SKJ, Finnland) aber auch für die Europäische Kommission keine Frage. Schlacken, die speziell erzeugt oder behandelt werden, um nationale oder relevante internationale Anforderungen und

Standards zu erfüllen, sind nicht als Abfall, sondern als Produkt zu klassifizieren. Die Umsetzung dieser klaren Aussage im Detail ist aber in verschiedenen Ländern, darunter auch in Deutschland, zuweilen noch unbefriedigend.

Ein striktes Qualitäts- und Umweltmanagement wie bei SKJ in Finnland kann sicher einige noch vorhandene Vorbehalte ausräumen. Marko Mäkikyrö informierte über das nach ISO 9001 und ISO 14001 zertifizierte System bei allen SKJ-Unternehmen.

Im Eröffnungsvortrag des zweiten Themenkomplexes berichtete Denis Higgins (Cementitious Slag Makers Association, Großbritannien) über Bodenstabilisierung mit gemahlenem Hüttensand. In Anlehnung an südafrikanische Erfahrungen wird in Großbritannien ein Hüttensand/Kalk-Gemisch zur Bodenstabilisierung eingesetzt. Die bisherigen praktischen Erfahrungen bestätigen die umfangreichen Untersuchungen im Labor. Sie haben gezeigt, daß diese Gemische eine ausgezeichnete Bodenstabilisierung bewirken und diese auch in sulfathaltigen Böden dauerhaft wirksam sind.

Hohe Griffigkeit und hoher Polierwiderstand sind die Kennzeichen von LD-Schlacken, die als Zuschlag im Straßenbau Verwendung finden. Peter Roe (TRL, Großbritannien) wies auf die stetig steigenden Mengen von LD-Schlacken für den Straßenbau hin. Sowohl in Qualität als auch im Preis halten LD-Schlacken jedem Vergleich mit natürlichen Gesteinen für dieses Anwendungsgebiet stand.

John Kennedy (Pavement Engineering Consultant, Großbritannien) gab einen Überblick über 10 Jahre CEN-Normung von "Slag Bound Mixtures". Insgesamt wurden 9 Typen von hydraulisch gebundenen Mischungen und 19 Prüfmethode normenmäßig erfaßt. Kennedy ist optimistisch, daß bis Mitte 2004 die Normen für den allgemeinen Gebrauch zur Verfügung stehen werden und national umgesetzt sind.

Die Verwendung von Hochofen- und Stahlwerksschlacken für die Herstellung von hochwertigen Straßenkonstruktionen unter Nutzung von in-situ-Recyclingmaterial stand im Mittelpunkt des Beitrags von Howard Robinson (Tarmac Group, Großbritannien). Teststrecken in Schottland haben sich bisher bestens bewährt und lassen eine vergleichbare Nutzungsdauer wie konventionelle Straßenbeläge erwarten.

Die vorteilhafte Nutzung von Stahlwerksschlacken im Wasserbau erläuterte Michael Joost (DSU, Deutschland). 350 000 t/Jahr finden in Deutschland allein in diesem Gebiet eine sinnvolle Nutzung.

Die Environment Agency in Großbritannien sieht sich selbst als strengster Umweltregulator in Europa. David Griffiths von Environment Agency führt in den letzten Themenkomplex der Schlackenkonferenz mit der Betrachtung: "Hochofenschlacke und Umwelt; die Sicht eines modernen Regulierers" ein. Ein modernes Umweltmanagement, das alle bekannten Aspekte gegeneinander abwägt, hat in Großbritannien zu einem praktikablen Leitfaden für eine sinnvolle Nutzung von Hochofenschlacken als Gesteinskörnung geführt.

Annette Hill (Scott Wilson, Großbritannien) erläuterte die verschiedenen Auslaugungsverfahren und gab Anregungen für die Interpretation der Ergebnisse.

Die Umweltaspekte von Hochofen- und Stahlwerksschlacken, die als Düngemittel Anwendung finden, betrachtete Martin Rex (Landwirtschaftliche Beratung Thomasdünge, Deutschland). Diese Schlacken werden seit Jahrzehnten nutzbringend in der Land- und Forstwirtschaft eingesetzt. Die zwischenzeitlich aufgrund der in den Schlacken enthaltenen Spurenelemente aufgetretenen Bedenken konnten durch umfangreiche Untersuchungen widerlegt werden.

Hüttensande sind ein in besonderem Maß geeigneter Rohstoff, um die CO₂-Emissionen und den Energieverbrauch in der Zementindustrie zu senken. Andreas Ehrenberg (FEhS, Deutschland) berichtete umfassend auf der Grundlage weltweit recherchierter Daten über das Potential von Hüttensand zur Verminderung des Ausstoßes von CO₂.

Die Nutzung von Stahlwerksschlacken zur Behandlung von sauren Drainagewässern war das Thema von Paul Ziemkiewicz und Jennifer Simmons (National Mine Land Reclamation Center, USA). Vor der inzwischen erfolgreichen praktischen Nutzung wurden sehr umfangreiche Auslagerungsversuche unter verschiedenen pH-Werten durchgeführt. Sowohl die Laborergebnisse als auch die kontinuierlichen Messungen am McCarty Highwall in West Virginia zeigen, daß alle in den Schlacken enthaltenen Metalle in unlöslicher Form eingebunden sind.

Jürgen Geiseler, Chairman von EUROSLAG, konnte nach diesen 15 Vorträgen und den zahlreichen Diskussionsbeiträgen ein rundum positives Fazit für die 3. Europäische Schlackenkonferenz und für die gegenwärtige und zukünftige Nutzung von Eisenhüttenschlacken ziehen.

Die gute Resonanz hat gezeigt, daß europa- und weltweit großes Interesse an der Nutzung von Eisenhüttenschlacken in den unterschiedlichsten Bereichen des Bauwesens und als Düngemittel besteht. Aufbereitungstechnik, Eigenschaften der erzeugten Produkte und die Nachhaltigkeit stehen

dabei im Vordergrund. Die Vielzahl der hierzu noch zu erörternden Fragestellungen hat EUROSLAG veranlaßt, für 2004 die 4. Europäische Schlackenkonferenz zu planen. Details werden zu gegebener Zeit auf den Webseiten der FEhS und von EUROSLAG veröffentlicht.

Konsequenzen aus der Deponie- und der Versatzverordnung

Dr.-Ing. M. Kühn

In der abgelaufenen Legislaturperiode sind zwei neue Verordnungen verabschiedet worden, die auch für die Ablagerung von Hüttenreststoffen weitreichende Konsequenzen haben. Mit diesen Verordnungen werden die oberflächliche Ablagerung und die Verbringung von Abfällen unter Tage neu geregelt.

Die **Deponieverordnung (DepV)** ist zum 1. August 2002 in Kraft getreten, siehe Bild 1. Die Überarbeitung der DepV wurde notwendig, da neue Elemente des Kreislaufwirtschafts- / Abfallgesetzes, des Immissionssschutzes und der europäischen Deponierichtlinie in die Verordnung aufzunehmen waren. Ziel der Überarbeitung der DepV war es, die europäische Deponierichtlinie in nationales Recht umzusetzen unter der Berücksichtigung der bereits umgesetzten Vorgaben in der Abfallablagerversordnung (AbfAbV) und des Artikelgesetzes. Es hat sich allerdings gezeigt, daß die EU-Richtlinie in der DepV nicht vollständig umgesetzt wurde. Es fehlen vor allem notwendige Ausnahmeregelungen für Inertstoffe.

Nachfolgend werden die wichtigsten Punkte der DepV kurz erläutert:

Für Inertstoffdeponien (Deponieklasse 0) sieht die DepV keine Ausnahmeregelung vor, d.h. auch für solche Deponien sind die erforderlichen Sicherungsleistungen zu erbringen.

Wichtig ist, daß unter dem § 2 Abs. 25: Spezifische Massenabfälle, im Absatz c: auch Abfälle aus der Eisen-, Stahl- und Gießereiindustrie aufgenommen wurden. Somit werden jetzt auch die Deponiestoffe aus der Eisen- und Stahlindustrie in der DepV geregelt.

Der Betrieb von sogenannten Altdeponien ist bis max. 15.07.2005 verlängerbar. Hierbei wurde, ähnlich wie bei der Ablagerung unter Tage bis max. 15.07.2009, eine Verlängerung der Fristen erreicht, womit

Teil 1:	Bestimmung von Anwendungsbereich und Begriffen
Teil 2:	Regelungen für Errichtung und Betrieb von Deponien Klasse 0 bis IV (Inbetriebnahme, Voraussetzungen, Annahmeverfahren, Emissionsüberwachung etc.)
Teil 3:	Stilllegung und Nachsorge
Teil 4:	Altdeponien (Oberirdisch / Untertagedeponien)
Teil 5:	Langzeitlager (inkl. Stilllegung und Nachsorge)
Teil 6:	Sonstige Vorschriften (z.B. Sicherheitsleistung, Öffentlichkeitsbeteiligung, Behördliche Entscheidungen)
Teil 7:	Regelung von Ordnungswidrigkeiten und Inkrafttreten
Anh.:	Anforderungen an Deponien, Langzeitsicherheitsnachweis, Zuordnungskriterien, Beprobung/Analyse etc.

Bild 1: Inhaltsübersicht der Deponieverordnung (1. August 2002)

der späten Umsetzung der DepV Rechnung getragen wurde.

Die Ablagerung unter Tage wird in der Deponieklasse IV geregelt. Die Ablagerung in Salzgestein wird im Anhang 2, DepV eindeutig beschrieben. Der Zusatz "und in anderen Gesteinsformationen" wurde wieder gestrichen. Für die Ablagerung in anderen Gesteinen als Salzgestein sind enge Grenzwerte insbesondere für die Eluate gesetzt worden, die sich an den Geringfügigkeitsschwellenwerten der Bodenschutzverordnung orientieren, um dem notwendigen Schutz des Grundwassers Nachdruck zu verleihen.

Für die Deponieklassen I und II wurden die bisher nach TA Siedlungsabfall (TASi) geltenden Werte für Abdichtungen wieder eingeführt, so daß für mineralische Oberflächenabdichtungen wieder ein Dichtigkeitsbeiwert von $k = 5 \cdot 10^{-9}$ m/s gilt, anstelle des zunächst vorgeschlagenen Wertes von $5 \cdot 10^{-10}$ m/s. Die Zuordnungskriterien für Deponieklassen 0 und III und für die Deponieklasse IV in anderen

Gesteinen als Salzgestein ist im folgenden Bild 2 zusammengefaßt. Daraus geht hervor, daß für die Ablagerung unter Tage in anderen Gesteinsformationen als Salzgestein weit engere Grenzwerte gelten als für die obertägige Ablagerung.

Für die Reststoffe aus der Stahlindustrie konnte eine Ausnahme beim TOC (total organic carbon)-Gehalt erreicht werden. Wenn der C-Gehalt als elementarer Kohlenstoff vorliegt, gilt die Begrenzung für TOC, Bild 2, nicht. Probleme beim Umgang mit der neuen DepV ergeben sich vor allem aus den ständigen Verweisen auf andere Verordnungen, z.B. TA Abfall, TA Siedlungsabfall, Abfallablagerversordnung, Nachweisverordnung und Verwaltungsverfahrenverordnung. Zur besseren Umsetzung der DepV wurde daher eine Arbeitsgruppe, in der auch Vertreter der Stahlindustrie mitarbeiten, geschaffen, die einen Leitfaden zum Vollzug der DepV erarbeiten soll. Ziel ist es, die DepV zu erläutern und in Merkblättern im Anhang die Ablagerung von Stoffen möglichst einfach und verständlich zu regeln. Der erste Entwurf des Leitfadens,

der im Frühjahr 2003 zur Verfügung stehen soll, besteht bisher aus einem "Rechtlichen Teil" und einem "Technischen Teil".

Ebenfalls neu ist die **Verordnung zum Versatz von Abfällen unter Tage (VersatzV) Bild 3**. Im Gegensatz zur DepV ist das Hauptziel der VersatzV die Nutzung der bauphysikalischen Eigenschaften eines Abfalls zu bergbaulichen Zwecken und als Ersatz für andere Materialien (entsprechend der Abfallverwertung).

Von besonderer Bedeutung für die Eisen- und Stahlindustrie ist § 3, der den Vorrang der Rückgewinnung von Metallen fordert: "Abfälle, welche die in Anlage 1 aufgeführten Metallgehalte erreichen, dürfen weder zur Herstellung von Versatzmaterial noch unmittelbar als Versatzmaterial eingesetzt werden, wenn die Gewinnung der Metalle aus den Abfällen technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar sowie unter Einhaltung der Anforderungen an die Zulässigkeit einer solchen Verwertung durchführbar ist."

In der Anlage 1 der Verordnung werden die Metallgehalte aufgeführt, die für eine Versatzregelung nicht überschritten werden dürfen:

Zink	100 g/kg	Zinn	15 g/kg
Blei	100 g/kg	Chrom	150 g/kg
Kupfer	10 g/kg	Nickel	25 g/kg

Insbesondere die Zinkgehalte im Staub sind für Elektrostahlwerke, die ihre Stäube in den Versatz bringen, von großer Bedeutung. Der Zinkgehalt in den Ofenstäuben liegt zwischen 10 % und 35 %. Stäube mit Gehalten über 15 % Zn im Staub können in der Regel einer Rückführung zugeführt werden. Auch für Stäube bis zu ca. 8 % Zn ist eine Rückgewinnung möglich. Problematisch ist jedoch der Bereich zwischen 10 % und 15 % Zn. Diese Stäube sind nur mit sehr großem Aufwand einer Rückgewinnung zuzuführen. Entsprechende Anreicherungsanlagen fehlen in der Regel. Bei den niedrigen Gehalten um 10 % Zn ist eine Anreicherung dann nur über eine Rezirkulation des Staubes in den Elektroöfen möglich, wobei die Wirtschaftlichkeit in Frage gestellt werden muß, da sich dabei Zn-Gehalte im Staub einstellen, die für eine ökonomisch vertretbare Zn-Rückgewinnung noch immer zu niedrig sind. In Anlage 2 der VersatzV werden die Feststoffgehalte in den bergbaulich genutzten Mischungen sowie deren Auslaugung festgelegt, die aber von den Stäuben bisher immer eingehalten werden konnten.

Nr.	Parameter		DK 0	DK III	DK IV in anderen Gesteinen als Salzgestein
1	Festigkeit				
1.01	Flügelscherfestigkeit	in kN/m ²	> 25	> 25	
1.02	Axiale Verformung	in %	< 20	< 20	
1.03	Einaxiale Druckfestigkeit	in kN/m ²	> 50	> 50	
2	Organischer Anteil des Trockenrückstandes in der Originalsubstanz				
2.01	bestimmt als Glühverlust	M.- %	< 3	< 10	
2.02	bestimmt als TOC	M.- %	< 1	< 6	
3	Extrahierbare lipophile Stoffe der Originalsubstanz	M.- %	< 0,1	< 4	
4	Eluatkriterien				
4.01	ph-Wert	-	5,5-13	4-13	5,5-13
4.02	Leitfähigkeit	µS/cm	< 1000	< 100000	< 1000
4.03	TOC	mg/l	< 5	< 200	< 5
4.04	Gesamtphenol	mg/l	< 0,05	< 100	< 0,05
4.05	Arsen	mg/l	< 0,04	< 1	< 0,01
4.06	Blei	mg/l	< 0,05	< 2	< 0,025
4.07	Cadmium	mg/l	< 0,004	< 0,5	< 0,005
4.08	Chrom VI	mg/l	< 0,03	< 0,5	< 0,008
4.09	Kupfer	mg/l	< 0,15	< 10	< 0,05
4.10	Nickel	mg/l	< 0,04	< 2	< 0,05
4.11	Quecksilber	mg/l	< 0,001	< 0,1	< 0,001
4.12	Zink	mg/l	< 0,3	< 10	< 0,05
4.13	Fluorid	mg/l	< 0,5	< 50	< 0,05
4.14	Ammoniumstickstoff	mg/l	< 1	< 1000	< 1
4.15	Cyanid, leicht freisetzbar	mg/l	< 0,01	< 1	< 0,01
4.16	AOX	mg/l	< 0,05	< 3	< 0,05
4.17	Wasserlöslicher Anteil (Abdampfrückstand)	M.-%	< 1	< 10	< 1

Bild 2: Zuordnungskriterien für Deponien der Klassen 0; III und IV in anderen Gesteinen als Salzgestein

§1/2	Anwendungsbereich und Begriffsbestimmungen
§3	Vorrang der Rückgewinnung von Metallen
§4	Stoffliche Anforderungen an Abfälle
§5	Inverkehrbringen von Abfällen (als Versatzmaterial)
§6/7	Übergangsregelung für abgeschlossene Entsorgungsverträge vom 01.03.2002 bis 1.03.2006 und Ordnungswidrigkeiten
Anlagen	
-	Grenzwertkonzentration für Metalle im Abfall,
-	Grenzwerte für Feststoffe / Eluate
-	Probenahme und Analytik
-	Durchführung des Langzeitsicherheitsnachweises

Bild 3: Inhaltsübersicht der VersatzV

Die Nutzung von Stäuben aus der Eisen- und Stahlerzeugung in Versatzmischungen bleibt auch in Zukunft eine alternative Nutzungsmöglichkeit. Der Gesetzgeber hat jedoch der Rückgewinnung von Metallen den Vorrang eingeräumt und die Überschreitung von Metallgehalten in **den einzelnen Mischungskomponenten** begrenzt. Damit ergibt sich eine Nut-

zungslücke für Stäube mit einem Zn-Gehalt zwischen 10 % bis 15 %. Die Verwertung solcher Stäube wird in Zukunft dann nur noch mit hohen Zuzahlungen möglich sein. Dies ist aber nur wirtschaftlich zumutbar, wenn die Kosten der Verwertung nicht unzumutbar höher als die zur Beseitigung des Stoffes liegen. Hierzu hat der Bundestag verlauten lassen, daß

den Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie höhere Entsorgungskosten entstehen können, die aber angesichts des geringen Anteils der in den Versatz

gelangenden Stahlwerksstäube als geringfügig anzusehen sind. Diese Sicht ergibt sich aus der alleinigen Betrachtung der Statistik. Gerade mit der Versatzmög-

lichkeit ist für einzelne Werke der einzig wirtschaftlich gangbare Weg gegeben, Stäube ökonomisch einer Verwertung zuzuführen.

Erfolgreiche Akkreditierung der FEhS als Prüf-, Überwachungs-, und Zertifizierungsstelle für die Niederlande nach Bauproduktenrichtlinie

Dipl.-Ing. H. Iffland

Die Baustoffverordnung der Niederlande (*Bouwstoffenbesluit*) fordert für Probenehmer, Prüflaboratorien und Zertifizierungsstellen eine Anerkennung gemäß der eigens hierfür eingeführten nationalen niederländischen Akkreditierungsrichtlinie AP04. Nicht-niederländische Unternehmen haben jedoch die Möglichkeit ebenfalls durch das niederländische Umweltministerium (VROM) anerkannt zu werden, wenn eine dazu befugte dritte Stelle versichert, daß das Unternehmen in der Lage ist, konform den Anforderungen der AP04 zu arbeiten. Die FEhS hat mit der bauaufsichtlichen Anerkennung (Kennziffer NRW 005) als Prüf-, Überwachungs-, und Zertifizierungsstelle nach Artikel 16 Abs. 2 der Richtlinie 89/106/EWG (Bauproduktenrichtlinie) durch das *Ministerium für Städte-*

bau und Wohnen, Kultur und Sport des Landes Nordrhein-Westfalen ihre Fähigkeit konform AP04 zu arbeiten dokumentiert. Der Bescheid über die Anerkennung wurde am 21.06.2002 ausgesprochen. Auf Basis dieser Anerkennung hat die FEhS einen



Lizenzvertrag mit der niederländischen *Stichting Bouwkwaliiteit* (SBK) abgeschlossen, der es der FEhS ermöglicht, Baustoffzertifikate mit NL-BSB-Logo auszustellen. Zusätzlich zu einer Akkreditierung nach AP04 oder einer bauaufsichtlichen Anerkennung gemäß Artikel 16 der Bauproduktenrichtlinie behält sich das VROM das Recht auf eine "Anweisung zur Zertifizierung", also auf die Aussprache einer Berechtigung zur Ausstellung von Zertifikaten vor. Die FEhS hat diese "Anweisung zur Zertifizierung im Sinne des niederländischen *Bouwstoffenbesluit*" zeitgleich mit dem Abschluß des Lizenzvertrags mit der SBK beim VROM beantragt. Die SBK hat zugesagt, diese Anweisung bis Ende 2002 für die FEhS zu erreichen.

Neues aus der Normung

Dr.-Ing. R. Bialucha und Dr.-Ing. E. Lang

Nach der bauaufsichtlichen Einführung der DIN EN 197, der DIN EN 206 sowie der vier Teile der DIN 1045 lagen die Schwerpunkte der Normung und Regelwerke im Bereich Zement und Beton bei der Prüfung von Festbeton, der Erarbeitung der Norm für Silikastaub, der Überarbeitung der DIN EN 450 und der Erarbeitung der ZTV-ING.

Seit Mai 2002 liegt der Entwurf der DIN EN 12390-9: Prüfung von Festbeton, Teil 9: Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand, Abwitterung vor. Diese Norm beinhaltet drei unterschiedliche Prüfverfahren und zwar das Plattenprüfverfahren (Referenzverfahren) und alternativ das Würfelverfahren und das CDF/CF-Verfahren. Diese Prüfverfahren sehen unabhängig von der Zementart eine einheitliche Vorlagerung vor. Aus zahlreichen Untersuchungen ist bekannt, daß Betone mit langsam erhärtenden Zementen dabei benachteiligt werden. Die FEhS hat deswegen Einspruch erhoben und vorgeschlagen, in Anlehnung an die Nachbehandlungsregelungen eine Differenzierung der Lagerungsbedingungen vor Beginn der Frostprüfung vorzusehen. Der Normenent-

wurf DIN EN 13263-1 und -2 "Silikastaub für Beton" liegt seit Oktober 2002 vor. Der Teil 1 beinhaltet die Definitionen, Anforderungen und die Konformitätskriterien und der Teil 2 die Konformitätsbewertung. Bisher gab es für Silikastaub weder eine nationale noch eine europäische Norm.

Die beiden Teile der DIN EN 450 "Flugasche für Beton" wurden überarbeitet. Die wesentlichen Änderungen sind neben einer allgemeinen Anpassung an den Stand der Technik zusätzliche Regelungen für Flugaschen mit Anteilen aus Mitverbrennungsstoffen und im Anhang ZA Regelungen zur Erteilung des CE-Zeichens.

Die Bundesanstalt für Straßenwesen hat in der Vergangenheit für ihren Zuständigkeitsbereich verschiedene "Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien, ZTV" herausgegeben. Mit der Einführung der eingangs genannten Normen war eine Überarbeitung dieser Regelwerke erforderlich. Außerdem mußten eine Reihe von technischen Weiterentwicklungen berücksichtigt werden. Dies wurde zum

Anlaß genommen die einzelnen ZTV nicht nur zu überarbeiten sondern zu einem Paket als "Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten - ZTV-ING" zusammenzufassen. Die ZTV-ING wird 10 Teile beinhalten, wie Grund-, Massiv-, Stahl- und Tunnelbau, Bauverfahren, Brückenbeläge, Bauwerksausstattungen aber auch Bauwerke wie Lärmschutzwände u.a. Im November 2002 endete die Frist für Stellungnahmen und Einsprüche.

CEN TC 292 "Charakterisierung von Abfallstoffen"

Von der Arbeitsgruppe 2 "Auslaugverfahren" des CEN/TC 292 wurde ein Auslaugverfahren für stückige Abfälle und Schlämme erarbeitet. Die aus 4 Teilen bestehende Norm EN 12457-1 bis -4 wurde in der "Formellen Abstimmung" im Juli 2002 angenommen. Dabei wurden die ersten 3 Teile der Norm mit Ausnahme von 2 Enthaltungen (Portugal und Schweiz) von allen Mitgliedsstaaten akzeptiert, während der 4. Teil von Schweden abgelehnt wurde.

Die 4 Teile unterscheiden sich im wesentlichen hinsichtlich der Eluent/Feststoff-Verhältnisse und der maximalen Korngröße der Proben. Teil 4 der EN 12457 entspricht mit einer zulässigen Maximalkörnung von 10 mm am ehesten der bisher in der deutschen Gesetzgebung verankerten Norm DIN 38414 Teil 4 und soll diese zukünftig ersetzen. Die Ergebnisse der sehr umfangreichen Validierungsversuche, an denen sich auch die FEhS beteiligt hat, sind in

Kapitel 8 der Europäischen Norm eingeflossen. Es hat sich gezeigt, daß Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit bei den gemäß Teil 2 bzw. 4 der Norm durchgeführten Versuchen, die sich ausschließlich hinsichtlich des ausgelaugten Maximalkorns unterscheiden, vergleichbar sind. Damit konnten die Bedenken einiger Länder ausgeräumt werden, die deutlich schlechtere Reproduzierbarkeiten für grobstückigeres Material erwartet hatten. Vor

dem Hintergrund dieser Ergebnisse ist die Ablehnung von Teil 4 durch Schweden unverstänlich.

CEN TC 154 "Gesteinskörnungen"

Von dem CEN/TC 154 wurde die Norm EN 13383 Wasserbausteine – Teil 1: "Anforderungen" und Teil 2 "Prüfverfahren" erarbeitet. Diese sind jetzt als DIN EN 13383-1 und 13383-2 erschienen.

Langzeitverhalten feinkörniger Stahlwerksschlacken

Dr.-Ing. Th. Merkel, Dr.-Ing. R. Bialucha, Dipl.-Chem. A. Jakobs, Dr.-Ing. H. Motz

Einleitung

Im Jahr 2001 wurden in Deutschland bei der Herstellung von Rohstahl und den nachgeschalteten Produktionsprozessen etwa 5,5 Mio. t Stahlwerksschlacken gewonnen [1]. Davon wurden etwa 4,5 Mio. t zu Stückschlacken verarbeitet, die heute im wesentlichen im Bauwesen Anwendung finden. Die restlichen ca. 1 Mio. t Stahlwerksschlacken liegen, bedingt durch Zerfallsmechanismen während des Abkühlungsprozesses oder durch Hydratationsreaktionen bei der Zwischenlagerung, in feinkörniger Form vor.

Diese feinkörnigen Schlacken wurden in den vergangenen Jahren insbesondere für Auffüllungen oder im ländlichen Wegebau eingesetzt. Dabei lagen Einzelzulassungen hinsichtlich der technischen Eigenschaften und der Umweltverträglichkeit vor. Da insbesondere im Hinblick auf die Prüfung der Umweltverträglichkeit nur geringe Erfahrungen bezüglich der zu untersuchenden Parameter bestand, wurde ein Merkblatt über die Verwendung von feinkörnigen Stahlwerksschlacken [2] erarbeitet und 1998 veröffentlicht. Es umfaßt im wesentlichen die damals auf der Basis von Kurzzeit-Auslaugungsverfahren vorliegenden Erfahrungen und gibt Leitparameter an, die für eine Routineuntersuchung im Rahmen einer Güteüberwachung angewandt werden können.

Daneben zeigte sich, daß bei der Verwendung von feinkörnigen Stahlwerksschlacken im Straßen- und Erdbau in Einzelfällen nach einer gewissen Lagerungszeit Hebungen an der Oberfläche der Bauwerke festgestellt wurden, die auf mangelnde Raumbeständigkeit zurückgeführt wurden. Daher wurde ein Forschungsvorhaben initiiert, um mit Hilfe geeigneter Prüfverfahren die Raumbeständigkeit und das Umweltverhalten von feinkörnigen Stahlwerksschlacken für den Straßen- und Erdbau unter besonderer Berücksichtigung des Langzeitverhaltens zu untersuchen.

Die nachstehend beschriebenen Untersuchungen sind aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e. V. (AiF) unter der Projektnummer AiF 12722 gefördert worden. Hierfür sei an dieser Stelle besonders gedankt.

Die nachstehend beschriebenen Untersuchungen sind aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e. V. (AiF) unter der Projektnummer AiF 12722 gefördert worden. Hierfür sei an dieser Stelle besonders gedankt.

Basischarakterisierung

In die Untersuchungen wurden insgesamt 14 feinkörnige Stahlwerksschlacken aus 11 Produktionsstandorten einbezogen. Zur Basischarakterisierung wurden röntgenographische Untersuchungen und Feststoffanalysen auf Haupt- und Nebenbestandteile sowie relevante Spurenelemente durchgeführt. Außerdem wurden zur Bewertung der Auslaugbarkeit Eluate nach dem modifizierten DEV-S4-Verfahren [3] hergestellt und darin die Konzentrationen umweltrelevanter Parameter gemessen.

Dabei zeigte sich, daß die Eluatkonzentrationen bei vielen der untersuchten Schlacken sehr gering waren. Schließlich wurden für die weitergehenden Untersuchungen zwei Schlacken ausgewählt, bei denen zumindest hinsichtlich einiger Parameter Eluatkonzentrationen gefunden wurden, die eine Differenzierung je nach angewandtem Prüfverfahren erwarten ließen.

Für die Untersuchungen zur Raumbeständigkeit wurde eine feinkörnige Stahlwerksschlacke ausgewählt, die aufgrund ihrer MgO- und CaO_{frei}-Gehalte deutliche Volumenzunahmen erwarten ließ, um auch

hier die Differenzierung der Meßergebnisse zu erleichtern.

Bei der Bewertung der nachfolgend wiedergegebenen Untersuchungsergebnisse ist folglich zu beachten, daß sowohl hinsichtlich des Auslaugeverhaltens als auch hinsichtlich der Raumbeständigkeit gezielt Schlacken ausgewählt wurden, die bisher im Bauwesen nicht zum Einsatz kommen.

Untersuchungen zum Langzeitauslaugeverhalten

Die Umweltverträglichkeit feinkörniger Stahlwerksschlacken wird, analog zu derjenigen von Stückschlacken, anhand des Auslaugeverhaltens beurteilt. Erfahrungen hierzu liegen für Stückschlacken in großem Umfang vor und sind bereits in zahlreiche Regelwerke eingeflossen (z. B. [4, 5]). Für feinkörnige Stahlwerksschlacken ist das Datenmaterial bezüglich der wasserwirtschaftlichen Verträglichkeit deutlich geringer. Aber auch die durchgeführten Versuche wurden bisher fast ausschließlich an losem, unverfestigtem Material durchgeführt. Es ist jedoch bekannt, daß feinkörnige Stahlwerksschlacken nach dem Einbau und der Verdichtung wenig durchlässig sind und zusätzlich mit der Zeit verfestigen, wodurch sich auch die Auslaugbarkeit verringert [6]. Konkrete Erfahrungen bezüglich des Langzeitauslaugeverhaltens lagen jedoch noch nicht vor.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden daher nach Abschluß der beschriebenen Basischarakterisierung die beiden ausgewählten Schlacken sowohl auf ihr Kurzzeitauslaugeverhalten als auch auf ihr langfristiges Auslaugeverhalten untersucht. Für die Langzeitversuche wurden zylindrische Probekörper mit definierter Verdichtungsenergie hergestellt (Proctorkörper [7]). Ein Teil der Probekörper wurde

nach 28tägiger Feuchtlagerung den Auslaugungsuntersuchungen unterzogen, weitere Probekörper wurden zunächst ein halbes Jahr gelagert und erst dann nach den gleichen Verfahren ausgelaugt.

Aus der Fülle der Daten seien hier beispielhaft einige Ergebnisse zur Chromauslaugung einer Edelstahlschlacke vorgestellt. An dieser Schlacke wurden u. a. Auslaugungen nach dem modifizierten DEV-S4-Verfahren [3] und dem Trogverfahren [8] sowie nach dem niederländischen Diffusionstest ("64-Tage-Standtest") [9] durchgeführt.

Die Kurzzeitversuche zeigten, daß die Chromkonzentrationen der mit den Probekörpern aus verfestigter Schlacke gewonnenen Eluate unterhalb der Bestimmungsgrenze lagen - im Gegensatz zu den Versuchen mit unverfestigtem Material. Meßbare Ergebnisse hingegen ergaben sich beim Einsatz der Probekörper im Diffusionstest, bei dem mit angesäuertem Wasser gearbeitet wird. In Bild 1 läßt sich zum einen erkennen, daß eine längere Lagerungsdauer der Probekörper infolge der weiter zunehmenden Verfestigung eine verringerte Auslaugung bewirkt. Zum anderen wird in der Abbildung auch ein deutliches Abklingen der Auslaugerate in Abhängigkeit von der Zeit sichtbar. Nach einer anfänglich höheren Auslaugung ergeben sich auch bei den im Vergleich zum Trogverfahren verschärften Prüfbedingungen schnell nur noch geringe Auslaugewerte.

Untersuchungen zur Raumbeständigkeit

Basis für die Untersuchungen zur Raumbeständigkeit von stückigen Stahlwerksschlacken bildet der Dampfversuch [10]. Da feinkörnige Stahlwerksschlacken in verdichtetem Zustand nur sehr schwer von Wasserdampf durchströmt werden können, mußte untersucht werden, inwieweit dieser Versuch zu modifizieren war oder ob generell andere Versuchstechniken angewandt werden müssen.

Als erste Möglichkeit wurde daher vorgesehen, die Raumbeständigkeit der feinkörnigen Stahlwerksschlacken mit Hilfe eines Schwellmaßes zu beurteilen. Für diesen Versuch wurden verdichtete Probekörper in Stahlzylindern auf feuchten Filzstreifen gelagert, damit das zur Auslösung von Hydratationsvorgängen notwendige Wasser vom Probekörper kontinuierlich angesaugt werden konnte. Die Versuche sind sowohl bei Raumtemperatur als auch zur Erzielung

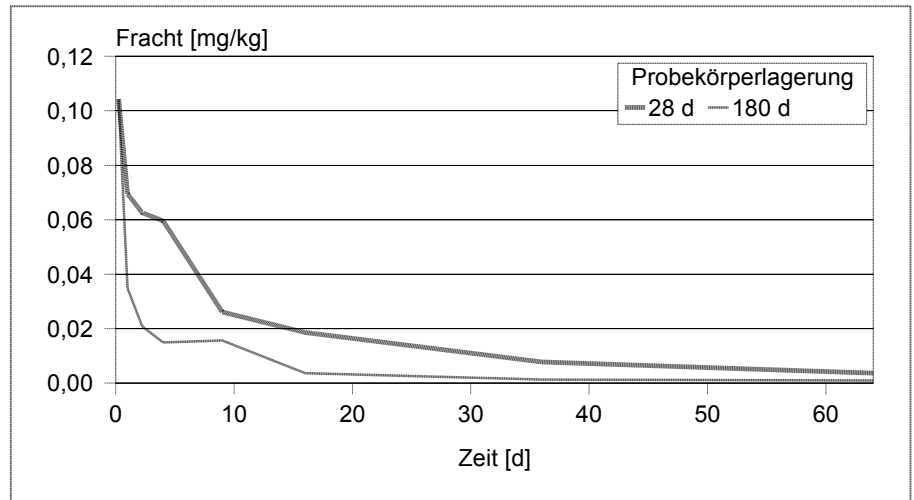


Bild 1: Täglich eluierte Cr_{ges.}-Fracht pro Meßperiode beim 64-Tage-Standtest

eines Zeitraffereffekts bei einer Temperatur von 40 °C durchgeführt worden. Es zeigte sich, daß bei der Temperatur von 40 °C durchaus meßbare Volumenzunahmen auftraten. Für eine Routineprüfung ist dieses Verfahren allerdings wegen der langen Laufzeit nicht einsetzbar. Bild 2 zeigt ein Beispiel für die Meßergebnisse.

Um zu untersuchen, ob bei höherer Temperatur ein weiterer Zeitraffereffekt herbeigeführt werden kann, wurden daneben auch Modifikationen des Dampfversuchs [10] vorgenommen. Aus früheren Untersuchungen war bekannt, daß bei den hier auftretenden Temperaturen keine Mineralneubildungen auftreten, die zu einer Verfälschung der Versuchsergebnisse führen würden. Es wurden beispielsweise Proctorkörper [7] hergestellt und in Glaskugeln gebettet im Dampfgerät bedampft. Durch die Glaskugeln konnten die Probekörper mit Dampf umströmt und die auftretenden Volumenzunahmen zum Wegaufnahmeübertragen werden. Es ergab sich bei diesen Versuchen ein deutlicher

Volumenanstieg binnen weniger Tage.

Die Bewertung der Raumbeständigkeit von feinkörnigen Stahlwerksschlacken ausschließlich mit Hilfe von Laborprüfverfahren läßt allerdings die Frage offen, inwieweit unter Praxisbedingungen die im Labor gemessenen Volumenzunahmen tatsächlich auftreten. Auch wenn für die hier beschriebenen Untersuchungen gezielt eine Schlacke ausgewählt wurde, die im Bauwesen aufgrund ihrer hohen Volumenzunahme nicht eingesetzt würde, ist diese Frage von Bedeutung, wenn im Regelwerk Anforderungen an die Raumbeständigkeit festgelegt werden sollen. Aus diesem Grund mußten in Ergänzung zu den Laborversuchen halbtechnische Versuche durchgeführt werden, die das Verhalten der feinkörnigen Stahlwerksschlacken unter Praxisbedingungen simulieren sollen.

Es wurden daher zum Abschluß des Forschungsvorhabens drei Versuchsfelder mit der auch in den Laborversuchen verwendeten feinkörnigen Stahlwerksschlacke

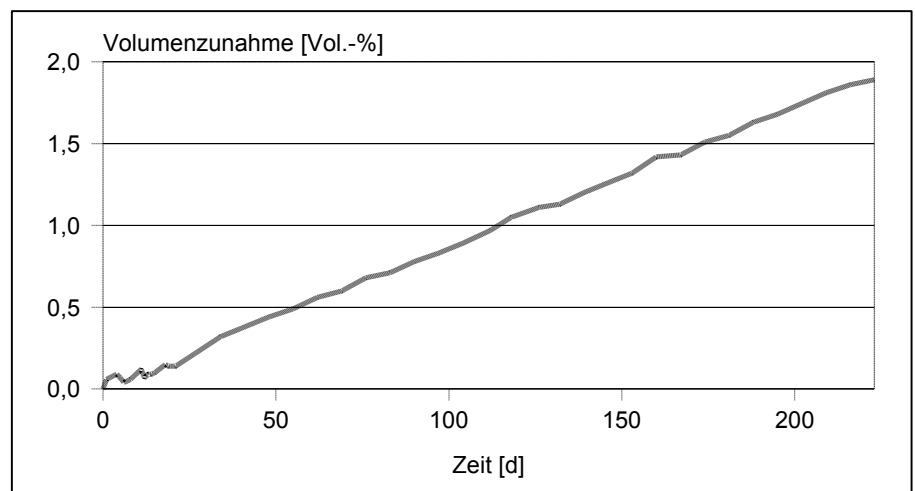


Bild 2: Volumenzunahme im Labor bei kontinuierlicher Feuchtigkeitszufuhr und 40°C

gebaut. Zur Simulation unterschiedlicher Bewitterungszustände und Bauweisen wurde neben einem Feld ohne Oberflächenabdeckung bei zwei weiteren Feldern eine Belastung durch Beton-Gehwegplatten vorgenommen. Bei einem dieser beiden Felder erfolgte zusätzlich eine Abdichtung der Oberfläche durch eine Folie, während bei dem letzten Feld Fugen zwischen den Gehwegplatten den Zugang von Feuchte und Oberflächenwasser zur Schlackenschicht erlauben.

Alle Versuchsfelder werden ausschließlich der natürlichen Bewitterung ausgesetzt. Die Kontrolle von möglichen Hebungen der Oberfläche erfolgt über ein Höhennivelllement. Als Versuchsdauer sind zunächst zwei Jahre vorgesehen. Da die Versuchsfelder erst nach Abschluß der Laborversuche angelegt werden konnten, war bisher im Rahmen des Forschungsvorhabens nur eine Beobachtungsdauer über einige Monate möglich. Bild 3 zeigt die bisher aufgetretenen Volumenzunahmen, die für alle drei Varianten bei ungefähr 1 % liegen. Dieser geringe Wert verdeutlicht noch einmal, wie wichtig die Einbeziehung der Praxisversuche für die Beurteilung der Ergebnisse aus den Laborverfahren ist. Letztlich können die Untersuchungsergebnisse der Laborprüfverfahren erst nach Abschluß der Beobachtung der Versuchsfelder endgültig bewertet werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des beschriebenen Forschungsprojekts wurde das Langzeitverhalten feinkörniger Stahlwerksschlacken bezüglich ihrer Raumbeständigkeit und ihres Auslaugeverhaltens untersucht. Hinsichtlich der Auslaugung konnte gezeigt werden, inwieweit die Verfestigung der feinkörnigen Stahlwerksschlacke zu einer weiteren Verringerung der schon im Ausgangszustand oft sehr geringen Auslaugeraten führt. Die Verfestigung trägt damit dazu bei, dem Austrag umweltrelevanter Elemente dauerhaft wirksam zu begegnen. Hinsichtlich der Raumbeständigkeit war es erforderlich, das für größere Körnungen entwickelte Prüfverfahren, den Dampfversuch, zu modifizieren. Dieses Ziel wurde erreicht. Eine Bewertung der Praxisrelevanz der im Labor erzielten Ergebnisse kann allerdings erst

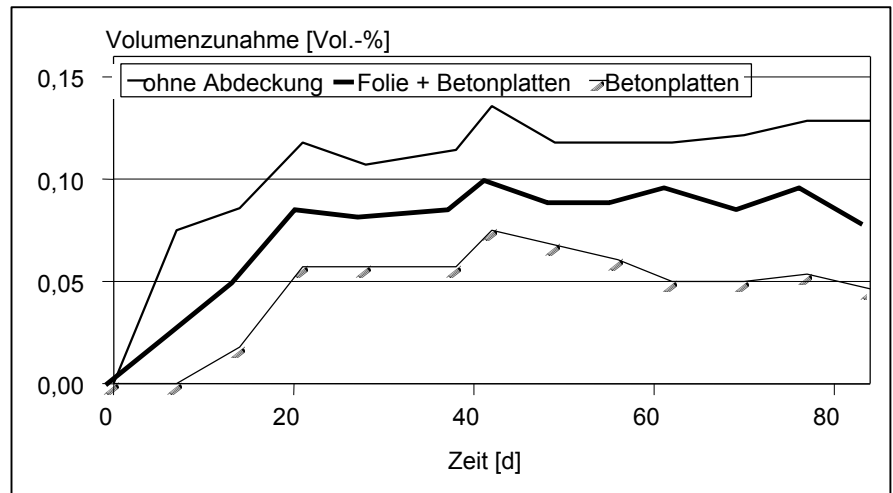


Bild 3: Bisheriger Verlauf der Volumenzunahmen bei den Versuchsfeldern

erfolgen, wenn die halbertechnischen Versuche abgeschlossen sind.

Literatur

- [1] Merkel, Thomas: Erzeugung und Nutzung von Hochofen- und Stahlwerksschlacken. FEhS - Report des Forschungsinstituts, 9 (2002) 1, S. 5-6
- [2] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Merkblatt über die Verwendung von Hüttenmineralstoffgemischen, sekundärmetallurgischen Schlacken sowie Edelstahlschlacken im Straßenbau, Ausgabe 1998
- [3] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Technische Prüfverfahren für Mineralstoffe im Straßenbau - TP Min-StB, Teil 7.1.1: Modifiziertes DEV-S4-Verfahren, Ausgabe 1999
- [4] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Technische Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Straßenbau (Gesteinskörnungen und Werksteine im Straßenbau) - TL Min-StB, Ausgabe 2000
- [5] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Richtlinien für die umweltverträgliche Anwendung von industriellen Neben-

produkten und Recycling-Baustoffen im Straßenbau - RuA-StB, Ausgabe 2001

- [6] Motz, Heribert; Palapys, Matthias: Feinkörnige Schlacken als Dichtungsbaustoffe. Straßen- und Tiefbau, 44 (1990) 9, S. 37-40
- [7] DIN 18127:1997-11: Baugrund - Untersuchung von Bodenproben - Proctorversuch
- [8] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Technische Prüfverfahren für Mineralstoffe im Straßenbau - TP Min-StB, Teil 7.1.2: Trogverfahren, Ausgabe 1999
- [9] NEN 7345: Uitloogkarakteristieken van vaste grond- en steenachtige bouwmaterialen en afvalstoffen; Uitloogproeven; Bepaling van de uitlooging van anorganische componenten uit vormgegeven en monolitische materialen met de diffusieproef. Nederlandse Norm, 03/1995
- [10] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Technische Prüfverfahren für Mineralstoffe im Straßenbau (TP Min-StB), Teil 4.7.1.3: Bestimmung der Volumenzunahme von Stahlwerksschlacken für Tragschichten ohne Bindemittel, Ausgabe 1994