

4. September 2013 M/Z

Bearbeitungsstand der aufgelisteten Aufgaben 2012/2013 sowie Begründung der neuen Aufgaben 2014

Bereich "Baustoffe"

1.07 Gremienarbeit

Die aktive, zum Teil sehr zeitintensive Mitarbeit in wissenschaftlichen (VDZ, DAfStb, VDB, DIBt) und Normungsgremien (CEN, DIN) dient dem Erfahrungsaustausch, insbesondere auf dem Gebiet der hüttensandhaltigen Bindemittel, und der Vertretung der Interessen der Mitglieder des FEhS-Instituts. Sie gewährleistet, dass das FEhS-Institut über den Stand der Technik, aktuelle Entwicklungen im Normungswesen und den Forschungsbedarf in einem sehr wichtigen industriellen Anwendungsbereich für Eisenhüttenschlacken informiert ist und gleichzeitig die eigenen Erkenntnisse über Bauprodukte aus Eisenhüttenschlacken im Bereich Bindemittel und Beton in die Gremienarbeit einbringen kann. Aus Sicht des FEhS-Instituts kam in den letzten Jahren insbesondere den normungstechnischen DIN-Gremien NA Bau "Betontechnik" (vgl. Aufgabe 1.40), NA Bau "Zement" (vgl. Aufgabe 1.68) und NA Bau "Tragschichtbinder" (vgl. Aufgabe 1.90) sowie den CEN-Gremien TC 104/SC 1/TG 5 "Use of additions" und TC 104/WG 15 "GGBS" (vgl. Aufgabe 1.40) große Bedeutung zu. Die Mitarbeit in Gremien zu Bauprodukten, in denen Eisenhüttenschlacken keine Verwendung mehr finden (z. B. Hüttensteine), wurde hingegen beizeiten eingestellt.

Die Aufgabe 1.07 soll fortgeführt werden.

1.24 Hydraulizität von Hüttensanden (Vervollständigung der Hüttensanddatei)

Seit Beginn der systematischen Untersuchungen in 1970 wurden bis Juli 2013 insgesamt 536 Hüttensandproben, davon 219 aus dem Ausland, chemisch, physikalisch und zementtechnisch nach einem intern seit 1970 standardisierten Verfahren charakterisiert. Diese einzigartige Datenbasis dient zum einen der Beantwortung wissenschaftlicher Fragestellungen, beispielsweise zum Einfluss der chemischen und physikalischen Eigenschaften der Hüttensande auf deren Reaktivität, und zum anderen als Grundlage für Beratungsdienstleistungen des FEhS-Instituts. Solche Dienstleistungen wurden verschiedentlich auch von Erzeugern hüttensandhaltiger Zemente in Anspruch genommen.

Seit 2008 wird ergänzend zu den sonst meist üblichen Stichproben ein regelmäßiges Hütten-sand-Monitoring für die Mitglieder des FEhS-Instituts durchgeführt, in welchem die Hüttensande

getrennt nach den teilnehmenden Hochöfen erfasst werden. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden in detaillierter Form den jeweiligen Erzeugern kostenfrei zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus werden die Ergebnisse übergreifend vergleichend bewertet und anonymisiert im Arbeitskreis "Baustoffe" diskutiert. Somit erhalten das FEhS-Institut und seine Mitglieder einen Überblick über die jeweils aktuelle Leistungsfähigkeit der verschiedenen Hüttensande, wobei insbesondere Trends hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung und der damit eng verbundenen zementtechnischen Leistungsfähigkeit aufgezeigt werden können.

Die Aufgabe 1.24 soll fortgeführt werden.

1.29 Prüfung ausgewählter fremder Zemente

Die Prüfung ausgewählter fremder Zemente erfolgt nur bei Bedarf und dient insbesondere der Schaffung eines Überblicks über den Stand der Technik sowie neuartige Bindemittel. Sie liefert damit Informationen, die für die wissenschaftliche Arbeit der Abteilung Baustoffe und für die Tätigkeit des Kompetenzforums Bau von Bedeutung sind.

Die Aufgabe 1.29 soll fortgeführt werden.

1.40 Hüttensandmehl als Betonzusatzstoff

Hüttensand findet in Deutschland fast ausschließlich Verwendung als Zementbestandteil. Technisch denkbar und in vielen Ländern praktiziert ist eine zusätzliche Verwendung von Hüttensandmehl als Betonzusatzstoff. Prinzipiell bietet diese Verwendung dem Betonhersteller eine erhöhte Flexibilität und dem Hüttensanderzeuger einen zusätzlichen Kundenkreis. In Deutschland kann Hüttensandmehl nach DIN EN 15167-1 zurzeit entweder mit einer individuellen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung des DIBt verwendet werden oder seit Aufnahme in die Bauregelliste 2-2010 gemäß des k-Wert-Konzepts mit einem pauschalen k-Wert von nur 0,4, wie er auch für Steinkohlenflugasche gilt. Dabei beträgt das maximale Hüttensandmehl/Zement-Verhältnis 0,33 bei Kombinationsmöglichkeit mit CEM I-, CEM II- oder CEM III-Zementen. Eine bauaufsichtliche Zulassung wurde bisher erst einmal erteilt, wird allerdings in der Praxis nicht angewendet.

Bis Ende August 2013 wird das "Formal Vote" zur überarbeiteten europäischen Betonnorm EN 206 stattfinden. Vermutlich findet die Norm eine mehrheitliche Zustimmung und wird Anfang 2014 erscheinen. In dieser werden für die Verwendung von Betonzusatzstoffen drei in Europa etablierte Konzepte aufgeführt werden: k-Wert-Konzept, Equivalent Concrete Performance Concept – ECPC und Equivalent Performance of Combinations Concept – EPCC. Hintergrundinformationen zu diesen Konzepten werden in einem rund 60-seitigen Technical Report CEN/TR 16639 erscheinen, dessen Schlussentwurf im Juli 2013 vorlag. Hinsichtlich k-Wert-

Konzept und Hüttensandmehl wird in EN 206 lediglich in einer Anmerkung auf einen möglichen k-Wert von 0,6 in Kombination mit CEM I- und CEM II/A-Zementen hingewiesen. Eine konkrete Regelung obliegt den nationalen Anwendungsdokumenten der nicht harmonisierten EN 206, in Deutschland also der DIN 1045-2.

Der niedrige k-Wert entspricht nicht der tatsächlichen Leistungsfähigkeit heutiger in Europa handelsüblicher Hüttensande, sondern ist Folge der nur sehr niedrigen Anforderungen der EN 15167-1 an das Hüttensandmehl hinsichtlich chemischer Zusammensetzung, Glasgehalt und insbesondere Feinheit. Darüber hinaus sieht EN 15167-1 bisher keine Differenzierung in verschiedene Hüttensandmehlklassen vor, so dass sich die Anwendungsregeln nach dem im ungünstigsten Fall theoretisch normkonform anbietbaren Hüttensandmehl richten müssen.

Gemeinsam mit dem BTB und dem ibac der RWTH Aachen führt das FEhS-Institut seit Juli 2011 das umfangreiche AiF-Forschungsprojekt 16743 mit dem Titel "Entwicklung von Anwendungsregeln für Hüttensandmehl als Betonzusatzstoff" durch. Darin wird erstmals versucht, auf gemeinsamer Datenbasis die drei genannten Anwendungskonzepte für Hüttensandmehl als Zusatzstoff zu verifizieren und Vorschläge für die national festzulegende Anwendungsnormung zu formulieren. Das Projekt war auf Wunsch der AiF-Gutachter auf 30 Monate begrenzt worden und müsste demnach im Dezember 2013 enden, obwohl aufgrund der zeitintensiven Betondauerhaftigkeitsuntersuchungen 36 Monate beantragt waren. In 2013 zeigte sich, dass das Projekt um die ursprünglich eingeplanten 6 Monate verlängert werden muss.

In der letzten Sitzung des NA Bau "Betontechnik" im Juni 2013 wurde beschlossen, dass die neue DIN 1045-2 die Konzepte ECPC und EPCC für Deutschland nur mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung vorsehen soll. Damit kommt dem k-Wert-Konzept und hierbei insbesondere der Definition von 2-3 Hüttensandmehlklassen oder von 2-3 Kategorien für bestimmte Eigenschaften (wie z. B. die Feinheit), denen unterschiedlich hohe k-Werte zugeordnet werden könnten, besondere Bedeutung zu. Obwohl bereits im März 2011 der Vorstand des FEhS-Instituts allen Hüttensanderzeugern empfohlen hatte, "schnellstmöglich beim FEhS-Institut Untersuchungen zu k-Werten ihrer Hüttensande zu beauftragen", haben bis August 2013 nur zwei Mitgliedswerke k-Werte für drei ihrer Hüttensande ermitteln lassen. Nach wie vor wäre es sinnvoll und wünschenswert, wenn für alle Hüttensande, die von Mitgliedern des FEhS-Instituts hergestellt werden, die k-Werte ermittelt würden, um künftig eine günstigere Anwendungsregelung in Deutschland zu finden. Denn zu Recht hatte seinerzeit das DIBt darauf hingewiesen, dass es nicht die Aufgabe der Bauaufsichtsbehörde (bzw. des Steuerzahlers) sei, günstigere Regelungen für die Industrie zu untersuchen. Und im Rahmen des laufenden AiF-Projektes können natürlich ebenfalls nur exemplarische Untersuchungen stattfinden.

Mit Beginn des AiF-Forschungsvorhabens 16743 war die Dringlichkeit der Aufgabe 1.40 in 2012 gegenüber 2011 von 4 auf 5 angehoben worden.

Die Aufgabe 1.40 soll fortgeführt werden.

1.45 Frühfestigkeit von Hochofenzement

Viele Parameter, die Einfluss auf die Frühfestigkeit nehmen, wurden in der Vergangenheit bereits aufgezeigt. In der Praxis finden meist die Feinheitssteigerung und ein niedrigeres Hüttensand/Klinker-Verhältnis Anwendung. Feinsthüttensand ist vorerst nur für Spezialprodukte ökonomisch sinnvoll nutzbar. Der Einsatz von aktivierenden Stäuben, auch solchen aus der Stahlindustrie, ist aus verschiedenen Gründen nur begrenzt nutzbar. Die Optimierung der Frühfestigkeit von Hochofenzement ist aber nach wie vor von Bedeutung, da die langsamere Erhärtung von Betonen in den ersten Tagen insbesondere mit hüttensandreicherem Zementen einen Nachteil wegen verlängerter Ausschulfristen und Nachbehandlungszeiten gegenüber anderen Zementen darstellt. Daher wurden und werden im FEhS-Institut weiterhin unterschiedliche Ansätze zur Anhebung der Frühfestigkeit verfolgt. In 2012/2013 wurden beispielsweise Untersuchungen durchgeführt, die die Wirkung von Kieselolen unterschiedlicher mittlerer Partikelgröße (5-45 nm) und Feststoffkonzentration (15-50 M.-%) überprüfen sollten. Bei Hydratationswärmemessungen zeigte sich, dass die Feinstpartikel nicht nur die Reaktion des Klinkers beschleunigen und erhöhen (1. Wärmepeak), sondern auch die des Hüttensands (2. Wärmepeak). Ob sich dieser Effekt auch in erhöhten Frühfestigkeiten niederschlagen wird, sollen weitere Untersuchungen in 2013/2014 zeigen.

Die Aufgabe 1.45 soll fortgeführt werden.

1.49 Vergleichende Untersuchungen mit europäischen Prüfverfahren

Die Teilnahme an Vergleichsversuchen ist unentbehrlich für die Qualitätssicherung der im FEhS-Institut verwendeten analytischen Verfahren, die Prüffähigkeit im Hinblick auf europäische Prüfnormen, insbesondere bezüglich der Prüfung von Baustoffen mit Eisenhütten-schlacken, und die sachgerechte Beurteilung von Ergebnissen für Forschungsaufgaben sowie Dienstleistungen. Für 2012 ist insbesondere die Teilnahme an einem Ringversuch des VDEh-Chemikerausschusses zu nennen. Dieser ergab zum Teil gravierende Unterschiede in den Messergebnissen, die in den Hüttenwerken mittels RFA und im FEhS-Institut mittels ICP und nasschemischer Analytik gewonnen werden. Die Ergebnisse des FEhS-Instituts wurden jedoch allgemein als maßgebend anerkannt. Darüber hinaus nahm das FEhS-Institut mit Erfolg an den jährlichen Versuchen des DIBt zur Prüfung der Alkaliempfindlichkeit von Gesteinskörnungen teil. Ernüchternd waren die Ergebnisse der im Jahr 2012 durchgeführten Vergleichsversuche

zur Lasergranulometrie. Untersucht wurden Zementbestandteile unterschiedlicher Feinheit zwischen 2650 cm²/g und 9520 cm²/g nach Blaine. Unabhängig von der Feinheit lagen die von drei in einem Forschungsvorhaben kooperierenden Instituten ermittelten Korngrößenverteilungen zum Teil sehr weit auseinander. Bemerkenswert ist, dass sich die Erstmessung des FEhS-Instituts am Feinsthüttensand mit 9520 cm²/g sehr gut mit der Herstellerreferenz deckte. Das FEhS-Institut vergleicht seine für einen vom NIST (USA) vertriebenen Referenz-Portlandzement (SRM 114p) ermittelten Messergebnisse mit dessen "Sollwerten". Hierbei wird regelmäßig eine sehr gute Übereinstimmung festgestellt. Bei der Streuung der Messergebnisse verschiedener Laboratorien spielen das verwendete Gerät, die Suspendierung der Probe, die Ultraschallanwendung, der Auswertalgorithmus der Messdaten sowie das Probenalter eine Rolle. Daraus folgt, dass die auf Basis von Lasergranulometriemessungen getroffenen Aussagen hinsichtlich der Feinheitscharakterisierung nur relativ betrachtet vergleichbar sind, jedoch nicht absolut übertragen werden können (z. B. Feinheitsparameter, wie d_{50%}, d' oder n).

Die Dringlichkeit der Aufgabe 1.49 war in 2012 von 4 auf 2 reduziert worden.

Die Aufgabe 1.49 soll fortgeführt werden.

1.50 Untersuchungen zur Erhöhung des Frost-Tausalz-Widerstands von HOZ-Betonen

Die Dauerhaftigkeit von Beton ist das maßgebende Qualitätskriterium und erfordert weit mehr als nur die aus statischen Gründen notwendige Druckfestigkeit. Von den verschiedenen Dauerhaftigkeitseigenschaften ist der Widerstand gegen Frost- und Frost-Tausalz-Angriff sicherlich diejenige, die am häufigsten kontrovers diskutiert wird. Im Regelfall reichen jedoch die deskriptiven Vorgaben der DIN 1045-2 aus, um Betone mit hohem Frost-Tausalz-Widerstand herzustellen. Problematisch ist nach wie vor dessen Beurteilung in Labortests. Über die Benachteiligung von langsamer erhärtenden Betonen z. B. im CDF-/CIF-Test wurde bereits mehrfach eingehend berichtet. Hier besteht noch Forschungsbedarf, dem in 2013 im Rahmen einer orientierenden Bachelor-Arbeit nachgegangen wird.

In 2012 ergab sich eine neue Entwicklung durch in Rheinland-Pfalz festgestellte Schäden an Brückenkappen aus Beton mit Hochofenzement CEM III/A. Obwohl es weder umfassende Bauwerksuntersuchungen noch eine statistisch abgesicherte Bauwerkserhebung gab, hat der "Koordinierungsausschuss Baudurchführung" der "Bund/Länder-Dienstbesprechung Brücken- und Ingenieurbau" – ein Gremium des BMVBS – beschlossen, dass in der aktuellen ZTV-ING der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) Hochofenzement CEM III/A für den Brückenkappenbau ausgeschlossen wurde. Die Änderung stellt bezüglich der Kappen einen Regelungsstand her, der bereits ab 1989 (ZTV-K 88) und bis 2002 ("Allgemeines Rundschreiben Straßen-

bau" Nr. 8/2002) galt. Erst 2002 war eine Öffnung für Portlandhütten- und Hochofenzemente mit Hüttensandgehalten von max. 50 M.-% erfolgt.

Um den pauschalen Ausschluss des Hochofenzements CEM III/A vom Brückenkapfenbau in Zukunft wieder aufheben zu können, wird das FEhS-Institut gemeinsam mit anderen Institutionen versuchen, die bisherigen guten Erfahrungen mit Hochofenzementbeton im Brückenkapfenbau besonders herauszustellen. Hierzu erfolgten sowohl Ende 2012 als auch Anfang 2013 verschiedene Publikationen. Darüber hinaus sollen noch in 2013 an ausgewählten Brücken in Rheinland-Pfalz in Kooperation mit dem "Landesbetrieb Mobilität" Begehungen und Probenahmen durch das FEhS-Institut erfolgen.

Die Dringlichkeit der Aufgabe 1.50 war in 2012 von 4 auf 3 und in 2013 von 3 auf 2 reduziert worden, da es kein aktuelles Forschungsvorhaben zum Thema gab.

Die Aufgabe 1.50 soll fortgeführt werden.

Vorschlag FEhS-Institut:

Der Titel soll, angepasst an aktuelle Entwicklungen in der Zementindustrie, in "Untersuchungen zur Erhöhung des Frost-Tausalz-Widerstands von Betonen mit hüttensandhaltigen Zementen" abgeändert werden.

1.53 Einfluss einer Verfestigung von Hüttensand auf seine Eigenschaften

Die Hüttensanderzeugung und -nachfrage verlaufen konjunkturell und saisonal bedingt häufig nicht parallel. Daraus kann die Notwendigkeit zur Einlagerung größerer Bestände resultieren. Eingelagerter Hüttensand verfestigt und muss bekanntermaßen vorgebrochen werden, bevor er der Mahlung zugeführt wird. Häufig wird die Frage gestellt, ob längere Zeit gelagerter Hüttensand bei konstanter Feinheit hinsichtlich seiner Reaktivität Einbußen erleidet. Umfangreiche Laboruntersuchungen des FEhS-Instituts haben gezeigt, dass kein Reaktivitätsverlust eintritt, wenn bei der Mahlung auf die Einstellung konstanter Korngrößenverteilungen geachtet wird. Erfolgt die Feinheitscharakterisierung hingegen auf Basis des Blaine-Werts für die spezifische Oberfläche, so wird eine ausreichende Feinheit nur vorgetäuscht und eingelagerter Hüttensand verliert dann scheinbar an Reaktivität. Über diese Ergebnisse wurde auf der 18. "ibautil" im September 2012 eingehend berichtet; zeitgleich erschien eine Publikation in der Zeitschrift "Cement International" Nr. 4/2012. In 2013 wird auf der 7th European Slag Conference in IJmuiden darüber berichtet werden.

Anfang 2012 begonnene und derzeit noch laufende Arbeiten gehen der Frage der Wirksamkeit von in Japan entwickelten "Anti-Caking-Agents" im Hinblick auf eine Vermeidung bzw. Verminderung der Verfestigung nach. Hierzu dienen CBR-Prüfkörper, die über viele Monate einge-

lagert wurden. Bisher wurde zweifelsfrei eine positive Wirkung des "Anti-Caking-Agents" im Hinblick auf die Verfestigung beobachtet. Während aber auf die Festigkeitsentwicklung von Hochofenzementen mit Hüttensandmehl, das aus den CBR-Körpern hergestellt wurde, kein Einfluss erkennbar ist, verlängern sich die Erstarrungszeiten der Zemente erheblich. Demnach besteht an dieser Stelle noch ein Optimierungsbedarf.

Die Aufgabe 1.53 wurde in 2012 wieder in den Aufgabenkatalog aufgenommen und soll fortgeführt werden.

1.56 Untersuchungen zum Sulfatwiderstand

Die Arbeiten zur Langzeitlagerung (> 8 Jahre) von Prüfkörpern aus dem Sulfathüttenzement Slagstar® und aus Hochofenzementen mit Hüttensanden, die einen in Europa unüblich hohen Al_2O_3 -Gehalt > 20 M.-% aufweisen, wurden bzw. werden fortgeführt.

Die Frage eines geeigneten normungsfähigen Prüfverfahrens wird vor dem Hintergrund der Entwicklung, Normung und potentiellen Anwendung neuer Zemente wieder verstärkt diskutiert. Sowohl das europäisch zuständige Normungsgremium CEN/TC 51/WG 12/TG 1 als auch eine nationale DIBt-Projektgruppe wurden mittlerweile reaktiviert. Bisher fand allerdings erst ein Treffen der Projektgruppe statt. Aktuelle Diskussionen zeigen, dass nach wie vor ein großes Interesse daran besteht, ein praktikables und aussagekräftiges Prüfverfahren für Zemente mit hohem Sulfatwiderstand zu definieren. Dieses Interesse resultiert primär aus der Entwicklung neuer Zemente, bei denen – anders als bei den klassischen hüttensandhaltigen Zementen – keine Langzeiterfahrungen vorliegen können. Nach intensiver Diskussion der Problematik zwischen FEhS-Institut, dem ibac der RWTH Aachen und dem VDZ hatte sich der VDZ in 2013 dazu entschlossen, ein eigenes Forschungsvorhaben zu beantragen, das jedoch nicht alle Aspekte berücksichtigt, die die WG 12 im 2008 erschienenen Technical Report CEN/TR 15697 aufgezeigt hatte. Je nach Verlauf der künftigen Diskussionen kann sich daraus die Konzeption eines neuen Forschungsvorhabens von FEhS-Institut und ibac ableiten.

Die Aufgabe 1.56 soll fortgeführt werden.

1.59 Untersuchungen zum Frostwiderstand von HOZ-Betonen

In den letzten Jahren wurden die Arbeiten zur Aufgabe 1.59 stets nur in Verbindung mit der Aufgabe 1.50 behandelt. Da die Aufgabe 1.59 bereits 2011 und 2012 zurückgestellt war, wurde sie für 2013 und bis auf Weiteres aus dem Aufgabenkatalog gestrichen.

1.60 Untersuchungen zur Alkali-Kieselsäure-Reaktion

Gemäß DIN 1164 gelten alle Zemente mit einem Na_2O -Äquivalent $\leq 0,60$ M.-% als Zemente mit niedrigem wirksamem Alkaligehalt. Für hüttensandhaltige Zemente sind höhere Alkaligehalte gestattet (CEM II/B-S: $\leq 0,70$ M.-%, CEM III/A mit max. 49 M.-% Hüttensand: $\leq 0,95$ M.-%, CEM III/A mit mehr als 49 M.-% Hüttensand: $\leq 1,10$ M.-%, CEM III/B und CEM III/C: $\leq 2,00$ M.-%). Das FEhS-Institut arbeitet in den für die "Alkali-Richtlinie" zuständigen Gremien des DAfStb mit. Zurzeit besteht darüber hinaus keine Notwendigkeit für das FEhS-Institut, weitergehende Forschungsaktivitäten aufzunehmen. Dies kann sich künftig gegebenenfalls ändern, wenn auf europäischer Ebene die CEN/TC 51/WG 15 ihre Arbeiten aufnimmt zur Erstellung eines Technical Reports zur Bilanzierung des "effektiven" Alkaligehalts im Beton.

Da keine aktuellen Forschungsarbeiten zum Thema erfolgten und der Mörtelschnelltest zur Prüfung von Gesteinskörnungen nach Teil 3 der Alkali-Richtlinie des DAfStb mittlerweile im FEhS-Institut etabliert worden war (vgl. Aufgabe 1.49), war in 2012 die Dringlichkeit der Aufgabe 1.60 von 5 auf 2 reduziert worden.

Die Aufgabe 1.60 soll fortgeführt werden.

1.62 Die Mahlbarkeit von Hüttensand und ihre Beurteilung

Die Mahlung von Hüttensand auf Zementfeinheit ist ein sehr energieintensiver Prozess und für die Zementindustrie weltweit von großer Bedeutung, da er einen im zementtypischen Feinheitsbereich meist höheren Mahlwidstand als z. B. Portlandzementklinker sowie eine hohe Abrasivität aufweist. Dies verteuert die Mahlung des Hüttensands, der darüber hinaus aufgrund der spezifischen Festigkeitsentwicklung hüttensandhaltiger Zemente meist feiner aufgemahlen wird als Portlandzementklinker. Die Mahlbarkeit von Hüttensand wird im FEhS-Institut nach der Methode von Zeisel ermittelt und ist Bestandteil der Hüttensanddateiuntersuchungen (siehe Aufgabe 1.24).

Unter dem Titel "Die Glasstruktur von Hüttensanden und ihr Einfluss auf baustoffrelevante Eigenschaften" bearbeitet das FEhS-Institut gemeinsam mit dem Institut für Physik der Universität Halle-Wittenberg seit dem 1. August 2012 das auf zwei Jahre angelegte AiF-Forschungsvorhaben Nr. 16621. Ziel des Projektes ist es, die Struktur verschiedener Hüttensandgläser aufzuzeigen – zum Beispiel mittels ^{29}Si -NMR-Spektroskopie –, ihrer unterschiedlichen Korrodierbarkeit (Reaktivität) nachzugehen, unterschiedliche Härten/Bruchenergien zu ermitteln und letztlich auch unterschiedliche Mahlbarkeit erklären zu können. Bisher erfolgten im Wesentlichen die Arbeiten zur Basischarakterisierung der sowohl industriell als auch im Labormaßstab erzeugten Hüttensande. Für das FEhS-Institut ist hervorzuheben, dass in 2012

ein Vickers-Mikrohärteprüfgerät angeschafft wurde, dem im Projekt eine wichtige Rolle zukommt, zumal bisher über Vickershärteprüfungen an Hüttensanden nirgends berichtet wurde.

In 2013 wurde die Dringlichkeit der Aufgabe 1.62 im Hinblick auf das laufende AiF-Forschungsvorhaben 16621 von 4 auf 5 angehoben.

Die Aufgabe 1.62 soll fortgeführt werden.

1.63 SWS als Gesteinskörnung

Waren beim 2001-2003 durchgeführten AiF-Forschungsvorhaben 12968 im Wesentlichen betontechnische Untersuchungen zur Eignung unterschiedlicher Stahlwerksschlacken als Gesteinskörnung durchgeführt worden, so konzentriert sich das seit Februar 2013 vom FEhS-Institut bearbeitete AiF-Forschungsvorhaben 17669 "Entwicklung einer Methode zur Beurteilung des Gefahrenpotentials von freiem MgO in Stahlwerksschlacken und anderen Baustoffen", das auf zwei Jahre angelegt ist, auf die Raumbeständigkeitsproblematik. Es wird gemeinsam mit der Abteilung "Verkehrsbau" (siehe Aufgabe 2.03) bearbeitet und hat zum Ziel, eine schnelle, präzise und zuverlässige Aussage über das Raumbeständigkeits-Gefährdungspotential von SWS infolge von Gehalten an freiem CaO und MgO zu treffen. Hierzu ist ein zweistufiges Vorgehen geplant. In Stufe 1 soll eine vollständige und schnelle Hydratation des freien MgO/CaO stattfinden. Als Reaktionsraum ist hierfür, abweichend von früheren Arbeiten zum Thema, kein Autoklav vorgesehen, sondern ein im Chemielabor übliches Hochtemperaturdruckaufschlussgefäß. In Stufe 2 soll die selektive quantitative chemische Analyse erfolgen, für die die Detektion mittels Multiphasen-Kohlenstoff/Wasserstoff/Feuchtigkeitsanalysator vorgesehen ist. Das Projekt ist von Bedeutung sowohl für SWS, die als Gesteinskörnung im Beton infrage kommen könnte, als auch für die Gesteinskörnungen im Verkehrsbau. Die ersten Versuchsergebnisse erscheinen vielversprechend.

Die Aufgabe 1.63 wurde für 2013 wieder in den Aufgabenkatalog aufgenommen. Der frühere Titel "als Betonzuschlag" wurde an die aktuelle Normbezeichnung "als Gesteinskörnung" angepasst.

Die Aufgabe 1.63 soll fortgeführt werden.

1.67 Alkaliaktivierte Bindemittel

Die Klinkersubstitution und die Herstellung alternativer Bindemittel gewinnen für die Zementindustrie eine immer stärkere Bedeutung. Alkaliaktivierte Bindemittel auf Hüttensandbasis befinden sich aber trotz jahrzehntelanger Untersuchungen, insbesondere in der früheren Sowjetunion, immer noch weitestgehend im Bereich der Forschung. Dies ist einerseits auf die höhere

Sensitivität des hochalkalischen Systems im Hinblick auf Veränderungen von Temperatur, stofflicher Zusammensetzung usw. und andererseits auf die zum Teil sehr schlechte Verarbeitbarkeit und das Fehlen funktionierender Zusatzmittel zurückzuführen. Das FEhS-Institut publizierte 2012 in der Zeitschrift "BFT International" gemeinsam mit der Universität Kassel, dem Partner im 2011 abgeschlossenen AiF-Projekt 15800 "Alkalisches aktivierte Hüttensande für die beton-technische Anwendung unter aggressiven Bedingungen", Ergebnisse, die diese Einschätzung belegen. Auch auf der 18. "ibautil" wurde im September 2012 über das Projekt berichtet. Im Rahmen des BMBF-Förderprogramms "Nanotechnologie im Bauwesen – Nano-Tecture: Erschließung höherer Ressourcen-/Energieeinspar- und Leistungspotentiale sowie neuer Funktionalitäten" bearbeitete das FEhS-Institut bis November 2012 mit einer Vielzahl von Projektpartnern das Forschungsvorhaben "Kalt härtende Keramik durch nanotechnologische Gefügeoptimierung". Bei diesem Projekt war die Klinkersubstitution durch alkaliaktivierten Hüttensand nur eine von mehreren Maßnahmen, um einen kapillarporenfreien Beton mit höchster chemischer Resistenz zu erzeugen. Im Frühjahr 2013 wurde der Abschlussbericht erstellt. Von Bedeutung ist unter anderem, dass im FEhS-Institut durchgeführte Auslaugversuche in Anlehnung an die "Grundsätze zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser" des DIBt belegen, dass der Beton auf Basis wasserglasaktivierten Hüttensands, der von Projektpartnern zur Herstellung von Betonrohrdemonstratoren verwendet wurde, im Eluat keine erhöhten Schwermetallkonzentrationen und auch keine gegenüber dem Referenzbeton erhöhte Alkalität bewirkte. Weitere Forschungsaktivitäten sind zurzeit nicht geplant.

Die Aufgabe 1.67 soll fortgeführt werden.

Vorschlag FEhS-Institut:

Die Dringlichkeit soll aufgrund des Abschlusses der beiden Forschungsvorhaben von 5 auf 3 reduziert werden.

1.68 CEM X-Zemente

Anfang 2012 wurde der Abschlussbericht für das gemeinsam mit dem VDZ bearbeitete AiF-Forschungsvorhaben 16148 "Gemeinsame Nutzung von Hüttensand, Steinkohlenflugasche und Portlandzementklinker zur Herstellung optimierter Zemente und Betone" erstellt. Eine erste Publikation fand auf der 18. "ibautil" im September 2012 statt, eine weitere im "Report des Forschungsinstituts" Nr. 1/2013.

Auf Basis einer statistischen Versuchsplanung konnten die Möglichkeiten und Grenzen von Kombinationen aufgezeigt werden, die zurzeit größtenteils noch nicht von der europäischen Zementnorm abgedeckt sind. Auch in der vom CEN/TC 51/WG 6 zurzeit betreuten Überarbeitung der EN 197-1 werden sich diese Kombinationen (noch) nicht wiederfinden. Die in den

letzten Jahren beim CRIC in Belgien, bei Lafarge in Frankreich und bei HeidelbergCement in Deutschland laufenden Arbeiten, die zunächst unter dem Arbeitstitel "CEM X" liefen, münden zurzeit in zwei neue Normzemente, die Portlandzementklinker (max. 64 M.-%) + Steinkohlenflugasche/Puzzolan/Hüttensand (max. 44 M.-%, bei Hüttensand 55 M.-%) + Kalksteinmehl (max. 20 M.-%) kombinieren werden. Aber auch die Ergebnisse des vom FEhS-Institut und VDZ bearbeiteten Projekts zur Kombination von Klinker + Hüttensand + Steinkohlenflugasche findet großes Interesse in der Zementindustrie. Generell zeigt sich, dass die Verwendung von Hüttensand als einem Hauptbestandteil des Zements neben dem Klinker die Möglichkeit eröffnet, auch weitere Bestandteile (Kalksteinmehl, Flugasche, getemperter Ton) in verstärktem Maße zu nutzen. Dies ist sicherlich vor dem Hintergrund von Bedeutung, dass weltweit selbst bei vollständiger Granulation aller Hochofenschlacke zu Hüttensand nur rund 10 % des aktuellen Zementbedarfs von rund 3,6 Mrd. t substituiert werden könnte.

Die Beantragung eines Anschlussvorhabens, das sich primär den betontechnischen Eigenschaften derartiger Kombinationen widmen soll, ist für 2013 gemeinsam mit dem VDZ geplant.

Die Aufgabe 1.68 soll fortgeführt werden.

1.70 Klinker aus Stahlwerksschlacken

Grundsätzlich ist es von Interesse, für die Stahlwerksschlacken alternative und hochwertige Verwendungsmöglichkeiten zu finden. Hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung liegen reduzierte Stahlwerksschlacken, insbesondere LD-Schlacken, und Portlandzementklinker nicht so weit auseinander. Mineralogisch hingegen gibt es signifikante Unterschiede, beispielsweise im Hinblick auf die vorhandenen C_2S -Modifikationen (reaktiv bzw. nicht reaktiv).

Die Behandlung und gezielte Transformation von LDS in klinkerähnliches Material wurde bereits in den 1980er-Jahren in Belgien versuchsweise im technischen Maßstab umgesetzt. Die damaligen Erkenntnisse weisen darauf hin, dass die Behandlung der in großen Aggregaten anstehenden LDS ein energieintensiver, technisch anspruchsvoller Prozess ist. Daher wurde 2012 in Kooperation mit der Abteilung Sekundärrohstoffe/Schlackenmetallurgie (siehe Aufgabe 4.14) mit einigen Partnern zunächst ein auf die in kleineren Aggregaten anstehende EOS abzielendes Forschungsvorhaben mit dem Titel "Innovativer, umwelt- und ressourcenschonender Prozess zur Erzeugung von Portlandzementklinker auf der Basis flüssiger Stahlwerksschlacke" konzeptioniert, das bei der DBU eingereicht werden sollte. Ziel ist es, flüssige EOS zu einem hydraulisch aktiven, das heißt C_3S -/ C_2S -reichen, reaktiven Produkt zu konvertieren. Auf diese Weise könnten sowohl die EOS stofflich hochwertig als auch der Wärmeinhalt der flüssigen Schlacke effektiv genutzt werden. Am Ende des Projekts sollte eine Abschätzung über die technische Machbarkeit, das reaktive Potential des Klinkers und auch die benötigte

Anlagentechnik möglich sein. Der Antrag wurde im August 2013 in überarbeiteter Form mit dem neuen Titel "Konvertierung einer flüssigen Elektroofenschlacke in ein hydraulisches Bindemittel" bei der DBU eingereicht.

In 2012 wurde auf der "ibausil" von erfolgreichen Technikumsversuchen berichtet, eine reduzierte LDS ohne aufwändige stoffliche Konditionierung zu erzeugen, die erhebliche Anteile von hydraulisch aktivem C_3S aufwies, der in vergleichsweise großen, dennoch reaktiven Alitkristallen vorlag. Federführend war dabei die Firma Loesche, die im Wesentlichen ein Hersteller von Walzenschüsselmühlen ist und die mit der BAM sowie der Bauhausuniversität Weimar kooperierte. In 2013 wurden einige Verifizierungsversuche mit weiteren LDS durchgeführt. FEhS-Institut und Loesche haben zu dem Thema eine Kooperationsvereinbarung geschlossen, um ein gemeinsames Forschungsvorhaben auf den Weg bringen zu können. Ob dies noch in 2013 erfolgen wird, ist zurzeit unklar.

Die Aufgabe 1.70 soll in 2014 fortgeführt werden.

Vorschlag FEhS-Institut:

Es wird vorgeschlagen, die Dringlichkeit von 2 auf 4 zu erhöhen, da die DBU in der Zwischenzeit eine Förderung des Projekts KLINKEOS zum Januar 2014 mündlich zugesagt hat.

1.80 Granulationstechnik

In enger Zusammenarbeit mit der Abteilung Sekundärrohstoffe/Schlackenmetallurgie (siehe Aufgabe 4.14) wurden in 2012 und 2013 zwei Forschungsvorhaben zum Thema bearbeitet.

Das AiF-Forschungsvorhaben 16457 "Optimierung der Granulationsbedingungen bei der Herstellung von Hüttensand unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Hüttensandqualität" endete nach zweieinhalb Jahren Laufzeit am 30. September 2012. Mit verschiedenen Laborgranulationseinrichtungen wurden die Parameter Schlackenchemie und -temperatur, Granulationswassermenge, -druck und -temperatur sowie die Beckenwassertemperatur gezielt auf Basis statistischer Versuchsplanung variiert. Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass sich die Granulationsbedingungen, aber auch die Schlackentemperatur signifikant auf die physikalischen Hüttensandeigenschaften (Glasgehalt, Rohdichte, Schüttdichte, Porosität, Entwässerung, Sieblinie) auswirken, jedoch nicht unmittelbar auf die Reaktivität des Hüttensands. Die chemische Veränderung der Hochofenschlacke nimmt hingegen, wie nicht anders zu erwarten, wesentlichen Einfluss auf die Hüttensandreaktivität. Ende 2012 wurde der Abschlussbericht zum Projekt erstellt. Eine erste Publikation erfolgte in Form eines Posters auf der 18. "ibausil" im September 2012. Eine weitere erschien in "ZKG International" Nr. 1+3/2013.

Das BMWi-Forschungsvorhaben 03ET1052A-B "Erforschung eines Verfahrens zur trockenen, glasigen Erstarrung von schmelzflüssiger Hochofenschlacke, kombiniert mit einer Wärmerückgewinnung" wird gemeinsam mit der Siemens AG bzw. mit Siemens VAI durchgeführt. Es begann am 1. August 2011 und soll 32 Monate dauern. Stand das erste Projektjahr im Zeichen der Neukonstruktion und dem Bau einer Technikumsanlage auf Basis des in den 1980er/1990er Jahren bei Davy in UK entwickelten Drehtellers, theoretischer Betrachtungen sowie einiger beim FEhS-Institut durchgeführter Laborversuche, so wurde im August 2012 am Standort der Technikumsanlage in Leoben (Österreich) die erste Versuchskampagne gefahren. Dabei gelang es, den größten Teil des Granulatorinputs in weitestgehend glasige, kugelige Partikel mit einem Durchmesser < 6 mm zu erzeugen und gleichzeitig Anbackungen im Aggregat möglichst zu vermeiden. Die chemische Analyse der Partikel ergab jedoch, dass durch das in oxidierender Atmosphäre erfolgende Aufschmelzen des verwendeten Basis-Hüttensands in ungeeignetem FF-Material die Schmelze erwartungsgemäß signifikant in ihrer chemischen Zusammensetzung verändert wurde. Zwar werden an dem erhaltenen Granulat zementtechnische Untersuchungen durchgeführt, die Ergebnisse lassen jedoch aufgrund der Veränderungen keinen Vergleich mit dem Basis-Hüttensand zu. Vergleichsuntersuchungen mit im Schmelzlabor des FEhS-Instituts wiederaufgeschmolzenen und anschließend konventionell nass granulierten Pellets zeigten, dass der nass erzeugte Hüttensand in hüttensandreichen Zementen die höhere Reaktivität aufweist. Untersuchungen an den Proben der zweiten (November 2012) und dritten Kampagne (Juni 2013) werden zeigen, ob sich dieses Verhalten bestätigt.

Die Aufgabe 1.80 soll fortgeführt werden.

Vorschlag FEhS-Institut:

Durch Abschluss des AiF-Forschungsvorhabens 16457 soll eine Reduzierung der Dringlichkeit von 5 auf 4 erfolgen.

1.90 EHS für hydraulisch gebundene Tragschichten

Seit dem 1. Januar 2012 wird gemeinsam mit der Abteilung Verkehrsbau (siehe Aufgabe 2.44) und in Kooperation mit der Universität Kassel das AiF-Projekt 410ZN/I "Hydraulisch gebundene Tragschichten mit energie- und emissionsarmen Bindemitteln als Beitrag zum Straßenbau unter Nachhaltigkeitsaspekten" bearbeitet, das auf zweieinhalb Jahre angelegt ist. Aus drei Hüttensanden unterschiedlicher Herkunft und Feinheit ($3920-4410$ cm²/g) und sechs Anregern (zwei Braunkohlenflugaschen, zwei LDS, eine GPS, Kalkhydrat) wurden im FEhS-Institut hydraulische Tragschichtbinder gemäß der neuen europäischen Norm EN 13282-1 bzw. -2 entwickelt, auf deren Basis dann in Kassel hydraulisch gebundene Tragschichten konzipiert wurden. In 2012 fanden primär zahlreiche bindemitteltechnische Untersuchungen statt. Ver-

gleichsversuche mit zwei Handelsprodukten zeigen, dass mit bestimmten Kombinationen ausreichend leistungsfähige und normgerechte Tragschichtbinder hergestellt werden können.

Die Aufgabe 1.90 wurde 2013 neu in den Aufgabenkatalog aufgenommen und soll fortgeführt werden.

Bereich "Verkehrsbau"

2.01 Stahlwerksschlacken für den Asphaltstraßenbau

Im Nachgang zu dem AiF-Forschungsvorhaben 14921 "Prognostizierung der Griffigkeitsentwicklung von Stahlwerksschlacken" waren weitere Messungen geplant, um die guten Eigenschaften der mit Stahlwerksschlacke gebauten Fahrbahndecken nachzuweisen. Die in Zusammenarbeit mit einem Mitgliedswerk und einem Asphaltunternehmen geplanten Messungen auf unterschiedlichen Strecken (Autobahnen und Landstraßen) konnten bisher nicht realisiert werden, da Probleme mit der Auswahl des Messinstituts bestehen. Nach Durchführung der Messungen sollen die Ergebnisse in der Ad-hoc-Gruppe "Asphalt" diskutiert werden.

Bereits vor einigen Jahren wurde bei Temperaturmessungen in Fahrbahndecken, die mit Stahlwerksschlacke gebaut wurden, festgestellt, dass diese Schichten ein vergleichsweise günstiges Temperaturverhalten aufweisen. Im Vergleich zu den Messergebnissen an einem mit Naturstein gebauten Erprobungsabschnitt ergaben sich langsamere Temperaturanstiege bei Sonneneinstrahlung sowie eine niedrigere Maximaltemperatur. In einem neuen AiF-Antrag "Verknüpfung von Emissionsminderung und Ressourcenschonung durch innovatives Asphaltmischgut mit industriellen Nebenprodukten" soll untersucht werden, ob diese Beobachtung für Stahlwerksschlacken verallgemeinert werden kann. Ziel ist die Einsparung von Energie und Emissionen bei der Herstellung von Asphaltmischgut einerseits sowie der Nachweis einer möglichen längeren Lebensdauer von mit Stahlwerksschlacke hergestellten Asphaltsschichten andererseits. Die Beantragung dieses Forschungsprojekts erfolgte gemeinsam mit dem Institut für Straßenbau und Verkehrswesen der Universität Duisburg-Essen, da dieses Institut über langjährige Erfahrungen in der Erfassung und Bewertung des Temperaturverhaltens von Asphaltsschichten verfügt. Der Antrag wurde durch die Gutachter im Mai 2013 mit nur 29 Punkten bewertet, die eine Förderung zurzeit ausschließen. Er wird daher bis Ende September 2013 nach Berücksichtigung der Gutachterstellungnahmen erneut bei der AiF eingereicht.

Die Aufgabe 2.01 soll fortgeführt werden.

2.02 Stahlwerksschlacken für ungebundene Tragschichten

In den Jahren 2002 bis 2004 wurde am FEhS-Institut das AiF-Forschungsvorhaben 13390 "Eisenhüttenschlacken für die Herstellung von Eisenbahnfahrwegen" durchgeführt. Die Messungen an den im Rahmen dieses Projekts gebauten Erprobungsstrecken werden inzwischen nur noch in mehrjährigen Abständen durchgeführt. Im Jahr 2012 ist keine Messung durchgeführt worden.

Auch aufgrund des genannten AiF-Forschungsvorhabens konnte erreicht werden, dass Stahlwerksschlacke in die Bahn-Norm für Gleistragschichten aufgenommen wurde. Nach wie vor ist jedoch als Gleisschotter seitens der Deutschen Bahn ausschließlich Naturgestein zugelassen. Da auf Werksbahnen – und teils auch auf anderen Privatbahnen – durchaus Gleisschotter aus Stahlwerksschlacke verwendet wird, sollen die Erfahrungen hiermit zusammengestellt werden, um daraus einen zusammenfassenden Bericht für den Arbeitskreis "Verkehrsbau" zu erstellen.

Die Aufgabe 2.02 soll fortgeführt werden.

2.03 Raumbeständigkeit von ungebundenen Stahlwerksschlacken

Allgemein ist anerkannt, dass Stahlwerksschlacken künstliche Gesteine mit hervorragenden technischen Eigenschaften sind. Das einzige technische Problem ist gegebenenfalls eine mangelnde Raumbeständigkeit, weshalb diesem Aspekt große Bedeutung zukommt. Ein wichtiges Instrument im Rahmen der Qualitätssicherung ist der in den 1980er Jahren entwickelte Dampfversuch, bei dem in einer Probe Stahlwerksschlacke die für Hydratationsreaktionen erforderliche Feuchtigkeit als Wasserdampf zugeführt wird. Sofern Hydratationsreaktionen zu einer Volumenzunahme geführt haben, lässt sich dies an der Oberseite der Probe messen. Der Dampfversuch wird in der DIN EN 1744-1 "Prüfverfahren für chemische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 1: Chemische Analyse", Ausgabe April 2010, beschrieben.

Seit seiner Normung wurde die Prüfvorschrift des Dampfversuchs immer wieder modifiziert, um sicherzustellen, dass die in unterschiedlichen Laboratorien gewonnenen Prüfergebnisse vergleichbar sind. Dennoch zeigen sich auch heute noch Unterschiede in den Ergebnissen, die über tolerierbare Vergleichsstreubreiten hinausgehen. Aus diesem Grund versucht eine kleine Arbeitsgruppe aus Mitarbeitern des FEhS-Instituts und Vertretern einiger Mitgliedswerke, diesen Differenzen nachzugehen. Die Untersuchungen gestalten sich messtechnisch anspruchsvoll. Möglicherweise sind unterschiedliche Temperaturverteilungen in der Probe (Mit-)Ursache für die Streuung der Messergebnisse.

Neben hydratisierbarem CaO ist auch hydratisierbares MgO für die Raumbeständigkeit von Stahlwerksschlacke von Bedeutung. Ziel eines neuen AiF-Forschungsvorhabens 17669 "Entwicklung einer Methode zur Beurteilung des Gefahrenpotentials von freiem Magnesiumoxid in Stahlwerksschlacken und anderen Baustoffen" ist die Entwicklung eines Verfahrens zur zuverlässigen, schnellen und preisgünstigen Bestimmung von freiem MgO. Ein solches Verfahren steht bisher noch nicht zur Verfügung. Dieses Projekt wird gemeinsam mit dem Arbeitskreis "Baustoffe" (siehe Aufgabe 1.63) betreut. Vorgesehen ist ein zweistufiges Verfahren, in dem zunächst eine schnelle und vollständige Hydratation des vorhandenen freien MgO durchgeführt werden soll, an die sich

die Erfassung der Hydratationsphasen mit Hilfe einer gezielten und phasenzugeordneten thermischen Freisetzung des gebundenen Hydratwassers anschließt.

Die Aufgabe 2.03 soll fortgeführt werden.

2.19 Erprobung von Eisenhüttenschlacken im Wasserbau

Zur Teilaufgabe "Schachtofenschlacke als Wasserbausteine" wurde das AiF-Forschungsvorhaben 15278 "Untersuchungen zur Eignung von Schachtofenschlacke für den Wasserbau" gemeinsam mit dem Arbeitskreis "Umwelt" betreut (siehe Aufgabe 5.11). Ziel des Projekts war es, einen Überblick über das langfristige Verhalten von Schachtofenschlacke bei der Verwendung im Wasserbau zu erhalten. Im Rahmen des Projekts wurden Bühnen im Rhein gebaut, die auch über das offizielle Ende des AiF-Vorhabens hinaus beobachtet und beprobt wurden. Die letzten Vergleichsanalysen von Interstitialwasser und Rheinwasser zeigten keine nennenswerten Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung.

Beide Arbeitskreise haben vorgeschlagen, die Arbeiten zum Projekt "Schachtofenschlacke" im Jahr 2013 einzustellen.

Zur Teilaufgabe "Überarbeitung des bestehenden Regelwerks" ist zu berichten, dass in der zur Veröffentlichung anstehenden Neufassung der DIN EN 13383-1 "Wasserbausteine – Teil 1: Anforderungen" keine Änderungen hinsichtlich der Bewertung der Volumenzunahme von Stahlwerksschlacke vorgenommen wurden. Wie bisher gibt es im Wesentlichen zwei Anforderungen, von denen in der Regel eine in Deutschland und die andere in den Niederlanden Anwendung findet.

Das Ziel, ein Merkblatt für konkrete Anwendungsvorschläge für Stahlwerksschlacken als Ergänzung zu den "Technischen Lieferbedingungen für Wasserbausteine – TLW" zu schaffen, ist derzeit zurückgestellt, da seitens des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) der Fokus auf den Schlacken aus der Kupfererzeugung liegt. Die Stahlwerksschlacken sollen behandelt werden, wenn Regelungen für die Kupferhüttenschlacken vorliegen.

Die Aufgabe 2.19 soll fortgeführt werden.

2.28 Vergleichende Untersuchungen an europäischen Prüfverfahren

Derzeit werden am FEhS-Institut zwei Forschungsvorhaben durchgeführt, die sich mit Verfahren zur Verdichtbarkeit von Baustoffen für Schichten ohne Bindemittel beschäftigen. Im AiF-Forschungsvorhaben 16733 "Verdichtbarkeit und Tragfähigkeit von Baustoffgemischen unter Berück-

sichtigung neuer europäischer Regelungen" werden sowohl für den Erdbau als auch für ungebundene Schichten im Straßenoberbau national und europäisch geregelte Prüfverfahren miteinander verglichen, um zusätzliche Investitionen in neue Prüfgeräte mit nur unwesentlich veränderten Prüfbedingungen zu vermeiden. Entsprechend zeigen erste Ergebnisse von Proctorversuchen nach DIN 18127 "Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Proctorversuch" und DIN EN 13286-2 "Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 2: Laborprüfverfahren zur Bestimmung der Referenz-Trockendichte und des Wassergehaltes – Proctorversuch" praktisch keine Unterschiede in den Versuchsergebnissen. Die Verdichtung mit dem Vibrationshammer nach DIN EN 13286-4 "Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 4: Laborprüfverfahren für die Trockendichte und den Wassergehalt – Vibrationshammer" führt zu signifikant höheren Dichten bei geringeren Wassergehalten.

Überraschend sind die ersten Ergebnisse der vergleichenden CBR-Versuche nach DIN EN 13286-47 "Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 47: Prüfverfahren zur Bestimmung des CBR-Wertes (California bearing ratio), des direkten Tragindex (IBI) und des linearen Schwellwertes" und TP BF-StB "Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau", Teil B 7.1. Hier zeigen sich signifikant höhere Werte bei der Durchführung des europäischen Verfahrens, obwohl sich die Versuchsbedingungen auf den ersten Blick kaum unterscheiden.

Das zweite BMVBS-Forschungsvorhaben FE 06.0099/2012/EGB "Bezugsgröße für den Verdichtungsgrad von Schichten ohne Bindemittel" wird gemeinsam vom FEhS-Institut und dem Institut für Kalk- und Mörtelforschung e.V., Köln, durchgeführt. Dieses Projekt betrachtet ausschließlich den Bereich der Schichten ohne Bindemittel im Straßenoberbau. Es ist dem Sachverhalt geschuldet, dass der Proctorversuch mit seiner rein schlagenden, statischen Verdichtung nicht mehr dem Stand der Technik entspricht, weil heute moderne Straßenwalzen mit Vibrationsverdichtung arbeiten und damit vom Proctorversuch deutlich abweichende Trockendichten erreichen. Langfristig soll versucht werden, den Proctorversuch als Referenzverfahren für die Bestimmung des Verdichtungsgrads zu ersetzen und in der Folge zu Laborverfahren mit dynamischer Vibrationsverdichtung überzugehen.

Die Aufgabe 2.28 soll fortgeführt werden.

2.41 Eisenhüttenschlacken für Bodenbehandlungen

Das AiF-Forschungsvorhaben 15761 "Neue Bindemittel für den Erdbau: Schlacken für Bodenbehandlungen" konnte Ende des Jahres 2011 abgeschlossen werden. In den Jahren 2012/2013 wurden nur noch Abschlussarbeiten durchgeführt. Ziel des Projekts war es, zu untersuchen, inwieweit feinkörnige Schlacken als Bindemittel für die Verfestigung von Böden geeignet sind. Eine

Nutzung ohne kostenaufwändige Aufmahlung erwies sich jedoch als nicht möglich, die Verfestigungswirkung der nicht gemahlten Schlacken war nicht ausreichend groß.

Bereits 2012 wurde vorgeschlagen, die Aufgabe 2.41 im Jahr 2013 auslaufen zu lassen.

2.42 Eisenhüttenschlacke für Pflasterdecken und Plattenbeläge

Das AiF-Forschungsvorhaben 14470 "Bettungs- und Fugenmaterial für Pflasterdecken und Plattenbeläge aus feinkörnigen Schlacken aus der Aufbereitung von Eisenhüttenschlacken" diente dazu, Sandfraktionen unterschiedlicher Eisenhüttenschlacken hinsichtlich der Eignung als Bettungs- und Fugenmaterial zu untersuchen. Grundsätzlich waren die Untersuchungen erfolgreich. Hinsichtlich der geplanten Langzeitmessungen zeigte sich jedoch, dass durch die mittlerweile hohe Verkehrsfrequenz mit schweren Fahrzeugen vor Ort weitere Messungen nicht mehr durchführbar sind.

Die Aufgabe 2.42 soll im Jahr 2013 auslaufen.

2.44 Eisenhüttenschlacken für hydraulisch gebundene Tragschichten

Das AiF-Forschungsvorhaben 410 Z "Hydraulisch gebundene Tragschichten mit energie- und emissionsarmen Bindemitteln als Beitrag zum Straßenbau unter Nachhaltigkeitsaspekten" wird gemeinsam durch das FEhS-Institut und die Universität Kassel, Fachbereich Bauingenieurwesen, Fachgebiet Werkstoffe des Bauwesens und Bauchemie, bearbeitet und beim FEhS-Institut gemeinsam durch die Arbeitskreise "Baustoffe" (siehe Aufgabe 1.90) und "Verkehrsbau" betreut. Ziel des Projekts ist die zukünftige Nutzung von mit entsprechenden Anregern aktiviertem Hüttensand als Bindemittel für hydraulisch gebundene Tragschichten. Hier wurden zunächst am FEhS-Institut erfolgversprechende Hüttensand-Anreger-Kombinationen ermittelt, mit denen anschließend an der Universität Kassel Rezepturen für hydraulisch gebundene Tragschichten erarbeitet werden. Während in Kassel dann Langzeituntersuchungen hinsichtlich der technischen Eigenschaften durchgeführt werden, sind beim FEhS-Institut Umweltuntersuchungen in Vorbereitung.

Die Aufgabe 2.44 soll fortgeführt werden.

Bereich "Düngemittel"

Im Frühjahr 2013 wurde im Arbeitskreis "Düngemittel" per Beschluss der Mitglieder die Aufgabe 3.24 gestrichen, so dass die Anzahl der Aufgaben auf sechs reduziert wurde (siehe Aufgabenkatalog, verschickt mit der Einladung zur 19. Beiratssitzung). Inzwischen kann aber diese gestrichene Aufgabe wieder bearbeitet werden, da die Partner den im BMBF r³-Programm nicht genehmigten Antrag "STPG" im Rahmen des BMBF r⁴-Programms neu beantragen wollen. Somit wurde der Aufgabenkatalog 2014 wieder um diese Aufgabe ergänzt.

3.13 Umweltverträglichkeit von Düngemitteln aus Eisenhüttenschlacken

Innerhalb der Aufgabe 3.13 "Umweltverträglichkeit von Düngemitteln aus Eisenhüttenschlacken" werden alle Aspekte der Düngemittel aus Eisenhüttenschlacken diskutiert. Insbesondere werden Entwicklungen hinsichtlich Parameter und Grenzwerte bei der Neufassung von Regelwerken kontinuierlich verfolgt.

Aktuell betrifft dies Aktivitäten der EU-Kommission bezüglich angedachter "risk assessments" für Schwermetalle in Düngemitteln. Um auf künftige Diskussionen vorbereitet zu sein, wurde bereits 2012 vom FEhS-Institut unter Beteiligung der ArGe Hüttenkalk und Erzeugern von Düngemitteln aus Eisenhüttenschlacken eine Ad-hoc-Gruppe "Risk Assessment" eingerichtet. Ziel war es, die vorhandene Datenbasis zu ergänzen und um als kritisch erachtete Elemente zu erweitern. Hierzu wurden die Mitglieder der Ad-hoc-Gruppe angeschrieben und um Einzelproben aus der Düngemittelproduktion mindestens der Monate Juli, August und September 2013 gebeten. Die Analytik erfolgt durch das Labor des FEhS-Instituts.

Diese Arbeiten sind umso notwendiger, da die kontroverse Diskussion innerhalb der EU-Kommission, welche Elemente und Elementgehalte zukünftig geregelt werden sollen, inzwischen dazu führte, dass neben Arsen, Cadmium, 6-wertigem Chrom, Blei, Quecksilber und Nickel weitere Elemente einbezogen werden, wie z. B. Kupfer, Zink, Uran und auch wieder Gesamt-Chrom. Nach dem letzten Vorschlag der Kommission soll bei mineralischen Düngern der Gehalt an 6-wertigem Chrom, bei organischen Düngemitteln der Gehalt an Gesamt-Chrom begrenzt werden.

Die Aufgabe 3.13 soll fortgeführt werden.

3.18 Statistik für Düngemittel aus Eisenhüttenschlacken

Die statistische Erfassung der Absatzmengen des Düngemittelmarktes dient der Verbesserung der Marktsituation für Düngemittel aus Eisenhüttenschlacken. Bei der Nutzung der Stahlwerksschlacken weist der Konverterkalk einen kontinuierlich anwachsenden Anteil auf, der im Jahr 2012

einen Wert von 12 % erreichte. Insgesamt wurde im Jahr 2012 für den Konverterkalk erstmalig wieder die Schwelle von 500.000 t gelieferte Ware überschritten. Unter dem Begriff Konverterkalk werden sowohl die Stahlwerksschlacken aus den integrierten Hütten als auch die sekundärmetallurgischen Schlacken aus einem Elektrostahlwerk vermarktet.

Die Situation bei den Kalkdüngemitteln auf Basis der Zahlen der Wiesbadener Düngemittelstatistik ist nach rückläufigem Absatz in den Jahren 2009 und 2010 für die Kalenderjahre 2011 und 2012 wieder durch Absatzsteigerung gekennzeichnet. Der günstige Witterungsverlauf führte insbesondere im Herbst 2012 nach Abschluss der Getreideernte zu einem guten Kalkabsatz. Dieser verbesserte sich insgesamt um 6,6 %, entsprechend 156.750 t CaO (Wiesbadener Statistik in Tonnen Nährstoff). Die Konverterkalke verzeichneten in Summe sogar ein Absatzplus von 13,2 %, entsprechend 30.015 t CaO. Dabei waren die relativen Absatzzuwächse in den neuen Bundesländern stärker als in den alten Bundesländern. Bundesweit verbesserten sich die Marktanteile der Konverterkalke von 9,5 auf 10,1 % mit unterschiedlichen Entwicklungen in den einzelnen Bundesländern. Die gute Absatzentwicklung bei Düngekalken im Frühjahr 2013 und das Stimmungshoch in der Landwirtschaft lassen auf einen positiven Verlauf des Düngemittel- und Kalkabsatzes im Herbst 2013 hoffen.

Die Aufgabe 3.18 soll fortgeführt werden.

3.19 Nationale und europäische Regelwerke für Düngemittel

Auf nationaler Ebene wurde mit Wirkung vom 6. Dezember 2012 die neue Düngemittelverordnung (DüMV) in Kraft gesetzt (BGBl Jg. 2012 Teil I Nr. 58 v. 13.12.2012). Betroffen sind im Wesentlichen Kultursubstrate und organische Düngemittel. Darüber hinaus wurden einige redaktionelle Änderungen und Anpassungen an das aktuelle EU-Recht vorgenommen.

Für Kalkdüngemittel gilt nunmehr eine Kennzeichnungsschwelle für MgO ab 5 %. Eine MgO-Kennzeichnung ist sicherlich bereits bei niedrigeren Gehalten möglich. Ob diese aber im Rahmen der typbestimmenden Bestandteile erfolgen kann oder als "weiterer Bestandteil" zu kennzeichnen ist, ist noch mit der Düngemittelverkehrskontrolle zu klären. Für die neue Düngemittelverordnung gilt eine Übergangsfrist bis zum 30. Juni 2015.

Am 26. November 2012 wurde der Evaluierungsbericht zur Düngeverordnung (DüV) bekannt. Bei einer Umsetzung sind deutliche Verschärfungen und Einschränkungen für die Anwendung von organischen und mineralischen Düngemitteln zu erwarten. Dies betrifft vor allem die Stickstoff- und Phosphatdüngemittel, weniger die Kalkdüngemittel.

Auf europäischer Ebene bereiten die Mitgliedsstaaten und die Kommission in einer gemeinsamen Initiative derzeit ein neues, harmonisiertes EU-Düngemittelrecht vor ("New Approach"), mit

welchem der Geltungsbereich des bestehenden EU-Düngemittelrechts deutlich erweitert und auf eigenständige nationale Regelungen verzichtet werden soll.

Dazu hatte die Kommission in der Fertiliser Working Group vier Arbeitsgruppen (Working Groups) eingerichtet, die anschließend ihre "Fakten- und Wünschensammlung" mit zum Teil sich widersprechenden Forderungen der Kommission vorgelegt hat. Allerdings ist die Kommission nicht zur Übernahme der einzelnen Vorschläge der Working Groups verpflichtet. Die vorgebrachten Einwände zeigen jedoch, dass es zur Schadstoffregelung europaweit noch großen Informations- und Diskussionsbedarf gibt. Nach bisherigem Kenntnisstand sollen die Elemente Arsen, Cadmium, 6-wertiges Chrom, Blei, Quecksilber und Nickel Eingang in eine Schwermetallregelung finden, wobei die Grenzwerte analog dem deutschen Recht oder schwächer festgesetzt werden sollen.

Soweit bekannt, soll im neuen EU-Recht für die Kalkdüngemittel voraussichtlich innerhalb der Mineraldünger eine eigene Gruppe gebildet werden. Hierfür ist noch eine klar definierte Zweckbestimmung mit Anwendungszweck erforderlich, um sie von den Bodenverbesserungsmitteln zu unterscheiden.

Entsprechend dem Zeitplan der Kommission wird voraussichtlich im Juni 2013 ein erster Kommissionsentwurf vorliegen. Im 2. Halbjahr 2013 sollen dann die Beratungen zu dem Entwurf im Europäischen Rat bzw. im EU-Parlament folgen. Mit einer Veröffentlichung der neuen Verordnung ist frühestens im Sommer 2014 zu rechnen, wobei von einer sicherlich mehrere Jahre währenden Übergangsfrist ausgegangen werden kann.

Die Aufgabe 3.19 soll fortgeführt werden.

3.20 Wirkung silikatischer Kalke

Unter Aufgabe 3.20 wird gegenwärtig ein RFCS-Forschungsvorhaben RFSR-CT-2011-00037 "Impact of long-term application of blast furnace and steel slags as liming materials on soil fertility, crop yields and plant health" (Akronym: SLAGFERTILISER) bearbeitet. An dem Forschungsvorhaben sind neben dem FEhS-Institut als Koordinator je ein Stahlwerk und eine Forschungsstelle aus den Ländern Finnland, Deutschland, Österreich und Italien beteiligt. Auf Wunsch des Projektträgers RFCS wurde ein externer Auditor in das Projekt eingebunden, um eine objektive Berichterstattung zu gewährleisten.

Ziel der Arbeiten ist es, die ursächlichen Zusammenhänge zwischen dem Einsatz von Eisenhütenschlacken aus integrierten Hüttenwerken als Düngemittel und Düngekalke sowie Verbesserungen der Erträge und Qualitäten land- und forstwirtschaftlicher Kulturen anhand neuer und bestehender Feld- und Gefäßversuche zu untersuchen. Durch die Einbindung der verschiedenen Projektpartner konnten unterschiedliche Boden- und Klimaverhältnisse abgedeckt werden. Ebenso

kann durch die Beteiligung der vier europäischen Stahlwerke ein Einfluss der unterschiedlichen Rohstoffbasis auf die Zusammensetzung der Schlacke und damit auch auf die Ergebnisse innerhalb des Projekts gezeigt werden.

In Österreich werden trotz der aktuellen bedrohlichen Entwicklung zur Vermarktung von LD-Schlacke an drei Standorten Feldversuche durchgeführt. In Finnland mussten aufgrund von Überflutungen neue Versuchsfelder angelegt werden. Zwar besteht auf den neuen Feldern kein hoher Kalkbedarf, aber die Düngung trug maßgeblich zur Verbesserung der Pflanzengesundheit bei. Nach derzeitigem Kenntnisstand ist in Finnland eine Chromanreicherung in den angepflanzten Kartoffeln nicht zu beobachten, jedoch eine tendenzielle Vanadiumaufnahme bei sehr hohem Ausbringen von Konverterkalk (Ruukki verwendet schwedisches Erz mit hohen Vanadiumgehalten). Die in Italien untersuchten sehr salinen Böden weisen gleichzeitig einen höheren Borgehalt auf als die anderen im Projekt untersuchten Böden. Der Einfluss der kalksilikatischen Dünger auf die Wirkung des Bors ist daher ein neuer zusätzlicher Schwerpunkt der Untersuchungen in Italien. Die Beurteilung der in Deutschland zur Forstdüngung ausgebrachten LD- und Pfannenschlacken gestaltet sich gegenwärtig schwierig. Beispielsweise sind die Auswirkungen auf das Wachstum der Bäume nach lediglich zwei Jahren Projektlaufzeit nur bedingt erkennbar.

Ergänzend wurden im Rahmen des Projekts Langzeitversuche auf Acker- und Grünland in Deutschland weitergeführt und intensiviert. Die durchgeführten Untersuchungen ergaben ähnliche Ertragsabstufungen zwischen den verschiedenen Düngungs- bzw. Kalkungsvarianten wie in den Vorjahren. Die Phosphatdüngung und Kalkung führte zu Ertragssteigerungen, die bei Anwendung von Thomasphosphat und silikatischen Kalken meist höher ausfielen als bei Verwendung von nichtsilikatischen Düngern und Kalken. Auch ein neu angelegter Kalkversuch mit Konverterkalk und kohlen saurem Kalk zeigte ähnliche Ergebnisse. Ganz aktuell sind nun auch die Kulturen für die nachfolgende Untersuchung der Pflanzengesundheit angepflanzt worden.

Die Aufgabe 3.20 soll fortgeführt werden.

3.22 Phosphor-Anreicherung von flüssigen Stahlwerksschlacken

Unter Aufgabe 3.22 wird das BMBF-Forschungsvorhaben 033R004 A-E im Programm zur ressourceneffizienten Nutzung von Rohstoffen mit dem Titel "Phosphor-Anreicherung und Aufschluss phosphathaltiger mineralischer Reststoffe in flüssigen LD-Schlacken" bearbeitet. Die meisten Klärschlämme und Klärschlammaschen sind aufgrund ihrer Schwermetallgehalte gemäß Düngemittelverordnung nicht als Düngemittel einsetzbar. LD-Schlacke kann aufgrund ihres geringen P_2O_5 -Gehalts nicht als Phosphatdünger vermarktet werden. Durch die Mischung der flüssigen LD-Schlacke mit Klärschlammasche wird die Schwermetallbilanz so weit verändert, dass ein lediglich kennzeichnungspflichtiges Material gemäß Düngemittelverordnung vorliegt und das Produkt im P_2O_5 -Gehalt signifikant angereichert wird.

Innerhalb des Forschungsvorhabens wurden die chemischen und mineralischen Grundlagen zur Herstellung eines dem Thomaskalk (P_2O_5 -Gehalt: 5-10 M.-%) vergleichbaren Produkts durch Aufschluss sekundärer Phosphatträger, wie Klärschlamm- und Tierkörperverbrennungaschen, mit flüssiger LD-Schlacke erarbeitet. Die betrieblichen Untersuchungen wurden abgeschlossen. Es konnten Wege erarbeitet werden, um in der Betriebspraxis eine effektive Zugabe von Klärschlammasche zu realisieren. Als besonders geeignet erscheint das Einblasen der Klärschlammasche mit Luft in die schmelzflüssige LD-Schlacke im Schlackenkübel. Dies ist vergleichbar mit dem Sand- und Sauerstoffeinblasen in die flüssige LD-Schlacke zum Abbau des Freikalkgehalts.

Im Jahr 2013 wurde im Wesentlichen die Wirksamkeit der im P_2O_5 -Gehalt angereicherten LD-Schlacken aus den Labor- und Betriebsversuchen auf Wachstum, Phosphataufnahme und Ertrag im Vegetationsversuch ermittelt. Dazu wurde unter anderem ein phosphatarmer Lehm Boden für Gefäßversuche eingesetzt und als Versuchskulturen Raps und Roggen angebaut. Generell zeigen die Ergebnisse aller Vegetationsversuche, dass die mit Klärschlammasche im P_2O_5 -Gehalt angereicherten LD-Schlacken eine gute P-Düngewirkung aufweisen, die der handelsüblicher, voll aufgeschlossener Vergleichsdünger entspricht. Neben den Gefäßversuchen wurde auch ein Feldversuch in Vörden, Ostwestfalen, angelegt, der positive Ergebnisse zur Düngewirkung auf pH-Wert und P-Gehalt im Boden brachte. Die Feldversuche wurden mit einer zweiten Beerntung im Sommer 2013 abgeschlossen.

Die Projektlaufzeit endete nun nach dreieinhalb Jahren am 31. August 2013. Die Arbeiten zur Berichtsfassung etc. werden aber voraussichtlich erst fristgemäß am 28. Februar 2014 abgeschlossen.

Die Aufgabe 3.22 soll fortgeführt werden.

3.23 Phosphor-Anreicherung von erstarrten Stahlwerksschlacken

Das unter Aufgabe 3.23 abgeschlossene RFCS-Forschungsvorhaben RFSR-CT-2009-00028 "Using Slag as Sorbent to Remove Phosphorus from Wastewater" (Akronym: SLASORB) befasste sich mit der Nutzung von Stahlwerksschlacken als Filtermaterial zur Phosphor-Eliminierung aus Abwässern. Das Projekt wurde im Bereich Düngemittel angesiedelt, da nach der Abwasserbehandlung auch die Düngewirksamkeit der P_2O_5 -angereicherten Schlacken überprüft wurde.

Im Rahmen der Projektarbeiten wurden Pilotanlagen in La Motte d'Agues (bei Avignon, Frankreich) und in Kappe (nördlich von Berlin) betrieben. Durch die Pilotanlagen konnten erstmalig in Europa Erfahrungen zur Entphosphorung realer Abwässer mit LD- und Elektroofenschlacken gesammelt werden. Anhand der erfassten Daten und Erfahrungen konnten Optimierungsmöglichkeiten für derartige Anlagen bezüglich der Entphosphorung von Abwässern erarbeitet werden.

Nach Berechnungen der französischen Projektpartner zur Wirtschaftlichkeit derartiger Anlagen ist ein Betrieb insbesondere für kleine ländliche Abwasserbehandlungsanlagen vorteilhaft, die alternativ eine chemische Behandlung zur Phosphoreliminierung installieren müssten.

Hinsichtlich der angestrebten Verwendung der Stahlwerksschlacken als Phosphatdünger nach ihrer Nutzung in Abwasserbehandlungsanlagen, ist anhand der durchgeführten Labor- und Feldversuche eine höhere Phosphataufnahme der Pflanzen und somit eine Ertragssteigerung festzustellen. Diese Effekte sind vergleichbar zu beobachten bei den bewährten Düngemitteln Thomasphosphat und Tripelsuperphosphat.

Das Projekt ist abgeschlossen und der Entwurf des Abschlussberichts fristgemäß dem RFCS vorgelegt und beim TGS 9-Meeting akzeptiert worden. Eine schriftliche Rückmeldung seitens des RFCS liegt allerdings noch nicht vor. Ein Abschluss kann aber für 2013 angenommen werden.

Die Aufgabe 3.23 läuft aus.

3.24 SWS als Additiv für Schmelzaufschluss von Klärschlammaschen

Zu Aufgabe 3.24 "Phosphatdüngemittel aus Klärschlammasche" wurde in der Vergangenheit eine Projektskizze zur thermischen Behandlung von Klärschlamm bzw. Klärschlammaschen mit kalkreichem Konditionieren, wie beispielsweise Gießpfannenschlacke, im Rahmen der r³-Initiative des BMBF eingereicht. Ziel dieses Projektes war damals die Substitution mineralischer Phosphatdüngemittel durch einen technischen Dünger, hergestellt mittels einer energie- und stoffoptimierten Wertstoffrückgewinnung aus Reststoffen thermischer Prozesse, in dem Fall aus Klärschlamm(asche). Das Akronym für dieses Forschungsprojekt lautet STPG und steht für eine SchmelzTechnische PhosphorrückGewinnung. Im Gegensatz zum Vorgehen in Aufgabe 3.22 sollte hierbei kalkreiches Material lediglich zur Aktivierung des Phosphats der Klärschlamm(aschen) genutzt werden. Nach einer positiven Bewertung der Projektskizze wurde der Forschungsantrag jedoch abgelehnt. Da bis zur Frühjahrssitzung des Arbeitskreises "Düngemittel" keine alternative Fördermöglichkeit gefunden werden konnte, wurde die Aufgabe 3.24 auf Beschluss des Arbeitskreises aus dem Aufgabenkatalog gestrichen. Zwischenzeitlich wurden jedoch auf Initiative des Projektkoordinators und neuer Projektpartner weitere technische Aspekte in die Projektskizze aufgenommen. Ausgangsmaterial ist ausschließlich Klärschlamm. Außerdem soll die Heat-Pipe-Technik eine bessere Energiebilanz ermöglichen. Darüber hinaus erfolgte inzwischen ein Aufruf im Rahmen der r⁴-Initiative des BMBF. Eine Wiederaufnahme der Antragsarbeiten erscheint somit möglich und sinnvoll.

Vorschlag FEhS-Institut:

Die Aufgabe 3.24 soll wieder in den Aufgabenkatalog aufgenommen werden.

Bereich "Sekundärrohstoffe/Schlackenmetallurgie" (SEKROHMET)

Im Jahr 2013 werden im Arbeitskreis "SEKROHMET" fünf Aufgaben mit insgesamt 10 Teilaufgaben (tlw. noch einmal unterteilt in verschiedene Forschungsprojekte) bearbeitet. Für das Jahr 2014 werden wiederum fünf Aufgaben mit insgesamt 13 Forschungsanträgen oder -vorhaben vorgeschlagen. Innerhalb dieser Aufgaben werden acht geförderte Forschungsvorhaben bearbeitet. Darüber hinaus sollten gemäß Beschlussfassung des Arbeitskreises "SEKROHMET" im Mai 2013 Anträge für ursprünglich fünf neue Forschungsprojekte bearbeitet werden. Inzwischen sind aber zwei weitere Anträge für das Jahr 2014 in Bearbeitung. Beide Projekte werden vom BFI koordiniert und sollen nach Zustimmung durch den Beirat zukünftig in der Aufgabe 4.14 bzw. in Aufgabe 4.18 bearbeitet werden. Somit könnte der Aufgabenkatalog um das Projekt mit dem Akronym "MinCoke" (4.14: RFCS-Antrag: Verringerung des Kokseinsatzes im Hochofen und Auswirkungen auf die Prozessschlacke) und "FLUORID" (4.18: BMBF-r⁴-Antrag: Recycling von Fluor aus Eisenhüttenschlacken) ergänzt werden.

4.14 Behandlung flüssiger Eisenhüttenschlacken

Aufgabe 4.14 umfasste im Jahr 2013 sechs Teilaufgaben.

Im Rahmen der Teilaufgabe 4.14-1 wurde gemeinsam mit der Abteilung Baustoffe (siehe Aufgabe 1.80) das AiF-Forschungsvorhaben 16457N "Optimierung der Granulationsbedingungen bei der Herstellung von Hüttensand" (Akronym: OPTiHS) bearbeitet. Ziel war es, durch den Vergleich von Granulationsversuchen in Labor und Praxis Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften der flüssigen Schlacke, den Granulationsbedingungen, den chemischen, physikalischen und den technischen Eigenschaften von Hüttensanden aufzuzeigen.

Das Forschungsvorhaben ist zum 31. März 2013 ausgelaufen; die Teilaufgabe soll deshalb im Aufgabenkatalog 2014 gestrichen werden.

Die Teilaufgabe 4.14-2 umfasst verschiedene Projekte zur "Definierten Erstarrung von Eisenhüttenschlacken mit gekoppelter Wärmerückgewinnung". Dabei sollen neben der Wärmerückgewinnung auch die Erzeugung nutzbarer Schlackenprodukte aus Hochofen- und Elektroofenschlacke im Fokus der Untersuchungen stehen. Die Erarbeitung von Lösungen zu diesem Aufgabenkomplex erfolgt im Rahmen von vier verschiedenen Forschungsprojekten.

- a) Das vom BMWi geförderte Forschungsvorhaben 03ET1052 A-B "Entwicklung eines Verfahrens zur trockenen, glasigen Erstarrung von schmelzflüssiger Hochofenschlacke kombiniert mit einer Wärmerückgewinnung" mit dem Akronym DSG wird gemeinsam mit Siemens VAI seit

dem 1. August 2011 bearbeitet. Basierend auf früheren Erfahrungen der Siemens VAI wird hierfür das Drehtellerverfahren für die trockene Erstarrung der Hochofenschlacke bei gleichzeitig hoher Abwärmenutzung angewendet. Die Laboruntersuchungen des FEhS-Instituts wurden zunächst von Siemens VAI durch theoretische Berechnungen für die Auslegung einer Technikumsanlage begleitet. Im Rahmen der Projektförderung wurde ein Granulator mit einem Gefäßdurchmesser von 2 m in Deutschland gebaut und in einer Technikumsanlage an der Montanuniversität in Leoben, Österreich, erprobt. Mit dieser Technikumsanlage konnte inzwischen in drei Kampagnen ein Granulat mit < 3 mm Durchmesser bei einem Glasgehalt von über 95 % erzeugt werden. Der Anteil an schlechtem Ausbringen durch Anbackungen und Verklumpungen betrug lediglich 2 M.-%.

- b) Der in Leoben eingesetzte Granulator ist jedoch für betriebliche Untersuchungen zu klein. Basierend auf den vorliegenden Ergebnissen aus dem laufenden Projekt DSG ist aus dem Forschungsantrag DSG II ein gefördertes Pilotprojekt zur trockenen Granulation der Hochofenschlacke zum 1. März 2013 angelaufen. Im Rahmen einer österreichischen Förderung wird im FFG-Forschungsvorhaben 3299119 "Forschungsvorhaben zur Wärmerückgewinnung mittels Trockengranulation" von Hochofenschlacke mit dem Akronym FORWAeRTS ein Granulator mit 6 m Durchmesser gebaut, mit dem bei der voestalpine Stahl GmbH in Linz erste Betriebsversuche durchgeführt werden sollen. Bei der voestalpine Stahl GmbH steht eine Zentralgranulation zur Verfügung, so dass der Granulator nicht direkt an die Schlackenrinne angeschlossen werden muss.

Die Arbeiten zu den Projekten DSG und FORWAeRTS sollen in Zusammenarbeit mit der Abteilung Baustoffe (siehe Aufgabe 180) fortgeführt werden.

- c) Unter der Teilaufgabe 4.14-2 wird auch die trockene Erstarrung von Stahlwerksschlacke bearbeitet. Diese Aufgabe ist deutlich anspruchsvoller, da Stahlwerksschlacke im Gegensatz zur Hochofenschlacke bei höheren Temperaturen und diskontinuierlich erzeugt wird; außerdem besteht hier beim Abstich die Gefahr des Mitlaufens von flüssigem Rohstahl. Das vom BMWi geförderte Vorhaben 03ET1141 A-C zur "Erforschung eines Verfahrens zur gezielten Erstarrung von schmelzflüssiger Elektroofenschlacke kombiniert mit einer Wärmerückgewinnung" mit dem Akronym DEWEOS befasst sich daher zunächst ausschließlich mit Elektroofenschlacken, da hier geringere Schlackenmengen pro Abstich vorliegen als bei der LD-Schlacke.

Das Vorhaben DEWEOS wird seit dem 1. Mai 2013 gemeinsam von der Georgsmarienhütte GmbH, der KME Germany AG & Co. KG in Osnabrück und dem FEhS-Institut als Koordinator bearbeitet.

Die Arbeiten zu DEWEOS sollen fortgeführt werden.

d) Während die Wärmerückgewinnung bei der Erstarrung von Eisenhüttenschlacken nach vorliegenden Überlegungen und Erfahrungen als lösbare Aufgabe anzusehen ist, ergeben sich in der Praxis erhebliche Anforderungen hinsichtlich des Transports, der Speicherung und der Verteilung der flüssigen Schlacke. Diese Fragestellungen sollen im Rahmen eines neuen europäischen Forschungsprojektes bearbeitet werden. Der Forschungsantrag mit dem Akronym LIQUIDSLAG soll zum 17. September 2013 beim RFCS eingereicht werden und sich neben Fragen zum Handling der flüssigen Schlacken auch speziell mit der gezielten Erstarrung von Elektroofenschlacken beschäftigen. Diese definierte Erstarrung verfolgt das Ziel, entweder eine Schlacke für das interne Recycling oder die externe Verwendung als Baustoff zu erzeugen.

Die Arbeiten zu LIQUIDSLAG sollen fortgeführt werden, falls der RFCS-Antrag genehmigt wird.

Unter Teilaufgabe 4.14-3 wird seit dem 1. Juli 2012 das FFG-Forschungsvorhaben 1.5 "Optimised slag utilisation" mit dem Akronym OPTiLDS als Teil der österreichischen Förderinitiative K1-MET mit bearbeitet. Das FEhS-Institut ist als Unterauftragnehmer der voestalpine Stahl GmbH in dem Projekt eingebunden. Schwerpunkt waren zunächst systematische Untersuchungen und die Bewertung verschiedener Maßnahmen zur Verbesserung der Raumbeständigkeit von LD-Schlacken.

Kurzfristig musste innerhalb der Projektlaufzeit aufgrund neuerer geplanter gesetzlicher Vorgaben in Österreich der Schwerpunkt auf die Behandlung flüssiger LD-Schlacke durch Zugabe von Natursand für eine Nutzung im Asphaltstraßenbau oder durch Zugabe von Klärschlammasche für eine Nutzung als Düngemittel gelegt werden. Die neuen Anforderungen in Österreich werden voraussichtlich zu einer massiven Einschränkung der Nutzung von LD-Schlacke im Straßenbau aufgrund der Begrenzung des Feststoffgehalts für Chromoxid führen. Andererseits ist nach österreichischer Gesetzgebung die LD-Schlacke als Düngemittel einsetzbar, sofern der P_2O_5 -Gehalt über 5 M.-% liegt, da in diesem Fall "lediglich" ein Chromgehalt < 2.500 ppm ($Cr < 0,25$ M.-%) einzuhalten ist.

Die Arbeiten im Rahmen der Förderinitiative K1-MET 1.5 sollen fortgeführt werden.

Teilaufgabe 4.14-4 beinhaltet gegenwärtig Arbeiten zu einem DBU-Forschungsantrag mit dem Akronym KLINKEOS innerhalb dessen ein "Innovativer, umwelt- und ressourcenschonender Prozess zur Erzeugung von Portlandzementklinker auf der Basis flüssiger Stahlwerksschlacke" entwickelt werden soll. Ziel des Projektes ist die Herstellung eines Zementklinkers aus Elektroofenschlacke. Flüssige Elektroofenschlacke soll zunächst in einem Pfannenofen (LF) oder Submerged Arc Furnace (SAF) reduziert und danach in einen Drehrohrofen überführt werden. Dort wird durch Zugabe basischer Materialien, wie Kalk oder Gießpfannenschlacke, die Zusammensetzung eines Klinkers eingestellt und das erzeugte Produkt einer Quenche zugeführt. Der mehrstufige Ansatz ist

im Hinblick auf eine Optimierung des Energiebedarfs erforderlich. Die Arbeiten sollen gemeinsam mit der Anlagenbaufirma KMU HEEP & P GmbH (Human Engineering for Environmental friendly Products & Production), Rheinberg, und dem FEhS-Institut als Koordinator bearbeitet werden. Die Georgsmarienhütte GmbH und die Benteler Steel/Tube GmbH unterstützen das Forschungsprojekt, erhalten aber keine Finanzmittel, da der Projektträger nur Forschungsstellen und klein- und mittelständische Unternehmen fördert. Der Antrag ist Anfang August 2013 eingereicht worden.

Das Projekt KLINKEOS soll in Zusammenarbeit mit der Abteilung Baustoffe (siehe Aufgabe 1.70) fortgeführt werden, zumal die DBU mündlich eine Förderung zugesagt hat.

Unter Teilaufgabe 4.14-5 "Recycling von Gießpfannenschlacke im Elektroofenprozess als Kalksubstitut" werden das BMWi-Forschungsvorhaben mit dem Akronym RECYCEOS und ein Forschungsantrag mit dem Akronym WIPEOS gemeinsam bearbeitet. Beide Projekte befassen sich mit dem Wiedereinsatz der Gießpfannenschlacke im Elektrolichtbogenofen.

Das zum 1. Oktober 2012 angelaufene AiF-ZIM-Forschungsvorhaben KF3062301KI2 "Agglomeratstein aus Gießpfannenschlacke und Biokohle zum Einsatz im Elektrolichtbogenofen bei der Stahlherstellung" (RECYCEOS) wird vom BMWi über die AiF innerhalb des Förderprogramms "Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand" unterstützt. Ziel des Forschungsvorhabens ist es, feinkörnige Gießpfannenschlacke mit Zement zu verpressen und im Elektrolichtbogenofen zu recyceln. Neben der Nutzung der GPS als Kalkträger liegt ein weiterer Vorteil darin, dass diese Agglomeratsteine bei niedrigeren Temperaturen als zum Beispiel Kalkstein oder Branntkalk aufschmelzen. Bei der Stahlerzeugung im Elektrolichtbogenofen entstehen mehr als 50 % der CO₂-Emissionen durch das Setzen von Koks bzw. Kohle zum Schäumen. Aus diesem Grund soll auch der Einsatz von CO₂-neutraler Biokohle in den Presslingen erprobt werden. Daher ist auch das Institut für Industrieofenbau und Wärmetechnik der RWTH Aachen in das Projekt eingebunden. Bei der Firma Volmer Betonwerk, Duisburg, wurden erste Presslinge mit Kies als Stützkorn hergestellt.

Ein direktes Recycling von Gießpfannenschlacke im Elektrolichtbogenofen ist auch möglich, sofern diese stückig erstarrt. Eine stückige Erstarrung der Gießpfannenschlacke ist neben der bereits früher untersuchten Stabilisierung durch Bor oder Phosphor auch durch rasche Abkühlung erzielbar. Dieser Aspekt wurde aus dem Projekt RECYCEOS ausgegliedert und wird in einem eigenständigen Forschungsantrag mit dem Akronym WIPEOS und dem Titel "Wiedereinsatz von stabilisierter Gießpfannenschlacke im Elektrolichtbogenofen zur Substitution von Kalk" bearbeitet. Gegenwärtig ist ein Antrag im Rahmen der BMBF Förderinitiative r⁴ geplant.

Die Arbeiten zu den Projekten RECYCEOS und WIPEOS sollen fortgeführt werden.

Unter Teilaufgabe 4.14-6 "Separation im flüssigen und erstarrten Zustand von P-reichen und P-armen Mineralphasen der LDS" wird seit dem 1. Juli 2013 das RFCS-Forschungsvorhaben RFSR-

CT-2013-00032 "Removal of Phosphorus from BOF-slag" mit dem Akronym PSP-BOF gefördert. Im Rahmen des Projekts werden Maßnahmen zur Separation der LD-Schlacke in eine phosphorreiche und eine phosphorarme, aber eisenreiche Fraktion untersucht. Vorgesehen ist, Techniken für eine Trennung sowohl im flüssigen als auch im festen Zustand zu entwickeln und zu erproben. Bei erfolgreicher Umsetzung eröffnet sich die Möglichkeit, durch die phosphorarme Fraktion einen höheren Anteil der LD-Schlacke über die Sinteranlage oder direkt im Hochofen zu recyceln. Die phosphorreiche Fraktion kann einer Nutzung als Düngemittel zugeführt werden. Neben LD-Schlacken mit typischen P_2O_5 -Gehalten sollen auch skandinavische LD-Schlacken mit niedrigen Phosphor- und höheren Vanadiumgehalten untersucht werden. Mit ersten Laborversuchen zur selektiven Mahlung und anschließender Separation von LD-Schlacken ist im FEhS-Institut begonnen worden.

Die Arbeiten zu dem Projekt PSP-BOF sollen fortgeführt werden.

4.16 Stäube und Schlämme aus der Eisen- und Stahlerzeugung

Durch die periodische Erfassung des Aufkommens und des Verbleibs von Stäuben, Schlämmen und Walzzunder in den Mitgliedswerken des FEhS-Instituts in Deutschland, Österreich und der Schweiz soll die Interessenvertretung der Werke durch das FEhS-Institut und das Stahlinstitut VDEh unterstützt werden. Die Umfrage zur Erzeugung und Nutzung von Stäuben, Schlämmen und Walzzunder wird gemeinsam mit dem Stahlinstitut VDEh turnusgemäß jedes zweite Jahr durchgeführt.

Die letzte Umfrage für das Jahr 2012 erfolgte im Frühjahr 2013. Die Ergebnisse dieser Umfrage wurden auf der letzten Sitzung des Arbeitskreises "SEKROHMET" sowie in Kurzbeiträgen auf dem Fachkundefahrt nach DepV § 4 Nr. 2 "Deponien der Stahlindustrie" am 6./7. Juni 2013 in Bremen und dem Seminar "Kreislaufwirtschaft in der Stahlindustrie" am 5./6. September 2013 in Salzgitter vorgestellt.

Die Aufgabe 4.16 soll fortgeführt werden.

4.18 Schlacken aus der Edeltahlerzeugung

Unter Aufgabe 4.18 "Schlacken aus der Edeltahlerzeugung" werden sowohl Arbeiten zur Schlackenmetallurgie und der Schlackenaufbereitung als auch zur Nutzung von Edeltahlschlacken zusammengefasst. Gegenwärtig werden unter dieser Aufgabe keine Forschungsvorhaben bearbeitet. Wie aber in der Einleitung beschrieben, soll ein BMBF-r⁴-Antrag zum Recycling von Fluorid aus Edeltahlschlacken, sekundärmetallurgischen und ESU-Schlacken erarbeitet werden.

Die Aufgabe 4.18 soll fortgeführt werden.

4.19 Elektroofenschlacken aus der Qualitätsstahlerzeugung

Aufgabe 4.19 ist 2011 als Pendant zu Aufgabe 4.18 in den Aufgabenkatalog aufgenommen worden. Sie beinhaltet Optimierungsmaßnahmen in der Metallurgie und der Aufbereitung von Schlacken aus der Qualitätsstahlerzeugung im Elektrolichtbogenofen.

Unter dieser Aufgabe wird seit dem 1. Juli 2012 das RFCS-Forschungsvorhaben RFSR-CT-2012-00006 "Control of slag quality for utilisation in the construction industry" mit dem Akronym SLACON bearbeitet. Ziel des Projekts ist die Verbesserung der Umwelteigenschaften der Elektroofenschlacke aus der Qualitätsstahlerzeugung, insbesondere im Hinblick auf die Elemente Ba, Cr, Mo, V, Se und F. Unter anderem wird der Einfluss der Abkühlung auf die Eluatkonzentrationen untersucht. Als neuer Aspekt ist die Entwicklung eines Behandlungsprozesses zum Auswaschen kritischer Elemente mittels Kühl- und Waschwasser sowie die Eliminierung von umweltrelevanten Inhaltsstoffen aus diesen Wässern zu nennen. Die Arbeiten zur Kühl- und Waschwasserbehandlung sind aufgrund der dort auftretenden hohen pH-Werte ambitioniert und innovativ. Da neben den Kationen auch Fluor entfernt werden soll, könnte ein zweistufiger Prozess erforderlich sein. Erste Ergebnisse bestätigen dies allerdings nicht. Die gereinigten Wässer sollen im Kreislauf geführt werden. In ersten Untersuchungen mit Eisen-III-Sulfat für Adsorptions- und Fällungsversuche wurden deutliche Absenkungen der Schwermetall-, aber auch der Fluorkonzentrationen in den Eluaten erzielt. Die Arbeiten zu dem Projekt SLACON sollen fortgeführt werden.

Ergänzend wurde unter Aufgabe 4.19 in 2013 an zwei weiteren Forschungsanträgen mit den Akronymen PROEOS und SMART gearbeitet.

Gesamtziel des Vorhabens PROEOS ist es, Optimierungsmaßnahmen zur Verbesserung der Umweltverträglichkeit der Elektroofenschlacke entlang der gesamten Produktionslinie Einsatzstoffe - metallurgische Arbeit im Aggregat - Schlackenkübel - Erstarrung - Kippen - Lagerung - Aufbereitung - Bewitterung zu entwickeln, die letztendlich die automatische Einstufung als Bauprodukt ermöglicht. Das Projekt PROEOS soll bilateral in Zusammenarbeit mit einem Mitgliedsunternehmen erfolgen. Ein entsprechender Antrag soll bei der AiF innerhalb des Förderprogramms "Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand" (ZIM) gestellt werden.

Auch das Projekt SMART soll in Zusammenarbeit mit einem Mitgliedsunternehmen die Umweltverträglichkeit von Elektroofenschlacke verbessern. Im Rahmen dieses Forschungsantrags bei der österreichischen FFG sollen aber auch die Montanuniversität Leoben als Koordinator und weitere österreichische Partner, wie die Universität Graz und die Marienhütte GmbH, mitarbeiten. Der Antrag wurde Anfang 2013 eingereicht. Bei einer positiven Bewertung könnte das Vorhaben Mitte 2014 beginnen.

Die Aufgabe 4.19 soll fortgeführt werden.

4.20 Wertstoffrückgewinnung aus Hüttenhalden

Unter Aufgabe 4.20 "Wertstoffrückgewinnung aus Hüttenhalden" ist zum 1. August 2012 das vom BMBF im Rahmen der Förderinitiative r³ geförderte Forschungsvorhaben 033R103 A-D "Konzeption und Entwicklung eines Ressourcenkatasters für Hüttenhalden durch Einsatz von Geoinformationstechnologien und Strategieentwicklung zur Wiedergewinnung von Wertstoffen" mit dem Akronym REStrateGIS angelaufen.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens werden Methoden der spektroskopischen Fernerkundung an einer "Modellhalde" erprobt (Uni Halle) und nach einer Beprobung die Ergebnisse mit denen klassischer Untersuchungsmethoden (FEhS-Institut) abgeglichen. Später sollen dann an ausgewählten Proben pyrometallurgische Laborversuche am FEhS-Institut zur Wertstoffrückgewinnung durchgeführt werden. Als Modellhalde dient der "historische" Bereich einer Hüttenhalde bei Unterenborn. In diesem Bereich sind über Jahrzehnte Materialien aus verschiedenen Verhüttungsbetrieben abgelagert worden. 2013 wurden zwei Beprobungen mit Schürfen in verschiedenen Bereichen und Tiefen durchgeführt und die entsprechenden Materialien zur Untersuchung entnommen.

Die Aufgabe 4.20 soll fortgeführt werden.

Bereich "Umwelt"

Im Aufgabenkatalog wurden folgende Änderungen vorgenommen: Die Aufgabe 5.11 "Erprobung von Schachtofenschlacken im Wasserbau" wurde gestrichen. Der Unterpunkt "Erprobung von LDS im offenen Einbau, Bau eines neuen Versuchswegs – AiF-FV" der Aufgabe 5.12 wurde modifiziert, da das Forschungsprojekt Ende 2012 offiziell abgeschlossen wurde. Der neue Wortlaut heißt nun: "Erprobung von LDS im offenen Einbau (weitere Beobachtung des Versuchswegs)". Die Dringlichkeitsstufe wurde von 5 auf 3 gesenkt.

5.01 Begleitung von Gesetzen und Regelwerken von Umweltbehörden

Die wichtigsten Themen aus diesem Aufgabenbereich sind u. a.:

- aktueller Stand der Mantelverordnung (Grundwasser-, Ersatzbaustoff-, Deponie- und Bodenschutzverordnung)
- Einstufung von Stahlwerksschlacken in Wassergefährdungsklassen (AwSV)
- VDI-Richtlinie zur Emissionsminderung bei Aufbereitungsanlagen
- Begleitung von europäischen Regelwerken, u. a. CEN/TC 351
- Aktivitäten in Österreich zur Verwendung von Stahlwerksschlacke
- Anpassung der gefahrenrelevanten Eigenschaften von Abfällen gemäß Anhang 3 der Abfallrahmenrichtlinie an die CLP
- Inhalationsversuche für die REACH-Registrierung von Eisenhüttenschlacken

Der aktuelle Sachstand wird im Rahmen der Beiratssitzung unter TOP 1 erläutert.

Die Aufgabe 5.01 soll fortgeführt werden.

5.02 Laboruntersuchungen an Eisenhüttenschlacken unter Einbeziehung von Hüttenreststoffen und anderen Baustoffen

In den Jahren 2011/2012 wurde in Fortführung der beiden 2006 bzw. 2009 durchgeführten "Generaluntersuchungen" eine erneute Untersuchung an den aktuell erzeugten Eisenhüttenschlacken der Mitgliedswerke des FEhS-Instituts durchgeführt. Der Umfang der vom FEhS-Institut angebotenen Untersuchungen wurde dabei noch um ein Verfahren zur Feststoffanalyse (Aufschluss mit Königswasser) erweitert. Darüber hinaus wurden erstmals auch die Hersteller von Edelstahlschlacken in die Untersuchungen einbezogen. Unter den insgesamt 24 an der Generaluntersuchung beteiligten Werken war allerdings nur ein Hersteller von Edelstahlschlacke. Von den ausländischen Mitgliedsunternehmen hatte sich zunächst nur eines an den Untersuchungen beteiligt. Inzwischen wurden von einem weiteren ausländischen Stahlwerk Anfang 2013 Proben nachgeliefert. Die Ergebnisse der Auswertung der sehr umfangreichen Daten wurden

Ende 2012 ins Extranet des FEhS-Instituts gestellt. Es wurde darauf hingewiesen, dass diese Daten streng vertraulich zu behandeln sind.

Die Aufgabe 5.02 soll fortgeführt werden.

5.04 Vergleichende Untersuchungen mit deutschen und europäischen Labor-Prüfverfahren zur Umweltverträglichkeit

Umfangreiche Untersuchungen mit verschiedensten Labor-Auslaugverfahren werden im Rahmen von mehreren Forschungsprojekten durchgeführt, die unter die Aufgaben 5.05 und 5.12 fallen.

Die Aufgabe 5.04 soll fortgeführt werden.

5.05 Bindungsmechanismen von Schwermetallen in SWS

Als Anschlussprojekt für das AiF-Forschungsvorhaben 15831 wurde am 1. Juli 2012 das AiF-Projekt 16487 "Untersuchungen zu Bindungsformen von Molybdän in Stahlwerksschlacken und zum Sorptionsverhalten von Böden gegenüber Molybdän (Anschlussantrag)" gestartet. Ziele des 2,5 Jahre dauernden Projekts sind die Untersuchung der zeitlichen Freisetzung von Molybdän aus Stahlwerksschlacken, die Auswirkungen von Alterung/Karbonatisierung auf die Mo-Auslaugbarkeit sowie der Einfluss des pH-Wertes des Schlackeneluats auf den pH-Wert des Bodens. Um eine möglichst realitätsnahe Abbildung der Praxisbedingungen zu erhalten, werden Großsäulenversuche (Lysimeter) mit weitgehend ungestörten Bodenproben durchgeführt. Dazu wurden Anfang 2013 in aufwendigen Feldarbeiten ungestörte Proben von 2 verschiedenen Böden für die Lysimetersäulen entnommen. Über diesen Bodenproben wurde jeweils eine der drei ausgewählten Stahlwerksschlacken (LDS, EOS, EDS) eingebaut. Mithilfe von Saugkerzen und einer Saugplatte am Boden der Lysimeter können Wasserproben aus drei unterschiedlichen Höhen entnommen werden. Gleichzeitig erlauben installierte Sonden die Messung des Redoxpotentials. Die mittels der verschiedenen Auslaugversuche erhaltenen Daten sollen modelliert werden, um zu prüfen, ob in Hinblick auf die Ersatzbaustoffverordnung eine wirksame Rückhaltung von Molybdän durch Böden über einen Zeitraum von mindestens 200 Jahren gewährleistet ist. Die Modellierung wird von einem Mitarbeiter der TU München durchgeführt, der bereits an dem ersten Teil des Molybdän-Forschungsprojektes beteiligt war.

Als weitere Teilaufgabe läuft unter Nummer 5.05 des Aufgabenkatalogs das AiF-Forschungsvorhaben 17388 "Untersuchungen zur Reduzierung der Schwermetall-Mobilität aus Stahlwerksschlacken durch den Zusatz von mineralischen Additiven", das am 1. Januar 2012 begonnen hat. Ziel ist es, ein Additiv zu finden, mit dessen Hilfe langfristig wirksam und gleichzeitig kostengünstig die Schwermetallfreisetzung aus Stahlwerksschlacken reduziert werden kann. Vorversuche haben gezeigt, dass sich ein Eisenoxidhydroxid sowie ein Wasserwerksschlamm (WWS) aus der

Trinkwasseraufbereitung am besten eignen. Mit diesen beiden Additiven und den beiden ausgewählten Stahlwerksschlacken (je eine LDS und EOS) wurden Mischungen hergestellt und in Sprühsäulenapparaturen eingebaut. Darüber hinaus wurden mit "reiner" EOS sowie einer Mischung von EOS mit 6 % WWS bzw. Eisenoxidhydroxid Großlysimeter befüllt, die über eine Dauer von mindestens 12 Monaten beprobt werden sollen. Da die Anzahl der sehr aufwendigen Lysimeterversuche begrenzt werden musste, wurde von der LDS zunächst nur die Variante mit 6 % WWS eingebaut. Allerdings zeichnete sich schon nach kurzer Zeit ab, dass die Vanadiumauslaugung stetig anstieg, so dass diese Mischung ungeeignet ist. Deshalb wurde der Versuch kurzfristig abgebrochen und durch einen neuen Lysimeterversuch mit einer Mischung aus LDS + 6 % Eisenoxidhydrat ersetzt. Im Labor wurde weiterhin die "reine" EOS sowie eine Mischung von EOS mit 6 % Wasserwerksschlamm mittels Langzeit-Säulenversuchen (in Anlehnung an DIN 19528, aber bis zu L/S = 10) ausgelaugt. Die Ergebnisse dieser Versuche sollen für Modellierungen verwendet werden. Diese sollen zeigen, ob die Wirkung des zugesetzten Additivs über einen Zeitraum von mindestens 200 Jahren anhält.

Seit September 2011 läuft das AiF-Forschungsvorhaben 16622 "Zeitliche Abhängigkeit der Karbonatisierung von Stahlwerksschlacken und Auswirkungen auf die Löslichkeit umweltrelevanter Bestandteile". Ziel des Projekts ist es, zu untersuchen, ob durch Karbonatisierungsvorgänge das Auslaugverhalten verschiedener Schlackenarten (LDS, EOS und EDS) so verändert werden kann, dass Schlacken, die im frischen Zustand nicht im offenen Einbau verwendbar wären, im karbonatisierten Zustand einsetzbar sind. Zum Nachweis der Materialveränderung durch Karbonatisierungsprozesse werden Auslagerungsversuche im Freien für eine Dauer von mindestens 18 Monaten durchgeführt. Weiterhin wurden verschiedene Stahlwerksschlacken, die unterschiedlich lang unter realen Bedingungen eingebaut bzw. gelagert wurden, untersucht. Sowohl röntgenografisch als auch mittels Feststoffanalysen kann eine Calcitbildung nachgewiesen werden, die allerdings nicht in allen Fällen zu einer Verringerung der Auslaugung führt. Zurzeit werden CO₂-Festlegungs-Versuche durchgeführt, bei denen Probekörper aus den drei Stahlwerksschlacken in gasdichten Behältern in drei verschiedenen Varianten behandelt werden. Diese sind: Luft, ein Gemisch aus Luft mit einer CO₂-Konzentration von 30 % sowie reines CO₂-Gas. Nach unterschiedlichen Lagerungs- und Behandlungszeiten werden die Probekörper im Trog ausgelaugt und das Eluat untersucht. Bereits nach einer Woche konnte eine deutliche Verfestigung der mit erhöhter CO₂-Konzentration behandelten Probekörper beobachtet werden. Anhand der pH-Werte in den Eluaten der LDS-Probekörper kann gezeigt werden, dass die Karbonatisierung bei höheren CO₂-Konzentrationen schneller fortschreitet und die Basizität herabgesetzt wird. Bei der LDS findet bei den Parametern Chrom, Fluorid und Molybdän mit zunehmender Karbonatisierung eine Abnahme der Konzentrationen in den Eluaten statt. Die Auslaugung von Vanadium erhöht sich dagegen bei den mit CO₂-Gas behandelten Proben. Für die anderen Stahlwerksschlacken (EOS,

EDS) zeichnen sich zum Teil unterschiedliche Ergebnisse ab, die Daten liegen aber noch nicht vollständig vor.

Die Aufgabe 5.05 soll fortgeführt werden.

5.11 Erprobung von Schachtofenschlacke im Wasserbau

Unter diesem Aufgabenpunkt wurde in Zusammenarbeit mit dem Arbeitskreis "Verkehrsbau" (siehe Aufgabe 2.19) das AiF-Forschungsvorhaben 15278 "Untersuchungen zur Eignung von Schachtofenschlacke für den Wasserbau" bearbeitet. Ziel war es, einen Überblick über das langfristige Verhalten von Schachtofenschlacke bei der Verwendung im Wasserbau zu erlangen. Die im Rahmen des Projekts gebauten Bühnen im Rhein wurden auch über das offizielle Ende des Vorhabens (Frühjahr 2010) hinaus weiterhin beobachtet und beprobt. Da die letzten Vergleichsanalysen von Interstitial- und Rheinwasser keine nennenswerten Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung mehr gezeigt hatten, wurde beschlossen, das Projekt im Jahr 2013 zu beenden.

Die Aufgabe 5.11 soll nicht weiter fortgeführt werden.

5.12 Eisenhüttenschlacken für ländliche Wege

Die erste Teilaufgabe unter diesem Punkt des Aufgabenkatalogs umfasst die weitere Beobachtung und Untersuchung eines ländlichen Wegs aus EOS, der im Rahmen des Anfang 2008 abgeschlossenen AiF-Forschungsvorhabens 14554 "Langfristiges Verhalten von Stahlwerkschlacken im ländlichen Wegebau" gebaut wurde. In den Sickerwässern der Auffanggefäße direkt unterhalb der Mineralstoffschicht werden immer noch Mo-Konzentrationen über den Geringfügigkeitsschwellenwerten (GFS) gemessen. Die V-Konzentrationen zeigen seit rund einem Jahr eine deutlich abnehmende Tendenz. In den Lösungen aus den Saugkerzen (ca. 20 bzw. 50 cm unterhalb der Tragschicht) liegen sowohl die Mo- als auch die V-Konzentrationen im Bereich der Bestimmungsgrenze. Von den parallel zu dem Versuchsweg beim FEhS-Institut laufenden Großlysimeterversuchen wurden Mitte 2013 die Versuche mit Naturstein (Granit) abgebrochen, da die für diesen Mineralstoff typischen Arsen-Konzentrationen inzwischen bis auf das Niveau des GFS-Werts abgesunken waren. Die Versuche mit EOS laufen noch weiter, da sowohl die Mo- als auch die V-Konzentrationen immer noch deutlich über den GFS-Werten liegen.

Die zweite Teilaufgabe unter dem Punkt 5.12 des Aufgabenkatalogs umfasst das Ende 2012 ausgelaufene AiF-Forschungsvorhaben 16079 "Übertragbarkeit von Laborergebnissen auf Praxisverhältnisse bei Verwendung von LD-Schlacke im offenen Einbau". In Anlehnung an das AiF-Projekt 14554 wurde nach intensiver Standortsuche Mitte 2010 am Stadtrand von Krefeld ein ähnlicher Versuchsweg gebaut, allerdings mit LD-Schlacke statt Elektroofenschlacke. Um

Aussagen treffen zu können, ob Stoffverlagerungen von umweltrelevanten Parametern aus den Mineralstoffen in den unterlagernden Boden nachzuweisen sind, werden mittels Bodensaugkerzen und zwei Auffanggefäßen unter beiden Wegabschnitten (Varianten mit LDS bzw. Kalkstein in der Tragschicht) Sickerwässer entnommen und analysiert. Insgesamt wurden im Beobachtungszeitraum in den Sickerwässern aus den Saugkerzen mit Ausnahme von Sulfat bei der Kalksteinvariante nur sehr geringe Stoffkonzentrationen gemessen. Hier zeigt sich die rückhaltende Wirkung des Bodens auf die Schwermetall-Auslaugung. Unterschiede zwischen den beiden Varianten bestehen dagegen bei den Sickerwässern aus den Auffanggefäßen, die auf dem Planum platziert wurden. Im Vergleich zum Kalksteinabschnitt können beim LD-Schlackenabschnitt höhere Konzentrationen an Chrom, Molybdän und Barium gemessen werden, während sie bei den Parametern Blei und Sulfat deutlich niedriger sind als beim Kalkstein. Die Vanadiumkonzentrationen liegen bei beiden Abschnitten i. d. R. unter der Bestimmungsgrenze.

Bei den Großlysimeterversuchen, die begleitend zu dem Versuchsweg in Krefeld durchgeführt werden, befinden sich die Mineralstoffe über einer Schicht des am Versuchsweg anstehenden Bodens und sollten somit vergleichbar sein mit den Lösungen, die aus der obersten Saugkerzenschicht erhalten werden. Trotzdem unterscheiden sie sich teilweise doch deutlich. So liegen beispielsweise die pH-Werte der Lysimeterwässer rund eine pH-Einheit höher als die pH-Werte der Saugkerzenlösungen. Auch der Einfluss des Bodens stellt sich bei den Lysimetern anders dar. Er übt in den Lysimeterversuchen nur eine begrenzte Zeit (ca. ein bis zwei Jahre) eine rückhaltende Wirkung auf die Auslaugung von Mo, V und F aus, danach steigen die Konzentrationen an. Als Erklärung für dieses Verhalten sind sicher die – verglichen mit dem Versuchsweg (W/F ca. 0,1) – wesentlich größeren W/F-Verhältnisse in den Lysimetern (W/F ca. 0,8) zu nennen.

Der Versuchsweg befindet sich nach nunmehr dreijähriger Liegezeit in einem technisch einwandfreien Zustand und soll weiterhin beobachtet und beprobt werden. Parallel dazu werden die Lysimeterversuche fortgeführt, um die weitere Entwicklung der Auslaugraten aus den beiden Mineralstoffsarten zu ermitteln.

Die Aufgabe 5.12 soll fortgeführt werden.