



Aufbereitung und Recycling

8. und 9. November 2006

Freiberg

Veranstalter:

Gesellschaft für Umweltverfahrenstechnik und Recycling e.V. Freiberg - UVR

Wiss.- techn. Gesellschaft für Verfahrenstechnik Freiberg - FIA - e.V.

Tagungsorganisation

UVR-FIA GmbH

Prof. Dr. habil. Hanspeter Heegn

Chemnitzer Str. 40, 09599 Freiberg

Telefon 03731 797249

Fax 03731 797203

E-Mail: info@uvr-fia.de

www.uvr-fia.de

Vortragsprogramm

Tagung Aufbereitung und Recycling

am 8. und 9. November 2006

Mittwoch 8. November 2006

10.00 Eröffnung

10.05 Dr.-Ing. Andre Kamptner (UVR-FIA GmbH Freiberg): Herstellung eng begrenzter Korngrößenverteilungen in Walzen- und Trommelmühlen

10.35 Dipl.-Ing. Marko Schmidt, Prof. Dr. Georg Unland (TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen): Systematisierung von Profilwalzenbrechern

11.05 -11.30 Pause

11.30 Dipl.-Ing. Dietmar Alber (Hosokawa Alpine AG, Augsburg): Möglichkeiten und Grenzen der Feinstaufbereitung von Mineralien ($D_{50}=0,9-1,9\ \mu\text{m}$) in trockenen Kugelmahl-Sichtkreisläufen

12.00 Dipl.-Math. Volker Reinsch (Grainsoft Freiberg), **Dr. Jens Sachweh** (Maschinenfabrik G. Eirich, Hardheim): Modellierung und Optimierung eines trockenen Mahlkreislaufs

12.30 Dr.-Ing. Wolfgang Schubert, Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Tomas (Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik): Modellierung der Zerkleinerung in Trommelmühlen

13.00-14.00 Mittagspause und Posterausstellung

14.00 PD Dr.-Ing. habil. Andreas Momber (RWTH Aachen Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik): Selektives Trennen von Faserverbunden

14.30 Dipl.-Ing. (FH) Dirk Gering (Mogensen GmbH & Co. KG Wedel): Klassierung von Recyclingmaterialien mit Mogensen Sizer-Technik

15.00 Stefanie Dittkuhn, Dipl.-Ing. Eckhard Zeiger (Mogensen GmbH & Co. KG Wedel): Neue Möglichkeiten der automatischen Sortierung von Haus- und Gewerbeabfällen mit Mogensen Röntgensortiertechnik

15.30-16.00 Pause

16.00 Prof. Dr. Hanspeter Heegn, Dipl.-Ing. Karen Grandissa, Dipl.-Ing. (FH) Nick Wagner (UVR-FIA GmbH Freiberg): Zerkleinerung und Klassierung von Glasschaum

16.30 Dr.-Ing. Zlatev, Metodi (Haver & Boecker Maschinenfabrik Münster): Wirtschaftliche Aufbereitung von Gold und Diamanten mit dem Haver Hydro-Clean

17.00 Dipl.-Ing. Dr. mont. Andreas Böhm (Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung, Montanuniversität Leoben): Eigenschaften der Produkte aus der magnetisierenden Blitzröstung karbonatischer Eisenerze und Prüfung der Einsetzbarkeit als SO_2 - Sorbens

18.00 Gesellige Abendveranstaltung der Tagungsteilnehmer

Vortragsprogramm
Tagung Aufbereitung und Recycling
am 8. und 9. November 2006
(Fortsetzung)

Donnerstag 9. November 2006

9.00 Dipl.-Ing. Siegfried Kalmbach (Umweltbundesamt, Dessau): „Besten verfügbare Techniken-BVT“ bei Abfallbehandlungsanlagen

9.30 Dr. Reiner Weyhe (Accurec GmbH Mühlheim): Wiedergewinnung von Rohstoffen aus modernen wiederaufladbaren Batterien

10.00 Dipl.-Ing. Frank Splittgerber, Dr. Mathias Nüchter (VTI Verfahrenstechnisches Institut für Umwelt und Energie Saalfeld e. V.); **Herbert Zölsmann** (UGN Umwelttechnik GmbH Gera): Filtergranulat aus Altpapier

10.30-11.00 Pause

11.00 Dipl.-Ing. Dirk Killmann, Prof. Dr. Thomas Pretz (RWTH Aachen, IFA): Einsatz von sensorgestützten Sortiersystemen bei der Aufbereitung fester Abfallstoffe

11.30 Prof. Dr.-Ing. Jürgen I. Schoenherr, Dipl.-Ing. Markus Reichmann; Dipl.-Ing. Toni Baloun, Prof. Dr.-Ing. Michael Zoher (Hochschule Zittau/Görlitz, MVSR-Forschungslabor), **Prof. Dr.-Ing. habil. Gert Schubert** (TU Bergakademie Freiberg, Institut für MVT&AT): Recycling mit Hilfe von RFID-Systemen

12.00 Prof. Dr.-Ing. Halit Z. Kuyumcu, Dr. Jana Pinka (Technische Universität Berlin Fakultät III - Institut für Verfahrenstechnik Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitung), **Dr. Franz Glombitza** (G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH Freiberg): Entwicklung neuer Technologien zur Sortierung von feinkörnigen Stoffsystemen durch Biokoagulation

12.30-13.30 Mittagspause und Posterausstellung

13.30 Dr.-Ing. Jan Rosenkranz, Dipl.-Ing. Stefan Wilck, Prof. Dr.-Ing. Halit Z. Kuyumcu (Technische Universität Berlin Fakultät III - Institut für Verfahrenstechnik Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitung): Aufbereitung von Eisenhydroxysulfaten aus der mikrobiologischen Oxidation von Eisenhydroxidschlämmen mit Hilfe von Mikrowellentechnik

14.00 Dr. Kai-Uwe Niedersen, Prof. Dr.-Ing. Winfried Malorny (Hochschule Neubrandenburg, FB Bauingenieur- und Vermessungswesen, Fachgebiet Baustoffkunde, Bautenschutz/Sanierungsbaustoffe, Bauphysik): Rückgewinnung und Verwertung hydraulischer Bindemittel aus Betonabbruch

14.30 Dipl.-Ing. (FH) Michael Rutz, Prof. Dr. Hanspeter Heegn (UVR-FIA GmbH Freiberg): Dispergierung und Klassierung Si-SiC-Feinstdschlamm zum Recycling der Wertkomponenten

15.00 Schlusswort

Poster und Präsentationen (Anmeldungen bis Oktober 2006)

Dipl.-Ing. Regine Wolf, Prof. Dr. rer. nat. Jürgen Knorr, Dr.-Ing. habil. Wolfgang Lippmann, Dr.-Ing. Anne-Maria Reinecke und Dipl.-Ing. Roland Rasper (TU Dresden, Institut für Energietechnik, Professur Kernenergietechnik): "Freisetzen von Nukliden aus Betonoberflächen und deren Konditionierung in eine Glasmatrix".

H. Zoz^{1,2}, G. Kaupp³, H. Ren¹, K. Goepel⁴, M. R. Naimi-Jamal³ (¹ Zoz GmbH, Wenden, Germany, ² IPN, National Polytechnic Institute, Mexico City, Mexico, ³ University of Oldenburg, Oldenburg, Germany, ⁴ Relux Entsorgung, Bad Oeynhausen, Germany): Recycling of EAF dust by semi-continuous high kinetic process

H. Zoz^{1,3}, D. Jaramillo V.², Z. Tian³, B. Trindade⁴, H. Ren¹, O. Chimal-V⁵ and S. Diaz de la Torre⁵ (¹ Zoz GmbH, Wenden, Germany, ² ESQIE, National Polytechnic Inst., Mexico City, Mexico, ³ CISRI, Powder Metall. & Envir. Techn., P.R. China, ⁴ FCTUC - University of Coimbra, Coimbra, Portugal, ⁵ Adv. Mater. Res. Center CIMAV S.C., Chihuahua Mexico): High Performance Cements and Advanced Ordinary Portland Cement Manufacturing by HEM-Refinement

Firmenpräsentation ZOZ GmbH, D-57482 Wenden

Firmenpräsentation Retsch Technology GmbH

Firmenpräsentation ETEC Gesellschaft für Technische Keramik mbH, Lohmar:
Alotec® Werkstoffe als Verschleißschutz, Konstruktionskeramik oder Verbundsystem

Firmenpräsentation HAVER & BOECKER Maschinenfabrik Münster

Firmenpräsentation Mogensen GmbH & Co. KG Wedel

Firmenpräsentation GRAINsoft GmbH Freiberg

Firmenpräsentation TerraTec GmbH Stuttgart

Firmenpräsentation Rhewum

Firmenpräsentation UVR-FIA GmbH Freiberg

Adressen der Autoren der Tagung "Aufbereitung und Recycling" (Seiten 42-44)

Aktuelle Arbeitsgebiete der UVR-FIA GmbH (Seite 45)

Vorankündigung der Tagung Aufbereitung und Recycling 2007 (Seite 46)

Herstellung eng begrenzter Korngrößenverteilungen in Walzen- und Trommelmühlen

Dr.-Ing. Andre Kamptner
(UVR-FIA GmbH Freiberg):

In der Rohstoff verarbeitenden Industrie ist eine zunehmende Nachfrage nach kostengünstigen Einsatzstoffen mit definierten, eng begrenzten Korngrößenverteilungen festzustellen. Dies betrifft auch den Feinkornbereich etwa zwischen 100 µm und 1.000 µm, in dem eine Vielzahl von Schüttgütern verarbeitet werden (Keramik-, Glas- und Chemierohstoffe, Schleifmittel, Kohle und Düngemittel). Hier werden sehr oft Kugelmühlen eingesetzt, obwohl sie einige Nachteile aufweisen. Zu nennen sind insbesondere der vergleichsweise hohe Energieverbrauch und die meist hohen Feinstkornanteile im Mahlprodukt.

Eine Alternative stellen Maschinentypen dar, in denen eine schonende Zerkleinerung durch langsame Druckbeanspruchung im Walzenspalt erfolgt. In Frage kommen dafür die am Markt eingeführten Walzen- und Wälzmühlen. Während die klassischen Walzenmühlen mit festem Spalt eher den Bereich > 1.000 µm abdecken, werden die Gutbettwalzenmühlen und Wälzmühlen vor allem im Bereich < 100 µm eingesetzt.

Die Möglichkeiten und Grenzen zur Erzeugung eng begrenzter Körnungen wurden im Rahmen eines vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Forschungsprojektes untersucht. Es wurde ein umfangreiches Versuchsprogramm im Labormaßstab (Kugelmühle, Gutbettwalzenmühle) bzw. im halbtechnischen Maßstab (Wälzmühle) bearbeitet. Als Klassiereinrichtungen standen Siebmaschinen und Sichter zur Verfügung. Für die Versuche verwendet wurden zwei Modellmaterialien, und zwar einen Kalkstein als relativ weiches sowie Grauwacke als hartes Gestein. Darüber hinaus wurde eine Reihe von Anwendungsversuchen mit verschiedensten Rohstoffen durchgeführt, dazu gehörten:

- Eisensilikatschlacke
- Vulkangestein
- Ferritkeramik
- Braunkohle, Steinkohle
- Silizium u.a. Halbleitermetalle
- Getreide

In den Untersuchungen zeigte sich sehr schnell, dass die günstigste Zerkleinerungstechnologie nur für eine ganz konkrete Aufgabenstellung ausgewählt werden kann. Die Zerkleinerung im Walzenspalt kann vorteilhaft sein, aber auch mit Kugelmühlen lassen sich unter bestimmten Bedingungen steile Korngrößenverteilungen herstellen. Eine Grundvoraussetzung ist ein günstiges Verhältnis von Klassierung und Zerkleinerung, so dass die Durchflussgeschwindigkeit in der jeweiligen Mühle sehr hoch bzw. die Verweilzeit sehr klein wird. Dann werden die Teilchen nur ein- oder wenige Male beansprucht. Entsprechend wird man möglichst hohe Anlagendurchsätze oder relativ kleine Baugrößen der Mühlen wählen. Im Ergebnis sollte sich eine möglichst hohe umlaufende Last bis maximal 500 % einstellen, in Ausnahmefällen auch darüber.

Für die hohen Anlagendurchsätze und eine trennscharfe Klassierung sind die eingesetzten Klassierer großzügig auszulegen. Sollen Produktkörnungen von 200 µm bis 500 µm und gröber erzeugt werden, sind leistungsfähige Siebmaschinen einzusetzen, für feinere Körnungen trennscharfe Sichter.

Die Art und Intensität der Zerkleinerungsbeanspruchung ist auf die jeweiligen Materialeigenschaften abzustimmen. So wird man in Walzen- bzw. Wälzmühlen eher niedrige Presskräfte einzustellen und dabei einen Kompromiss zwischen Feinkornbildung und Anlagendurchsatz anstreben.

Insbesondere bei kleineren Mahlgutmengen kann es günstiger sein, für die Zerkleinerung Kugelmühlen einzusetzen. Unter dem Gesichtspunkt einer geringen Feingutproduktion ergeben sich verschiedene Optimierungsmöglichkeiten hinsichtlich Trommeldrehzahl, Mühlenauskleidung, Mahlgutfüllungsgrad und Mahlkörpergattung.

Systematisierung von Profilwalzenbrechern

Dipl.-Ing. Marko Schmidt und Prof. Dr.-Ing. Georg Unland

TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen

Walzenbrecher sind Maschinen, bei denen ein Aufgabestoff durch mindestens eine glatte oder profilierte, d.h. mit Brechwerkzeugen ausgestattete, Walze unter Formzwang durch Druck, Biegung, Reibung, Scherung, Schneiden, Spalten oder Schlag zerkleinert wird. Ursprünglich wurden sie als Glattwalzenbrecher lediglich zur Zerkleinerung harter und spröder Materialien eingesetzt. Erst später konnte der Anwendungsbereich durch den Einsatz profilierter Walzen auch auf weiche, plastische und viskose Stoffe (z.B. Stein-, Braunkohle, Koks, Salz, Ton) ausgedehnt werden. Auf Basis dieser konventionellen Profilwalzenbrecher wurde in den achtziger Jahren des 20. Jahrhunderts mit dem Fräswalzenbrecher (Sizer) ein neuer Profilwalzenbrechertyp für härtere Aufgabematerialien entwickelt, wodurch sich die Walzenbrecher zu der Maschinengruppe mit den meisten Brechertypen entwickelt haben.

Trotz der Vielzahl unterschiedlicher Bauarten und Einsatzfälle gibt es bisher keine einheitliche Systematik von Profilwalzenbrechern. In der Praxis haben sich herstellerabhängig oft unterschiedliche Bezeichnungen für den gleichen Brechertyp durchgesetzt, die auch von der Fachliteratur zum Teil so übernommen wurden. Profilwalzenbrecher werden beispielsweise unterschieden:

- nach der Walzenanzahl in Ein-, Zwei-, Mehrwalzenbrecher,
- nach der Walzenprofilierung in Daumen-, Flügel-, Meißel-, Messer-, Nocken-, Riffel-, Schnecken-, Schwert-, Stachel-, Zahnwalzenbrecher,
- nach verfahrenstechnischen Parametern in Schlagleistenwalzwerke, Durchlauf-, Oszillator-, Schlag-, Schneid-, Schrägwalzenbrecher, Center- und SideSizer.

Anhand der Aufzählung wird deutlich, dass eine Abgrenzung der einzelnen Brechertypen sowohl untereinander, als auch zu artverwandten Maschinen wie beispielsweise den Rotorreißern nur noch bedingt möglich ist.

Mit der neuen Systematik von Profilwalzenbrechern soll deshalb eine alternative Möglichkeit zur Einordnung einzelner Brechertypen vorgestellt werden. Von entscheidender Bedeutung ist dabei die Ableitung eindeutiger und funktionsrelevanter Gliederungs- bzw. Abgrenzungskriterien, die sich in erster Linie aus den maschinellen Eigenschaften der einzelnen Profilwalze (z.B. Form, Anordnung und Geometrie der Brechwerkzeuge) und des gesamten Profilwalzenbrechers (z.B. Wirkpaarung und Wirkbewegung) ergeben. Für eine eindeutige Systematisierung sind darüber hinaus auch verfahrenstechnische Eigenschaften (z.B. Aufgabekorngröße relativ zum Walzendurchmesser) heranzuziehen. Aus der Kombination maschinen- und verfahrenstechnischer Kriterien ergeben sich schließlich Lösungsfelder für die Einordnung aktueller und potentieller, zukünftiger Profilwalzenbrechertypen, bei denen unterschiedliche Wirkprinzipien (z.B. Druck, Biegung, Scherung) für die Zerkleinerung zum Einsatz kommen.

Möglichkeiten und Grenzen der Feinstaufbereitung von Mineralien ($D_{50}=0,9-1,9 \mu\text{m}$) in trockenen Kugelmahl-Sichtkreisläufen

Dipl.-Ing. Dietmar Alber

Hosokawa Alpine AG, Augsburg

Mineralmehlproduzenten stehen heute vielfältigen Anforderungen gegenüber. Moderne Hightech Produkte erfordern neben maßgeschneiderten Kornverteilungen, immer feinere Füllstoffe mit möglichst engen Kornverteilungen. Neben dem technisch machbaren muss das wirtschaftlich noch vertretbare betrachtet werden.

Viele Feinstfüller konnten bislang nur bei relativ geringen Kapazitäten durch Nachsichtung aus in geschlossenen Mahl-Sichtkreisläufen erzeugten Produkten erhalten werden. Dieses „Ausmelken“ hat in der Regel den Nachteil, dass zwar ein sehr feiner Füllstoff anfällt, jedoch auch ein großer Anteil Grobgut mit einem unbrauchbaren, ins Grobe verschobenen D_{50} erzeugt wird.

Um in geschlossenen Kugelmahlsichtkreisläufen direkt feinere Mineralpulver zu erzeugen, muss sowohl die Mahlstufe als auch die Sichtstufe in der Lage sein, die neue Aufgabenstellung zu bewältigen. Bei der Feinmahlung von Mineralien in Kugelmahl-Sichtprozessen gilt es immer auch den Energieaufwand so gering wie möglich zu halten. Darum müssen alle Kugelmühlenparameter (z.B. L:D Verhältnis, Mahlkörpergattung, Mühlenpanzerung) optimiert werden. Im Feinheitsbereich von D_{50} 1-2 μm kommt dem Einsatz und der Auswahl von geeignetem Mahlhilfsmittel eine besondere Bedeutung zu.

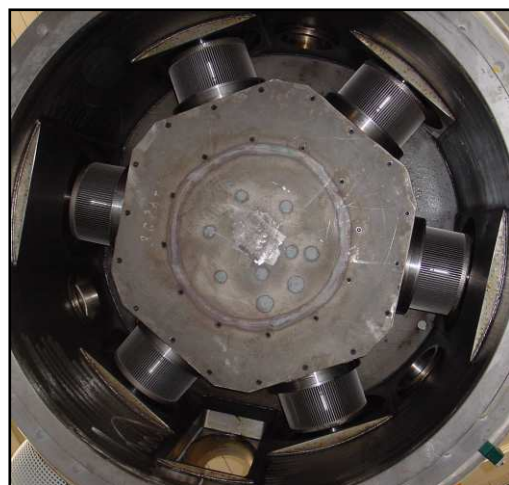
Neben der Optimierung dieser Kriterien, die vor allem den Gesamtenergieeinsatz beeinflussen, galt es jedoch die Sichttechnologie, als Grundvoraussetzung für die Erzeugung sehr feiner Mineralmehle, weiter zu entwickeln. Aus wirtschaftlichen Gründen müssen diese Ultrafeinstsichter in der Lage sein, entsprechend hohe Feingutkapazitäten zu leisten, da auch die meisten Feinstfüller Massenprodukte mit relativ geringen Gewinnmargen sind.

Dieser Entwicklung wurde bereits in den frühen 80er Jahren durch den Alpine Turboplex Mehrsichter ATP, mit bis zu 6 Sichträdern in einem Sichterkopf Rechnung getragen.

Da die maximal erzielbare Feinheit durch den Sichtraddurchmesser limitiert ist, sind bei Einradsichtern in der Folge die erzeugbaren Feingutkapazitäten gering. Dieser Nachteil wurde durch die Multiplikation der Sichträder ausgeglichen.

Durch Weiterentwicklung der Sichteradgeometrien auf Basis des Festkörperwirbels in Kombination mit verbesserten Lagerungen die höhere Umfangsgeschwindigkeiten erlaubten, sind heute mit großen Mehrsichtern wie dem 500/4 ATP/NG oder 630/4 ATP/NG sehr hohe Feinheiten mit größten Feingutleistungen möglich geworden.

ALPINE Turboplex 315/6 ATP/GS Kopf



Neues Sichterdesign: Vom Potenzialwirbel zum Starrkörperwirbel

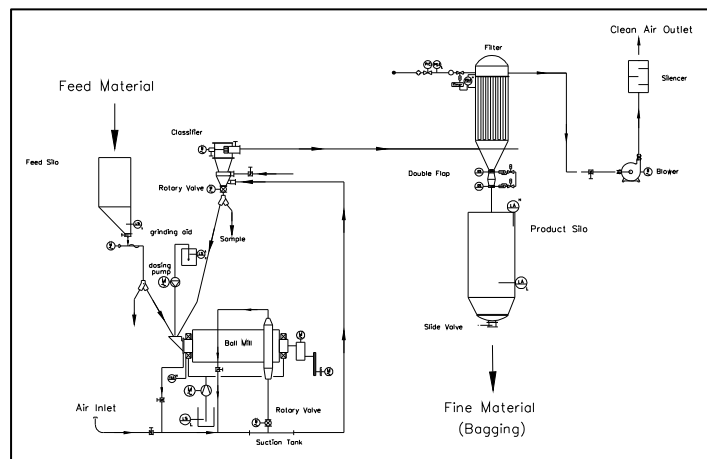
Im Gegensatz zum seit Jahrzehnten eingesetzten Potenzialwirbelkonzept des Turbinensichttrades, wie es auch beim ATP Sichter Verwendung findet, basiert das neue Design des ATP/NG Sichtertrades auf dem Starrkörperwirbel. Dieses Konzept erlaubt, neben dem positiven Effekt eines geringeren Druckverlustes und damit deutlich verringerter Gebläseleistung bei gleichem Durchmesser und nur leichter Erhöhung der Sichterumfangsgeschwindigkeit eine feinere Trennung bei gleich bleibend hohen Auszügen und der bekannten scharfen ATP Oberkornbegrenzung.

Leistungstabelle ALPINE New Generation Sichter ATP/NG

	500/4 ATP/NG	630/4 ATP/NG
D97 = 3 µm	1200 kg/h	---
D97 = 5 µm	1800 kg/h	---
D97 = 6 µm	2100 kg/h	3300 kg/h
D97 = 10 µm	4800 kg/h	7700 kg/h
D97 = 20 µm	7600 kg/h	12000 kg/h

Diese hohen Sichterleistungen im sehr feinen Spektrum machen es möglich, geschlossene Kugelmahl-Sichtkreisläufe für feine Mineralmehle in der Praxis umzusetzen. Es haben sich in diesem Bereich Kugelmahl-Sichtanlagen bewährt, bei der eine Kugelmühle mit einem Mehrradsichter im geschlossenen Kreislauf arbeitet.

Geschlossener Kugelmahl-Sichtkreislau mit einem Mehrradsichter



Praxisbeispiel - Kalksteinanlage in Thailand

Kugelmühle:	SO-SF 270/400 450 kW Antrieb	
Sichter:	500/4 ATP/NG	
Endprodukte:	$d_{97} = 3 \mu\text{m}$, ($>80\% = 2,0 \mu\text{m}$)	1.230 kg/h
	$d_{97} = 11 \mu\text{m}$, ($d_{50} = 2,3 \mu\text{m}$)	4.850 kg/h

Grenzen in trockenen Kugelmahl-Sichtkreisläufen:

Aufgrund des exponential ansteigenden Mahlenergiebedarfs im aufgezeigten Feinheitsspektrum und den Limitierungen in der Sichttechnologie sind gegenwärtig nur noch marginale Steigerungen in Richtung feinerer Produkte möglich und zu erwarten. Die industrielle Erzeugung von mineralischen Massenfüllern mittels Trockenaufbereitung durch Kugelmahl-Sichtkreisläufe ist bei einem d_{50} von $\sim 1 \mu\text{m}$ an technische und wirtschaftliche Grenzen gelangt.

Modellierung und Optimierung eines trockenen Mahlkreislaufs

Dipl.-Math. Reinsch, Volker

Grainsoft Freiberg

Dr.-Ing. Jens Sachweh

Maschinenfabrik G. Eirich, Hardheim

Zur effizienten Bewertung und Optimierung von Mahlanlagen sind Methoden gefragt, die es erlauben mit geringem Mess- und experimentellen Aufwand klare Aussagen zu treffen. Gleichzeitig sollten experimentelle Ergebnisse möglichst umfassend genutzt werden. In der Praxis treten dabei jedoch erhebliche Schwierigkeiten auf, da auf Grund

- vielfältiger Materialeigenschaften
- vielfältiger Maschinenzustände
- komplexer Verfahrensstrukturen

allgemeine Bewertungs- und Optimierungsansätze kaum oder gar nicht aufzustellen sind. Schon bei einem einfachen geschlossenen Mahlkreislauf ist die Zahl der Einflussgrößen sehr schwer zu erfassen. Besondere Bedeutung für den Betrieb und die Produktqualität von Mühle und Klassierer hat dabei die Partikelgrößenverteilung. Um unter diesen Bedingungen, nicht nur für punktuelle Situationen durch experimentelle Versuche, Bewertungs- und Optimierungsaussagen zu treffen, ist eine verfahrenstechnische Modellierung der Mahl- und Klassierprozesse unumgänglich. Leider haben jedoch Zerkleinerungs- und Klassiermodelle noch nicht die erwünschte Aussagekraft und Sicherheit. Es scheint, dass Aufwand und Nutzen im Missverhältnis stehen. Dies ändert sich schlagartig, wenn man Modellierung als Ergänzung experimenteller Untersuchungen betrachtet und sie als Chance begreift, Versuchskosten zu sparen und Ursache-Wirkungsbeziehungen in komplexen Systemen besser zu verstehen.

In der Software PMP compact*) stehen verschiedene Methoden zur Verfügung, die basierend auf einer effizienten Versuchsdatenaufbereitung alle Schritte zum Aufstellen, Anpassen und Nutzen von Modellieren unterstützen. Sie können je nach Aufgabenstellung beliebig gekoppelt werden. Am Beispiel eines Mahlkreislaufes wird gezeigt, dass sich mit diesen Methoden aus Kreislaufmahlversuchen im Technikum empirisch phänomenologische Modelle für eine trockene Rührwerkskugelmühle (Maxxmill) und einem Abweiseradsichter ableiten lassen. Die Zerkleinerung der Mühle ließ sich am besten mit einer den Korngrößenbezogenen spezifischen Energieverbrauch beschreibenden Kennkurve (Energiecharakteristik) erfassen. Für die Beschreibung der Klassierung des Sichters eignet sich die standardisierte Trennkurve, die in einem weiten Versuchsbereich invariant ist. Auf Grundlage dieser Kennkurven konnten Modelle erstellt werden, in denen die Hauptparameter der Maschinen berücksichtigt werden. Die aufgestellten Prozessmodelle sind aussagekräftig und liefern auch beim Einsatz in Kreislaufsimulationen sehr gute Ergebnisse. Für die verschiedenen Auswerteschritte werden PMP-Vorlagen vorgestellt, mit denen die Datenaufbereitung, Modellprüfung und -anpassung zeitnah durchgeführt werden kann. Damit kann auf die weitere Versuchsdurchführung zielgerichtet Einfluss genommen werden.

PMP compact*) Particulate Materials Processing ist ein kommerzielles Software-Toolsystem der GRAINsoft GmbH.

Weitere Informationen sind im Internet unter www.grainsoft.de verfügbar.

Modellierung der Zerkleinerung in Trommelmühlen

Dr.-Ing. Wolfgang Schubert, Dipl.-Ing. Gerald Brüch

Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Tomas

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Lehrstuhl für Mechanische
Verfahrenstechnik

Seit es Trommelmühlen, -mischer und -trockner gibt, wird versucht die Bewegung des bewegten Schüttgutes mit mathematischen Modellen analytisch und stochastisch zu beschreiben. Mit der Einführung der Diskreten Elemente Methode (DEM) ist eine neue Methode hinzugekommen, welche in Zeitabständen von einigen Mikrosekunden Orts-, Geschwindigkeits- und Kraftvektoren der bewegten Partikel zu berechnen vermag. Sie nimmt damit eine gewisse Sonderstellung zwischen den herkömmlichen mathematischen Modellierungsmethoden ein. Im Vortrag wird die DEM-Modellierung der Bewegung von Mahlkörpern in einer Kugelmühle vorgestellt. Wo immer möglich, werden diese Ergebnisse mit Experimenten verglichen (siehe Abbildung). Es zeigt sich, dass selbst eine vereinfachende 2-dimensionale Modellierung eine gute Übereinstimmungen mit den experimentellen Daten ergibt und bestehende Erkenntnisse über die örtliche Geschwindigkeitsverteilung der Mahlkörper bestätigt und präzisiert werden können. Der Abschluss bildet die Beantwortung der praktische Aufgabenstellung, bei welcher Trommel-Umfangsgeschwindigkeit die abgeworfenen Mahlkörper die nachziehende Kugelschleppe noch erreichen bzw. ab welcher Geschwindigkeit sie auf die Panzerung auftreffen und so einen unerwünscht hohen Panzer-Verschleiß bewirken.

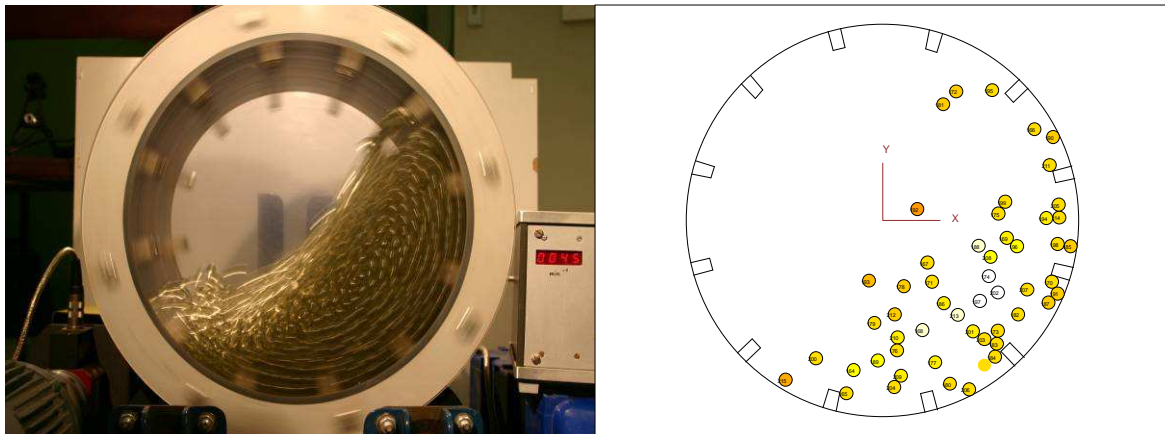


Abbildung: Experiment und 2D-DEM-Simulation einer Kugelmühle

Selektives Trennen von Faserverbunden

PD Dr.-Ing. habil. Andreas Momber

RWTH Aachen Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik

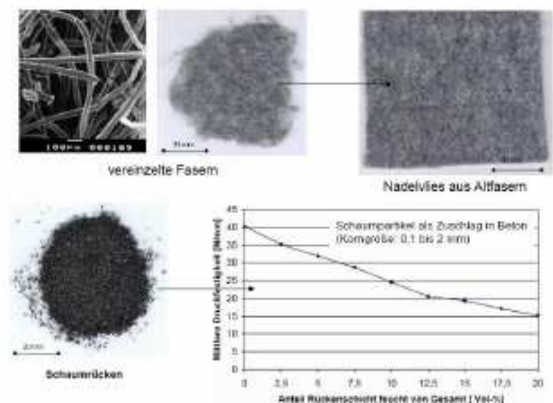
Es werden Ergebnisse aus Versuchen zum Separieren von Kunststofffasern aus Textilverbunden und zum schichtweisen Trennen von mehrlagigen Werkstoffverbunden mittels Wasserstrahlen sowie eine entsprechende Prototypanlage vorgestellt.

Mit Hilfe von Hochgeschwindigkeitsvideo-Aufnahmen wird der Prozess des Abtrennens von Kunststofffasern aus Textilverbunden, insbesondere aus Altteppichen, dokumentiert. Es können mehrere Stadien des Trennprozesses unterschieden werden. Diese Stadien werden dargestellt und diskutiert. Es wird festgestellt, dass Grenzbedingungen für die effektiven Einsatz der Wasserstrahlen existieren. Werte für typische Anwendungen / Werkstoffkombinationen werden ermittelt.

Bild 1: Trennergebnisse (Oben links: Trennen von Isolierschicht und Traggrund, Oben rechts: Reißen dichter Filze, Unten links: Trennen von Teppichrücken und Faservlies, Unten rechts: Freilegen von Faservlies)



Bild 2: Wiederverwertungsmöglichkeiten getrennter Teppichfraktionen
Oben: Erzeugung neuer Faservliese
Unten: Verwendung von Rückenschäumen als Betonzuschlag



Weiterhin wird der Einfluss wichtiger Betriebsparameter auf die Effektivität des Trennprozesses untersucht. Im Einzelnen handelt es sich um Einflüsse aus Betriebsüberdruck (Strömungsgeschwindigkeit), Bearbeitungsabstand, Bearbeitungswinkel und Einwirkzeit. Für alle Einflussparameter bestehen aus energetischer Sicht optimale Einstellwerte.

Zum Schluss wird eine Prototypanlage zum Trennen von Teppichstreifen vorgestellt. Der konstruktive Aufbau, Flächenleistung und betriebswirtschaftliche Kennwerte werden diskutiert.

Bild 3: Prototypanlage zur
Randstreifenbearbeitung
Oben: Aufsicht
Unten: Seitenansicht

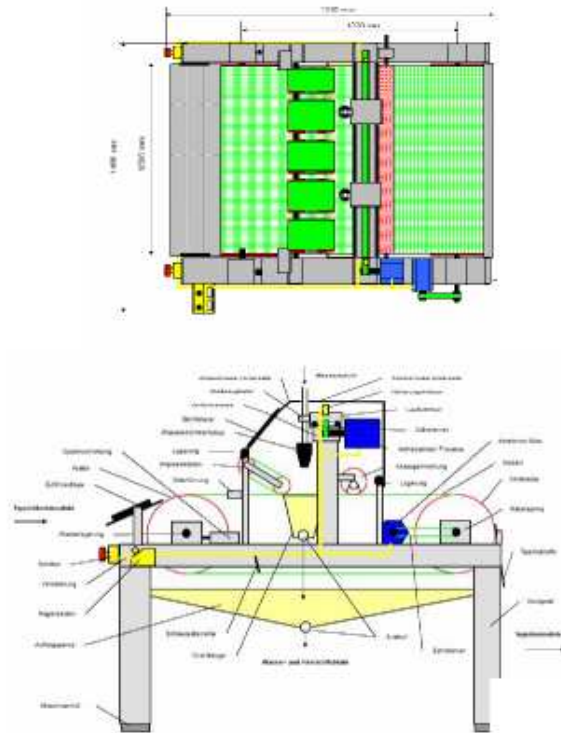
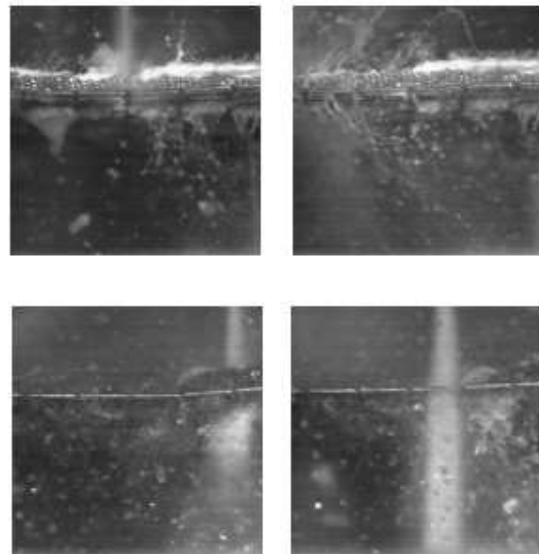


Bild 4:
Hochgeschwindigkeitsvideo-
Aufnahmen
Oben : Teppich „1“ – Abtrag
Rückenmaterial; Lösen von
Fasern
Unten: Teppich „2“ – Abtrag
Rückenmaterial;
Durchströmen des Vlieses



Literatur

Momber, A.W.; Weiß, M.: Vorrichtung zum Trennen von Streifen von textilen Belägen in Faser- und Nichtfaseranteile. Patent Nr. 10107542, 18.02.2001.

Momber, A.W.; Weiß, M.: Vorrichtung zum Trennen von textilen Belägen in Faser und Nichtfaseranteile. Patent Nr. 10107541, 18.02.2001.

Weiß, M., Wüstenberg, D., Momber, A.W.: Erosive separation of organic coatings from fibrous substrates. *Journal of Environmental Management*, **73** (2004), 219-227.

Weiß, M., Momber, A.W.: Preliminary investigations into the separation of automotive compounds by a hydro-erosive method. *Institution of Mechanical Engineers, Journal of Automobile Engineering*, **217** (2003), 221-228.

Weiß, M., Wüstenberg, D., Momber, A. W.: Hydro-erosive separation of plastic fibres from textile compounds. *Journal of Materials Cycles and Waste Management*, **5** (2003), 84-88.

Klassierung von Recyclingmaterialien mit Mogensen Sizer-Technik

Dipl.-Ing. (FH) Dirk Gering

MikroSort, Mogensen GmbH & Co. KG Wedel

Recyclingmaterialien wie z. B. Haus- oder Gewerbemüll, Ersatzbrennstoffe oder Bauschutt stellen in vielen Hinsichten besondere Anforderungen an die Klassiertechnik. Sie besitzen in der Regel eine sehr breite Kornverteilung, die von feinen Partikeln bis hin zu groben Materialstücken mit zum Teil erheblichen Stückgewichten reicht. Unförmige Materialstücke, klebrige Bestandteile, Lappen, Folien, Drähte etc. im Materialstrom können zu Problemen während der Klassierung führen.

Daneben kann das Material durch die Lagerung im Freien oder enthaltene Flüssigkeiten erhebliche Feuchtigkeiten aufweisen. Bei Kunststoffen oder Glas kann sich diese Flüssigkeit anders als bei vielen mineralischen Siebgütern nicht in Poren ansammeln sondern befindet sich zudem als freie Flüssigkeit auf der Partikeloberfläche und führt zur Anlagerung und Durchfeuchtung des Feinanteils.

Zur Klassierung solcher Materialien bietet Mogensen den Vibro-Stangensizer für Grobtrennungen und den Kombi-Sizer für feinere Trennungen.

Der Mogensen Vibro-Stangensizer zeichnet sich durch die einseitig befestigten Klassierstangen aus, die eine effektive Trennung des Haufwerkes ohne Verklemmen, Verhaken oder Verstopfungen gewährleisten. Mehrere Stangendecks sind stufenförmig in einem angetriebenen Schwingrahmen hintereinander angeordnet. Die so entstehenden Stufen zwischen den Decks dienen zur Auflockerung und Umwälzung des Siebgutes und lösen anhaftendes Fein- vom Grobgut. Durch das Fehlen von Querverbindungen bleibt der Materialfluss ungehindert und es besteht ein Maximum an Materialauflösung und nahezu vollständige Verstopfungsfreiheit auch bei feuchtem Aufgabegut.

Als Einsatzbeispiel dient ein Vibro-Stangensizer in der Annahme einer Anlage zur Aufbereitung von Haus-, Gewerbe- und Sperrmüll.

Für feinere Trennungen und wenn ein exakter Trennschnitt erforderlich ist, verbindet der Mogensen Kombi-Sizer die Vorteile des Vibro-Stangensizers mit denen einer Siebmaschine. Die Maschine ist gekennzeichnet durch eine Kombination von Stangendecks im oberen und Siebdecks im unteren Bereich. Grobe und unförmige Materialstücke werden über die Stangendecks abgeführt und gelangen nicht auf die Siebdecks. Für den Kombi-Sizer gilt dasselbe Prinzip wie beim klassischen Sizer, bei dem eine Verarmung des Feingutes an Grobgut stattfindet. Die Belastung des Trenndecks wird dadurch reduziert und bei kompakter Bauweise sind hohe Durchsätze möglich. Für die Siebdecks können abhängig von den Produkteigenschaften Kunststoffsiebe, Gummi-Lochmatten oder normale Stahlgewebe verwendet werden.

Beispiele für den Einsatz des Kombi-Sizers gibt es in der Herstellung von Ersatzbrennstoffen, der Aufbereitung von Shreddermaterial und im Kühlgeräterecycling.

Neue Möglichkeiten der automatischen Sortierung von Haus- und Gewerbeabfällen mit Mogensen Röntgensortiertechnik

Stefanie Dittkuhn und Eckhard Zeiger

MikroSort, Mogensen GmbH & Co. KG Wedel

Das Ziel von mechanisch-physikalischen oder mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsverfahren ist es, die heizwertreiche Fraktion aus Kunststoffen und biogener Organik in möglichst guter Qualität bei hoher Ausbeute zu gewinnen und als Ersatzbrennstoff oder zur stofflichen Verwertung auf den Markt zu bringen. Erfüllt die dabei abgetrennte Anorganik aus Glas, Porzellan, Keramik, Ziegelsteinen und Beton wegen zu hoher organischer Belastung nicht die Kriterien der Abfallablagerungsverordnung, muss die Fraktion mit sehr hohen Entsorgungsgebühren in Abfallverbrennungsanlagen entsorgt werden. Für die positive Ausschleusung einer heizwertreichen Fraktion aus verschiedenen Abfallströmen wird seit einigen Jahren Sortiertechnik auf Basis der Nahinfraroterkennung (NIR) als Alternative und in Ergänzung zur Windsichtung eingesetzt. Die NIR-Technologie erkennt vor allem helle Kunststoffe, Rohholz und verschiedene Textilien mit Korngrößen von etwa >50 mm.

1. Problem der Schwerstoffraktion mit dunklen Bestandteilen

Als Restfraktionen bleiben nach diesen Verfahrensschritten die unbehandelte Fraktion 0 bis 50 mm sowie die Schwerstoffraktion mit vielen dunklen Plastikteilen, beschichtetem und behandeltem Holz sowie Mischmaterialien übrig. Bild 1 zeigt eine Probe einer gesichteten Schwerfraktion – 30 bis 60 mm – mit organischen und anorganischen Bestandteilen. Es ist nicht möglich, diese Materialmischung durch eine Farbdefinition – also eine Sortierung mit Hilfe von sichtbarem Licht – oder durch Windsichtung in Organik und Anorganik zu trennen.



Bild 1: Gesichtete Schwerfraktion mit organischen und anorganischen Bestandteilen – ähnliche Farbe, ähnliche Dichte

Nach den derzeitigen gesetzlichen Rahmenbedingungen erfüllt das Material die Ablagerungsverordnung nicht und muss in einer Abfallverbrennungsanlage verbrannt werden. Auch die Aufbereitung von Baumischabfällen ist problematisch. Die hier enthaltene Organik – überwiegend Holz und Kunststoffe, aber auch Papier und Leder – behindert den Wiedereinsatz des Bauschutts im Baubereich und wird derzeit mit

aufwendiger Sichtertechnik und teurerer Handsortierung entfernt. Für die Trennung der Materialgemische in eine ablagerungsfähige inerte und eine heizwertreiche Fraktion sowie für die Herstellung eines weiterverarbeitbaren Bauschutts steht seit dem Jahr 2004 Röntgensortiertechnik aus dem Hause Mogensen zur Verfügung. Röntgenstrahlung ist in der Lage, Materie zu durchdringen. Hierbei tritt ein Schwächungseffekt auf, der weitgehend von der atomaren, aber auch von der werkstofflichen Dichte der durchstrahlten Materie abhängt. Die Schwächung der Röntgenstrahlung wird von Zeilensensoren aufgenommen und mit den klassischen Methoden der Bildverarbeitung ausgewertet. Das Funktionsprinzip der Sortierung mit Röntgenstrahlen ist in Bild 2 dargestellt.

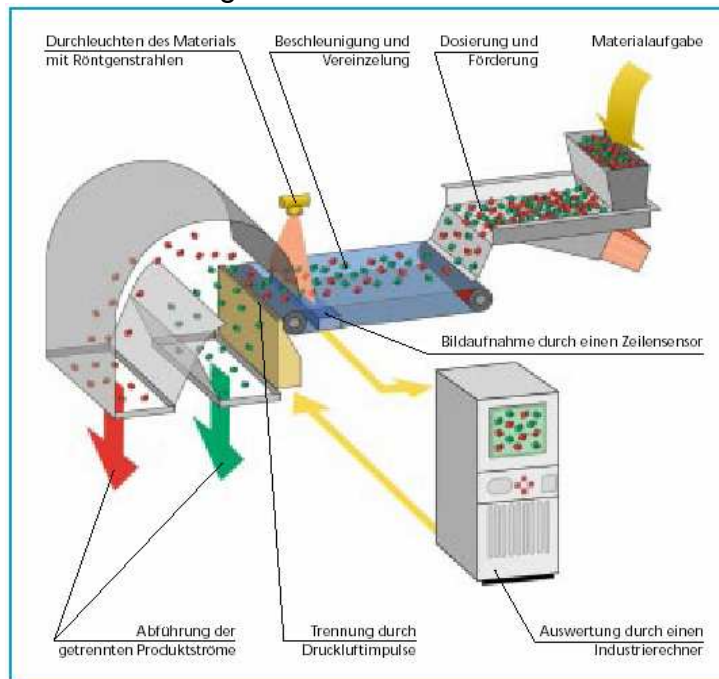


Bild 2: Funktionsprinzip der Sortierung mit Röntgenstrahlen

2. Hohe Selektivität durch Röntgen mit spektraler Auflösung (RSA)

Da Recyclingmaterialien in ihren werkstofflichen Eigenschaften und der Materialstärke sehr inhomogen sind, war bei der einfachen Röntgentransmission der Einsatz zusätzlicher Siebtechnik in vielen Fällen zwingend erforderlich. Durch die Erweiterung der Analysemöglichkeiten beim Röntgen mit spektraler Auflösung (RSA) steht jetzt ein sehr viel selektiveres Verfahren zur Verfügung. Hierbei nehmen zwei Messkanäle die Schwächung der Röntgenstrahlung in unterschiedlichen Wellenbereichen auf. Durch mathematische Verknüpfung der Messwerte kann die Materialstärke ausgerechnet werden. Als Sortierkriterium steht damit die materialspezifische Dichte, unabhängig von Partikelgröße, Teilchenform, Stückgewicht oder Oberflächenfarbe zur Verfügung.

Je nach Aufgabe stehen eine Röntgensortiermaschine mit Bandzuführung (MikroSort AR1201) für großflächiges und bizarr geformtes Material (Bild 3) oder eine kompakte Schurrenmaschine (MikroSort AQ1101) für stückiges und gut vereinzelungsfähiges Material zur Verfügung. Eine punktförmige Röntgenquelle bestrahlt das Material, zwei schnelle zeilenförmige Sensoren mit unterschiedlichem Spektralverhalten messen die Transmission. Die dabei eingesetzten Zeilensensoren entsprechen mit ihrer Auflösung von 0,8 mm und einer Verarbeitungstiefe von 10 bit der Geschwindigkeit und der Auflösung einer CCD-Zeilensensoren in der Farbsortierung. Damit kann neben der Schwächung der Röntgentransmission auch die Lage, Größe und Form der Teilchen als Sortierkriterium herangezogen werden. Ein Auswerterechner klassifiziert die Teile innerhalb weniger Millisekunden und leitet die

Informationen als Sortierentscheidung an sehr schnell arbeitende Druckluftventile weiter. Die Ventile werden entsprechend der Größe und der Lage der Abweisteile so angesteuert, dass die Partikeln zielgenau und mit geringen Verlusten an Gutmaterial ausgeschleust werden. In Tabelle 1 sind wesentliche Kenndaten der Röntgensortiermaschinen AR1201 und AQ1101 zusammengefasst.



Bild 3: Mogensen MikroSort AR1200 mit vorgeschalteter Siebtechnik für großflächiges und bizarr geformtes Material

Tabelle 1: Kenndaten der Röntgensortiermaschinen AR1201 und AQ1101

Aufgabematerial	Siedlungs-, Gewerbe-, Baumischabfall
Durchsatz	ca. 10 - 40 m ³ /h
Schüttgewicht	0,3 – 1,1 t/m ³
Feuchtigkeit des Aufgabematerials	0,5 – 30 Gew.% H ₂ O
Abweisanteil	bis 50 Gew.%
Druckluftverbrauch	bis 120 Nm ³ /h
Korngrößenbereich AQ	10 – 60
Korngrößenbereich AR	15 – 250 mm
elektrische Leistungsaufnahme	10 kW

3. Industrietaugliche Sortiermaschinen von Mogensen

Auf der Grundlage des beschriebenen Wirkungsprinzips hat die Mogensen GmbH & Co. KG in Zusammenarbeit mit der CommoDaS GmbH aus Wedel bei Hamburg eine industrietaugliche Sortiermaschine entwickelt, die verschiedene Schüttgüter wie Haus- und Gewerbeabfälle, Baumischabfall, Hohl- und Flachglas sowie verschiedene Metallgemische und Bildröhrenglas separiert. Die Maschine besteht überwiegend aus Standardkomponenten der optischen Sortiertechnik, die Röntgen-Schutzausstattung wurde in Zusammenarbeit mit dem TÜV Hannover entwickelt. Die Röntgensortierer MikroSort AR und MikroSort AQ sind nach den Vollschutzrichtlinien aufgebaut und arbeiten im normalen Betrieb weit unterhalb der zulässigen Grenzwerte. Die Maschinen erfüllen damit Grenzwerte, die bis zu 2.000 Arbeitsstunden pro Jahr in einem Meter Abstand an den Maschinen erlauben. Da diese Maschinen vollautomatisch arbeiten und für eine Standzeit von etwa 8.000 Betriebsstunden pro Jahr ausgelegt sind, ist die Strahlenbelastung sehr viel geringer als bei einem Urlaubsflug in 10.000 Metern Höhe. In Versuchen wurde Material aus

mechanisch-physikalischen und mechanischbiologischen Abfallbehandlungsanlagen so sortiert, dass die Menge des zu deponierenden Materials deutlich reduziert werden konnte.

Die Organikfraktion lässt sich auch hier als Ersatzbrennstoff weiterverarbeiten. Weitere Versuche wurden mit Baumischabfall unternommen, bei dem die Abtrennung der Organikfraktion ebenfalls mit der Röntgensortierung realisierbar ist (Bild 4). Da hier das Schüttgewicht deutlich über dem vom Haus- und Gewerbeabfall liegt, können bei einer üblichen Abweismenge von etwa zehn Gewichtsprozent Organik, Materialmengen von über 20 Tonnen pro Stunde aufbereitet werden. Die ersten Maschinen wurden bereits in die Haus- und Gewerbemüllaufbereitung ausgeliefert und stellen ihre Leistungsfähigkeit im 4-Schichtbetrieb unter Beweis.



Bild 4: Sortierergebnis von Baumischabfall nach der Röntgensortierung: links die inerte, rechts die heizwertreiche Fraktion

4. Wirtschaftlichkeit der Röntgensortierung

Im Abfallsektor ergibt sich die Wirtschaftlichkeit der Röntgensortierung im Wesentlichen aus der beträchtlichen Einsparung nachfolgender Entsorgungs- oder Behandlungskosten. Das gegenwärtige Preisgefüge auf dem Entsorgungsmarkt erlaubt deshalb Amortisationszeiten (ROI) von weniger als einem halben Jahr. Auch die Betriebskosten, je nach spezifischem Einsatzfall zwischen 0,50 und 1,50 Euro je Tonne, liegen in der Größenordnung hochwertiger Aufbereitungstechnik.

5. Zusammenfassung

Mit der von Mogensen entwickelten Röntgentechnik wird ein neues Gebiet der Sortiertechnik betreten. Diese Sortiertechnik ermöglicht die Aufbereitung von Abfallströmen aus mechanisch-physikalischen und mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen sowie Baumischabfällen in bisher nicht für möglich gehaltener Aufbereitungstiefe. Es lassen sich mittelkalorische Ersatzbrennstoffe mit einem hohen Anteil an Holz, Kunststoffen und Restpapier in stabiler und guter Qualität zu marktgerechten Preisen erzeugen. Die dabei abgetrennte Anorganik aus Glas, Porzellan, Keramik, Ziegelsteinen und Beton erfüllt die geforderten Zuordnungskriterien der Abfallablagerversordnung und kann zu niedrigeren Entsorgungskosten verbracht werden. Diese Ergebnisse konnten sowohl in Versuchen, als auch im laufenden Betrieb nachgewiesen werden. Die Entwicklung der Sortiertechnik und der Einsatz in verschiedenen Aufbereitungsverfahren stehen erst am Anfang und werden sich in den nächsten Jahren rasant weiter entwickeln.

Zerkleinerung und Klassierung von Glasschaum

**Prof. Dr. Hanspeter Heegn, Dipl.-Ing. Karen Grandissa und
Dipl.-Ing. (FH) Nick Wagner**
UVR-FIA GmbH Freiberg

Die Bereitstellung von Glaspartikeln mit Teilchengrößen bis in den Mikrometerbereich als wirksamer Komponente in Kunststoffen sowie in Sol-Gel-Beschichtungssystemen mit hoher Kratz- und Abriebbeständigkeit ist eine aktuelle Aufgabe. Da die Zerkleinerung von kompaktem Glas bis zu dieser Feinheit sehr problematisch ist, wurde als Alternative Schaumglas als Ausgangsmaterial eingesetzt. Schaumglas bietet außerdem prinzipiell die Möglichkeit der Gewinnung von plättchenförmigen Teilchen. Als Schaumglas bezeichnet man geschlossen- oder offenporiges, geschäumtes oder geblähtes Glas. Das während der Untersuchungen verwendete Schaumglas war ein Produkt der Firma TROVOtech (Wolfen). Die Herstellungstechnologie und die Eigenschaften dieses Schaumglases werden im Vortrag kurz erläutert.

Ausgehend von detaillierten Charakterisierung von verschiedenen Schaumglasmustern hinsichtlich, Reindichte, Rohdichte und spezifischer BET-Oberfläche werden die Veränderung der Eigenschaften (Porenstruktur, Plättchen- und Zwickelanteile) in Abhängigkeit von der erzielten Feinheit diskutiert. Im Vergleich dazu werden die mit einem theoretischen Modell gewonnenen Erkenntnisse zum Zusammenhang zwischen Porenstruktur und zu erwartenden Ergebnissen bei der Zerkleinerung und Klassierung gegenübergestellt.

Durch eine schonende Behandlung mit der Walzenmühle und mit der Siebkugelmühle werden die Schaumglasproben zerkleinert und damit die Schaumstruktur des Glases in Plättchen-, Steg- und Zwickelanteile aufzuschließen.

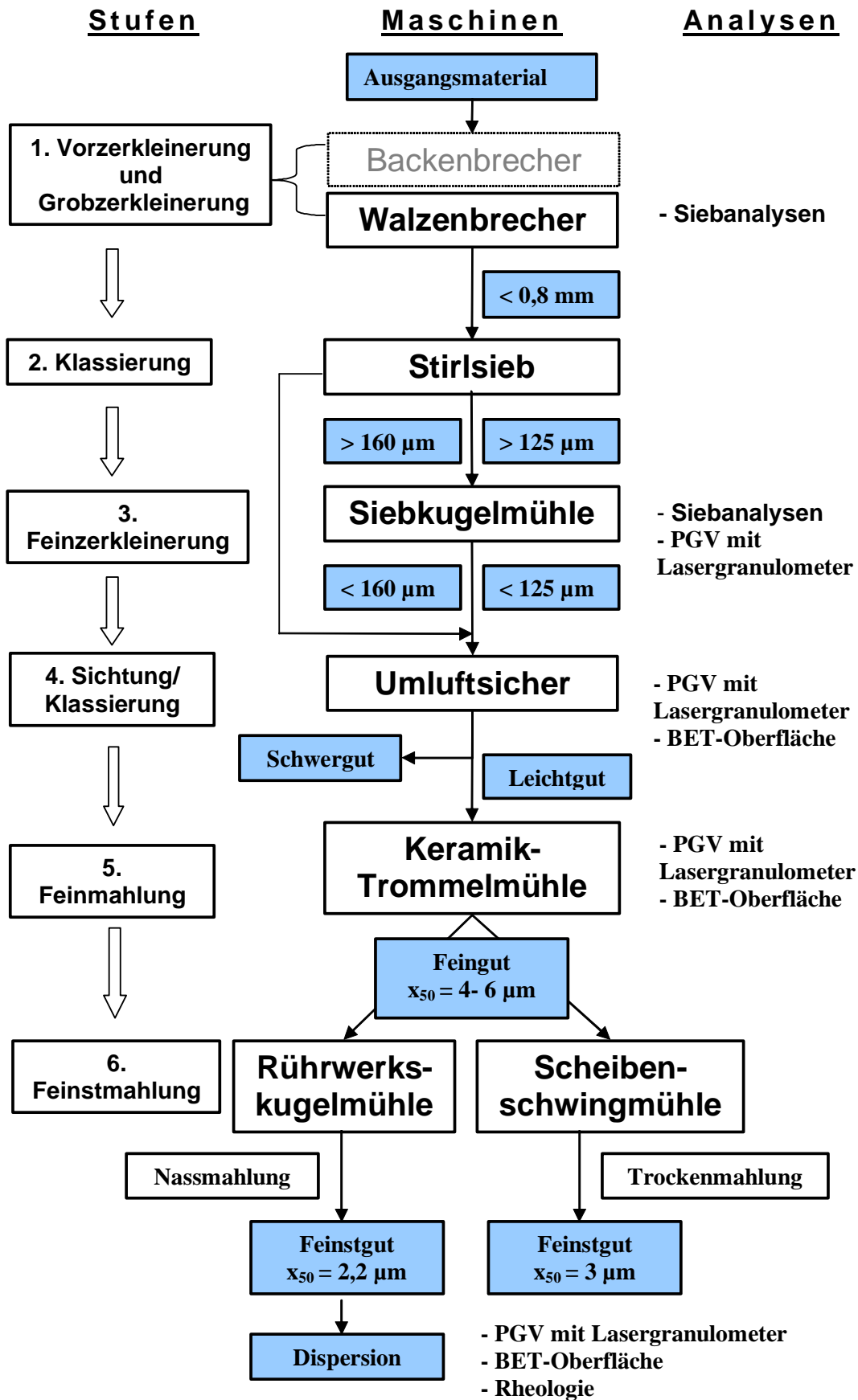
Mit experimentellen Untersuchungen zur Klassierung der trocken gemahlene Produkte durch Sieben und Sichten werden danach die Möglichkeiten der Separation von Zwickel-, Steg- und Plättchenanteilen des zerkleinerten Schaumglases geprüft und entsprechende Produkte für die anschließende Feinzerkleinerung gewonnen.

Durch Mahlung in einer Porzellantrömmel mit Alubit-Mahlkörpern gelingt es Glaspulvers als Füllstoff für Kunststoffe zu präparieren. Die Teilchengrößen liegen dabei im Bereich von $x_{50\%} = 4-6 \mu\text{m}$.

Für die Gewinnung von Glaspulverdispersionen mit noch kleineren Teilchengrößen wurde die Nassmahlung mit nichtwässrigen Dispersionsmitteln untersucht.

An diesen Dispersionen wurde neben der Teilchengrößenverteilung das rheologische Verhalten der Dispersionen gemessen.

Das folgende Schema zeigt die angewandten Verfahrensschritte und die Untersuchungsmethodik.



Wirtschaftliche Aufbereitung von Gold und Diamanten mit dem Haver Hydro-Clean

Dr.-Ing. Zlatev, Metodi

Haver & Boecker Maschinenfabrik Münster

1. Einführung

Seit 75 Jahren ist HAVER & BOECKER ein Spezialist auf dem Gebiet der Aufbereitungstechnik. Mit fünf Siebssystemen hat das Unternehmen aus dem Münsterland die richtige Lösung für nahezu jede Aufgabenstellung in der Trocken- und Nassabsiebung.

Eine echte Innovation hat das Unternehmen Ende der 90er Jahre auf den Markt gebracht, den HAVER-Hydro-Clean, ein Hochdruckwaschverfahren zum kostengünstigen und umweltbewussten Waschen von Rohstoffen im Kornband 0 – 150 mm.

Als ursprüngliche Einsatzgebiete sind die Kies- und Sandindustrie und die Recyclingindustrie zu nennen. Daneben haben sich als ebenfalls interessante Anwendungsgebiete die Gold- und Diamantenaufbereitung herausgestellt, die in zunehmendem Maße an Bedeutung gewinnen.

2. Verfahrensbeschreibung

Das zu waschende Aufgabematerial 0/150 mm wird kontinuierlich über einen Aufgabetrichter dem Hochdruckwäscher zugeführt. Kernstück der Hochdruckwascheinheit ist der über einen Getriebemotor angetriebene Waschrotor mit seinen Hochdruckdüsen. Der Wasserdruck beträgt je nach Anwendung 40 bis 200 bar. In der Waschkammer erfolgt eine intensive Beanspruchung des Materials. Schlag-, Reib- und Scherkräfte führen zur Abreinigung der Körner von anhaftenden Verunreinigungen und zur Auflösung von Agglomeraten. Die gelösten Bestandteile werden gemeinsam mit dem Waschwasser von einem Förderband ausgetragen und den nachgeschalteten Aggregaten zur Klassierung aufgegeben.

3. Hydro- Clean im Einsatz für die Gold- und Diamantenaufbereitungsindustrie

Die ersten Erfahrungen mit dem Einsatz des HAVER-Hydro-Clean in der Gold- und Diamantenaufbereitung konnten zum größten Teil in den letzten Jahren gesammelt werden.

Durch den stetig steigenden Bedarf und die gleichermaßen sinkenden Vorräte von guten Lagerstätten, müssen immer größere Mengen an Rohmaterial verarbeitet werden. Dies und die ebenfalls steigenden Produktionskosten zwingen die Hersteller ständig nach kostengünstigeren und effektiveren Verfahren zu suchen.

Aufgrund seines niedrigen Wasserbedarfs, der lediglich 0,15 - 0,20 m³ beträgt und seines geringen Energiebedarfs von nur 0,25 - 0,40 kWh pro Tonne Waschgut, verbunden mit einer hohen Reinigungsleistung und niedrigem Verschleiß, hat sich der Hydro-Clean einen Eintritt in den Markt verschafft.

In den USA, im Bundesstaat Washington, wird der Hydro-Clean zur Aufbereitung von lehmhaltigem Kies mit eingeschlossenem Gold eingesetzt. Die Hochdruckenergie des Hydro- Clean sorgt für eine Auflösung der Lehmklumpen und dem Ausspülen der feinen Goldpartikel von der Kiesoberfläche. In der nachgeschalteten Klassierung werden beide Materialien getrennt, so dass der Goldstaub weiter aufbereitet werden

kann. Der hier eingesetzte Typ HC 1000/140 arbeitet mit einem Waschdruck von 140 bar. Die maximale Durchsatzleistung beträgt 185 t/h.

In Südafrika konnten Erfolge bei einem renommierten Diamantenproduzenten erzielt werden. Dort bereitet man mit Hilfe des Hydro-Clean diamantenhaltigen Lehm auf, der aus dem Meeresgrund oder Flussbett gewonnen wird. Im Hydro-Clean werden die in Lehmklumpen befindlichen Diamanten aufgeschlossen und können somit weiter aufbereitet werden. Bislang wurde das Hydro-Clean-Waschsystem Typ HC 350, HC 700 und HC 1000 nach Südafrika geliefert.

Die neuen Einsatzgebiete stellten durch ihre besonderen Aufgabenstellungen viele konstruktive und verfahrenstechnische Anforderungen. So wurde zum Beispiel für die Diamantenaufbereitung ein seewassertauglicher Hydro-Clean konstruiert und für die Goldaufbereitung ein Multifunktionswaschrotor entwickelt.

Bis heute kann HAVER & BOECKER zahlreiche Referenzen für den Einsatz der Hydro-Clean-Technologie aufweisen und ist zuversichtlich, dass sich die Technik zukünftig in weiteren Gebieten und Anwendungsbereichen etablieren kann.



Bild: Die semimobile Pilotanlage für Diamantenaufbereitung ist mit einem HAVER-Hydro-Clean des Typs HC 700 ausgestattet.

Eigenschaften der Produkte aus der magnetisierenden Blitzröstung karbonatischer Eisenerze und Prüfung der Einsetzbarkeit als SO₂ – Sorbens

Dipl.-Ing. Dr. mont Andreas Böhm

Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung, Montanuniversität Leoben

Gegen Ende der 1990er schien aus wirtschaftlicher Sicht das Ende der Produktionstätigkeit des Steirischen Erzberges von jährlich 1,8 Mio.t karbonatischem Eisenerzkonzentrat mit einem durchschnittlichen Fe- Gehalt von 36 % nahe. Zur effizienteren Gestaltung des Aufbereitungsprozesses und um Märkte neben dem Einsatz als Rohstoff für die Eisen- und Stahlproduktion zu finden, wurde ein vom österreichischen Staat gefördertes Forschungsprojekt zwischen der VA- Erzberg GmbH und dem Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung der Montanuniversität Leoben in Angriff genommen. In diesem Projekt wurde erfolgreich eine neue Prozesstechnik zur verbesserten Trennung des Erzminerals Spateisenstein vom Gangartmineral Ankerit im Pilotmaßstab erprobt. Die Produkte der mineralselektiv arbeitenden magnetisierenden Blitzröstung –zu Ehren des Erfinders als „Steiner – Prozess“ bezeichnet- zeigen neben erhöhtem Eisengehalt im Konzentrat vielversprechendes Potential in der trockenen Entschwefelung von Rauchgas.

Die Hauptaufgabe der aufbereitungstechnischen Prozesstechnik am Steirischen Erzberg liegt in der Trennung des Wertminerals Spateisenstein, einem Karbonat (Fe, Mg, Ca, Mn)(CO₃) mit einem maximalen Fe-Gehalt von 42 %, vom ebenfalls eisenhaltigen Gangartmineral Ankerit, einem Karbonat (Mg, Ca, Fe, Mn)(CO₃) mit einem mittleren Fe-Gehalt von 15 %. Obwohl in der Verteilung unterschiedlich, bedingt der Aufbau aus gleichartigen Kationen sehr ähnliche physikalische Eigenschaften, die eine physikalische bzw. physikalisch chemische Trennung im Feinkornbereich unter 1 mm verhindern. Eine thermische Behandlung mit bemerkenswert kurzer Verweilzeit, in einem am Lehrstuhl für Aufbereitung entwickelten Konzept, bringt den Spateisenstein in eine ferromagnetische Oxidform, während der Ankerit magnetisch unbeeinflusst bleibt. Einfache Standard-Schwachfeldmagnetscheidung erlaubt bei hinreichendem Aufschluss die weitgehend sortenreine Trennung der Mineralarten.

Abgesehen von der erhöhten Magnetisierbarkeit kennzeichnet das Magnetprodukt eine erhöhte volumenspezifische Oberfläche, die neben dem Chemismus für die Aufnahme von SO₂ verantwortlich zeichnet. Neben einer Kurzcharakterisierung des Röstprozesses werden Ergebnisse aus dem umfangreichen Versuchsprogramm bei variiertem Korngröße, Gaszusammensetzung und unterschiedlichen Temperaturbereichen vorgestellt. Die Laborergebnisse mit künstlichem Rauchgas wurden durch Insitu-Versuche in einer Sinteranlage bestätigt. Aber auch das Gangartmineral Ankerit, das zur Zeit deponiert wird, zeigt Aufnahmevermögen für SO₂.

„Besten verfügbare Techniken-BVT“ bei Abfallbehandlungsanlagen -Vorgaben der Europäischen Union-

Dipl.-Ing. Siegfried Kalmbach

Umweltbundesamt, Dessau

Die IVU-Richtlinie der Europäischen Union von 1996 fordert bei allen umweltrelevanten industriellen Anlagen, zu denen auch Abfallentsorgungsanlagen zählen, die Anwendung der „Besten verfügbaren Techniken“ (BVT), in Deutschland definiert als „Stand der Technik“. Bis spätestens 30. Oktober 2007 gilt dies auch für alle bestehenden Anlagen (Altanlagen). Der EU-weite Informationsaustausch für die BVT erfolgt durch BVT-Merkblätter - auch BREFs genannt - im „Sevilla-Prozess“.

Im vorliegenden Beitrag werden die Bedeutung dieser Dokumente für die Mitgliedstaaten sowie ihre Nutzung in Deutschland erläutert. Für das BVT-Merkblatt „Abfallbehandlungsanlagen“ werden die wichtigsten Harmonisierungsergebnisse beschrieben.

Vorgaben der Europäischen Union

Die EG-Richtlinie 96/61 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie) vom 24. September 1996 [1], die am 30. Oktober 1996 in Kraft trat, regelt die Zulassung besonders umweltrelevanter Industrieanlagen, zu denen auch die Abfallentsorgungsanlagen zählen, auf der Grundlage eines integrierten, medienübergreifenden Konzepts. Mit diesem Ansatz werden sowohl Emissionen in Luft, Wasser und Boden als auch abfallwirtschaftliche Aspekte, Energieeffizienz und Ressourcenschonung sowie die Vorbeugung von Unfällen erfasst. Ziel der IVU-Richtlinie ist es, über dieses Konzept auf Gemeinschaftsebene ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu erreichen.

Die angestrebte EU-weite Harmonisierung soll vor allem durch drei Elemente erreicht werden:

- Einführung einer integrierten, medienübergreifenden Anlagengenehmigung
- Anwendung der „Besten verfügbaren Techniken“ (BVT)
- Beteiligung der Öffentlichkeit im Zulassungsverfahren

Das wesentliche Element ist die Forderung nach der Anwendung der BVT bei allen Neuanlagen und spätestens ab dem 30. Oktober 2007, also 11 Jahre nach dem Inkrafttreten der Richtlinie, auch bei allen bestehenden Anlagen, den sog. Altanlagen.

Zur Konkretisierung der BVT, hat die Europäische Kommission ein Arbeitsprogramm erstellt, das vorsieht, die Ergebnisse des EU-weiten Informationsaustausches in 33 BVT-Merkblättern festzuschreiben („Sevilla-Prozess“). Diese BVT-Merkblätter, auch **BREFs** (= **B**est **REF**erence Documents) genannt, werden im Büro der EU in Sevilla, dem „European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau“ (EIPPCB), unter Mitwirkung von „Technical Working Groups“ (TWGs), die aus Vertretern aller Mitgliedstaaten, der Industrie, den Industrie- und Umweltverbänden zusammengesetzt sind, koordiniert und erstellt.

Für Deutschland ist das Umweltbundesamt (UBA) die nach Artikel 16 Abs. 4 der IVU-Richtlinie benannte Behörde (National Focal Point) für die Mitwirkung an diesem Prozess. Gleichzeitig ist das UBA im „Information Exchange Forum“ (IEF), dem sektorenübergreifenden Steuerungsgremium der Europäischen Kommission, vertreten.

Umsetzung der EU- Vorgaben in Deutschland

Die Umsetzung der IVU-Richtlinie in deutsches Recht erfolgte mit dem Artikelgesetz vom 27. Juli 2001 [2] insbesondere durch eine Änderung der „Pflichten der Betreiber genehmigungsbedürftiger Anlagen“ nach § 5 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes [3] sowie durch die inhaltliche Anpassung der bisherigen Definitionen des Begriffs „Stand der Technik“ in den deutschen Umweltgesetzen an die Definition der „Besten verfügbaren Techniken“ der IVU-Richtlinie.

Im Abfallrecht erfolgte die Umsetzung der BVT durch Änderung des § 3 Abs. 12 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG) und durch wortgleiche Übernahme der im Anhang IV der IVU-Richtlinie angeführten „Kriterien zur Bestimmung der BVT“ in den Anhang III des KrW-/AbfG [4]. Gleichlautende Definitionen und Anhänge wurden u. a. auch in das Bundes-Immissionsschutzgesetz und in das Wasserhaushaltsgesetz aufgenommen. Der Begriff „Stand der Technik“ wurde im deutschen Recht jedoch beibehalten.

In Deutschland werden die in den BVT-Merkblättern enthaltenen Informationen nach dem bisherigen, bewährten Vorgehen vom Vorschriftengeber bei der Anpassung der untergesetzlichen Regelungen, wie Verwaltungsvorschriften (z.B. TA Luft) oder Durchführungsverordnungen (z.B. Verordnung über biologische Abfallbehandlungsanlagen oder Abwasserverordnung), an den fortentwickelten Stand der Technik genutzt. Damit wird auch dem Vorsorgegrundsatz, die Emissionen entsprechend dem Stand der Technik zu mindern und zu begrenzen, Rechnung getragen und gleichzeitig wird eine bundeseinheitliche Auslegung des Standes der Technik im Zulassungsverfahren sichergestellt. Bei der Ableitung der Emissionsbegrenzungen (z.B. der Emissionsgrenzwerte) in den untergesetzlichen Regelungen werden auch integrative, medienübergreifende Aspekte berücksichtigt.

Die TA Luft [5] enthält für fast alle gewerblichen und industriellen Anlagen sowie für Abfallentsorgungsanlagen, entsprechende Emissionsbegrenzungen. Soweit bei der Novellierung der TA Luft im Jahr 2002 bereits veröffentlichte BVT- Merkblätter oder fortgeschrittene Merkblatt-Entwürfe der EU vorlagen, wurden die darin enthaltenen Informationen in den emissionsbegrenzenden Anforderungen der TA Luft-Novelle 2002 berücksichtigt.

Bei künftigen Abweichungen zwischen der TA Luft 2002 und den von der EU-Kommission veröffentlichten BVT-Merkblättern stellt sich die Frage, ob der Stand der Technik in der TA Luft noch richtig wiedergegeben ist. Um insoweit Unsicherheiten zu vermeiden, legt die TA Luft in Nummer 5.1.1 fest, dass alle bei ihrem Erlass am 24. Juli 2002 vorhandenen BVT-Merkblätter berücksichtigt wurden. In Bezug auf danach veröffentlichte BVT-Merkblätter bestimmt sie, dass die TA Luft-Anforderungen dadurch nicht außer Kraft gesetzt werden. Die Bindung der Behörden an die TA Luft bleibt damit zunächst bestehen. Ein vom Bundesumweltministerium eingerichteter beratender Ausschuss, der sich aus sachkundigen Vertretern im Sinne von § 51 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes („Beteiligte Kreise“) zusammensetzt, prüft, inwieweit sich aus den Informationen der BVT-Merkblätter weitergehende Anforderungen ergeben, als sie die TA Luft enthält. Der Ausschuss soll sich dann dazu äußern, inwieweit sich der Stand der Technik gegenüber den Festlegungen in der TA Luft fortentwickelt hat oder die Festlegungen in dieser Verwaltungsvorschrift ergänzungsbedürftig sind. Gibt das Bundesumweltministerium aufgrund einer derartigen Äußerung ein Fortschreiten des Standes der Technik oder eine notwendige Ergänzung der TA Luft-Regelungen bekannt, entfällt insoweit die Bindung der Behörden an die TA Luft 2002. Die zuständigen Behörden haben dann bei ihren Entscheidungen den Stand der Technik eigenständig unter Heranziehen der vorhandenen Erkenntnisquellen, dazu zählen auch und vor allem die Informationen aus den BVT-Merkblättern, zu ermitteln [6]

Wie intensiv die einzelnen EU-Mitgliedstaaten die BVT-Merkblätter im Rahmen der nationalen Genehmigungspraxis faktisch nutzen, zeichnet sich noch nicht klar ab. Die IVU-Richtlinie lässt durchaus einen gewissen Spielraum bei ihrer Umsetzung zu. Einige EU-Mitgliedstaaten erstellen nationale Leitlinien, wie die BVT-Merkblätter zu berücksichtigen sind [7], andere (wie z.B. auch Deutschland) übernehmen die Informationen aus den BVT-Merkblättern in ihre untergesetzlichen Regelwerke.

Die abgeschlossenen deutschen Übersetzungen sowie alle bereits von der EU-Kommission verabschiedeten BVT-Merkblätter in englischer Sprache, einschließlich der ins Deutsche übersetzten Zusammenfassungen, stehen kostenlos auf den Internetseiten des Umweltbundesamtes unter www.bvt.umweltbundesamt.de zur Verfügung.

Entwicklung des BREF „Abfallbehandlung“

Zur Entwicklung der BREFs ist generell anzumerken, dass sich der „Sevilla-Prozess“ schon bei EU-weit relativ homogenen industriellen Tätigkeiten, wie z.B. der Glas- oder der Zementindustrie, als ein komplexes Vorhaben darstellte. Umso aufwändiger war der Prozess bei dem Sektor „Abfallbehandlung“, der sich vor allem durch sehr unterschiedliche Techniken und eine große Heterogenität der Behandlungsstoffe auszeichnet. Bei den Abfallbehandlungsanlagen existieren in der EU zahlreiche unterschiedliche Konzepte, Vorgehensweisen und Behandlungstechniken, weshalb sich die Erarbeitung dieses Dokuments auch als äußerst schwierig gestaltete.

Abgrenzung des BREF „Abfallbehandlung“

Bereits vor Beginn der Arbeiten in den technischen Arbeitsgruppen diskutierte die EU-Kommission intensiv den Umfang der abfallrelevanten BREFs, wobei vor allem auf den Anhang I der IVU-Richtlinie („Kategorien von industriellen Tätigkeiten“) zurückgegriffen wurde. Dort sind „Abfallbehandlungsanlagen“ der Nummer 5 zugeordnet. Diese Nummer umfasst vier Untergruppen, nämlich Anlagen zur Beseitigung oder Verwertung von gefährlichen Abfällen (Nummer 5.1), Müllverbrennungsanlagen (Nummer 5.2), Anlagen zur Beseitigung ungefährlicher Abfälle (Nummer 5.3) und Deponien (Nummer 5.4). Abweichend vom Anhang I der IVU-Richtlinie entschied die EU-Kommission, die Zahl der abfallrelevanten BREFs auf zwei zu reduzieren und zwar für die Bereiche „Abfallverbrennung“ und „Abfallbehandlung“. Der Bereich „Abfallbehandlung“ umfasst somit alle Behandlungsverfahren außer der „Abfallverbrennung“. Der Bereich „Deponierung“ wurde fallengelassen, da dieser nach Meinung der EU-Kommission bereits durch die EG-Deponie-Richtlinie [8] hinreichend konkret geregelt ist.

Für das BVT-Merkblatt Abfallbehandlung wurde außerdem beschlossen, sich – in Abhängigkeit von den verfügbaren Informationen – auf ausgesuchte Abfallbehandlungsverfahren der Nummern 5.1 und 5.3 des Anhangs I der IVU-Richtlinie zu konzentrieren.

Aufgrund des nicht genau festgelegten relevanten Geltungsbereichs im Anhang I der IVU-Richtlinie und der zwischenzeitlich weiter fortgeschrittenen Behandlungstechniken war die Aufnahme bestimmter Abfallbehandlungsverfahren in das BREF lange strittig. Letztendlich wurden R- und D-Schlüssel der EG-Abfallrahmenrichtlinie [9] als relevante Verfahren für das BREF „Abfallbehandlung“ diskutiert.

Struktur des BREF „Abfallbehandlung“

Die Struktur des BREF „Abfallbehandlung“ entspricht der für alle BREFs gleichermaßen vorgeschriebenen Grundstruktur:

- Kapitel 1: Generelle Informationen
- Kapitel 2: Angewandte Prozesstechniken
- Kapitel 3: Emissionsgrenzwerte und Verbrauchswerte
- Kapitel 4: Bei der Ermittlung von BVT berücksichtigte Techniken
- Kapitel 5: Schlussfolgerungen bezüglich BVT

- Kapitel 6: In der Entwicklung stehende Techniken
- Kapitel 7: Abschließende Bemerkungen
- Kapitel 8: Anhänge

Ausblick zum BREF „Abfallbehandlung“

Das IEF hat im Juni 2005 den BREF-Entwurf der TWG verabschiedet und mit geringfügigen Änderungen im August 2005 veröffentlicht. Die EU- Kommission hat das Dokument im August 2006 angenommen [10]. Die Bekanntgabe dieser Annahme im Amtsblatt der EU ist noch nicht erfolgt.

Durch die nun anstehende EU-weite Umsetzung des BVT- Merkblattes „Abfallbehandlung“ werden künftig voraussichtlich breitere Erfahrungen und Anlagendaten aus den Mitgliedstaaten zur Verfügung stehen, als dies noch bei den Arbeiten zum jetzt vorliegenden Dokument der Fall war. Bei der Revision des BVT- Merkblattes, die im Jahr 2009 erfolgt, könnten dann bei einzelnen Behandlungsverfahren auch noch konkretere und anspruchsvollere Anforderungen diskutiert werden.

Bis zur Revision des BVT- Merkblattes sollte jedoch auch erreicht werden, dass der Katalog der Abfallbehandlungsanlagen des Anhangs I der IVU-Richtlinie überarbeitet und mit der Abfallrahmenrichtlinie abgestimmt wird, damit die bislang nicht aufgenommene Behandlungsarten, wie z.B. die Kompostierung und die Vergärung, dann problemlos in das BREF einbezogen werden können.

Literatur

[1] Richtlinie 96/61/EG des Rates über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung vom 24. September 1996 (ABl. EG L 257/S. 26), zuletzt geändert am 18. Januar 2006 (ABl. EU L 33/S. 1).

[2] Gesetz zur Umsetzung der UVP-Änderungsrichtlinie, der IVU-Richtlinie und weiterer EG-Richtlinien zum Umweltschutz vom 27. Juli 2001 (BGBl. I S. 1950).

[3] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) i.d.F. vom 26. September 2002 (BGBl. I S. 3830), zuletzt geändert am 25. Juni 2005 (BGBl. I S. 1865).

[4] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz - KrW-/AbfG) vom 27. September 1994 (BGBl. I S. 2705), zuletzt geändert am 15. Juli 2006 (BGBl. I S. 1619).

[5] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002 (GMBl S. 511).

[6] Kalmbach, S.: Erläuterungen zur Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft, 5. Auflage, Erich Schmidt Verlag, Berlin 2004.

[7] European Commission-DG Environment, „On the Road to Sustainable Production in the Enlarged EU“, 20.-22. September 2005 in Dresden, Conference Proceedings, Umweltbundesamt, Dessau Dezember 2005.

[8] Richtlinie 1999/31/EG des Rates über Abfalldeponien vom 26. April 1999 (ABl. EG L 182/S.1), geändert durch Verordnung (EG) vom 29. September 2003 (ABl. EU L 284/S.1).

[9] Richtlinie 2006/12/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Abfälle (konsolidierte Fassung) vom 5. April 2006 (ABl. EU L 114/S.9).

[10] European IPPC Bureau, Seville, Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries, August 2006.

Wiedergewinnung von Rohstoffen aus modernen wiederaufladbaren Batterien

Dr. Reiner Weyhe

Accurec GmbH Mühlheim

Die beschleunigte Fortentwicklung der Kommunikation- und Datentechnik hat in den vorangegangenen 10-15 Jahren den industriellen wie privaten Alltag maßgeblich verändert. Mit den wachsenden Anforderungen an Flexibilität und Mobilität dieser Techniksegmente sind Energiespeicher in Form wieder aufladbarer Gerätebatterien immer höherer Leistungsfähigkeit gefragt. Die Einführung innovativer Gerätebatterien war ebenso eine Folge wie der stetige Zuwachs weltweit gefertigter und verkaufter Zellen.

Neben der traditionellen Nickel-Cadmium Batterie fand Mitte der 90er Jahre der Nickel-Metallhydrid Akkumulator einen schnellen Einzug. Wieder Erwarten wurde dieses System mit der Marktreife und –einführung des Lithium-Ionen Akkumulators in wichtigen Applikation, wie Mobilfunk und tragbaren Laptop's bereits Anfang des neuen Jahrzehnts überflügelt. In Abhängigkeit Ihres typischen Nutzungsprofils wird ein Überblick über die technischen Eigenschaften, Produktionszahlen, Mengenströme und Marktprognosen der drei dominierenden Akku-Systeme gegeben.

Mit dem Ende der Nutzungsdauer entwickelt sich der nützliche Energiespeicher zum besonders überwachungsbedürftigen Abfall und steht im Focus der umweltorientierten Gesetzgebung. Neben der Zusammenfassung der gegenwärtigen Gesetzeslage wird ein Ausblick auf zukünftige, europäische Rahmenderektive gegeben. Unter Einbindung umfangreicher Verbraucherstudien stellt der Vortrag anschließend ein Abfallszenario für Altbatterien dar, das die Diskrepanzen zwischen erwünschter und real existierender Sammeleffizienz erklärt.

Accurec bietet für alle drei vorgestellten Batteriesysteme Verfahren zur Rückgewinnung ihrer metallischen Inhaltsstoffe. Dabei stehen im Mittelpunkt die vakuum-thermische Behandlung und die Destillation der niedrig siedenden Schwermetalle. Die Prozesskette wird einschließlich ihrer vorbereitenden Maßnahmen und mechanischen Vorbehandlungsschritte ausführlich dargestellt.

Filtergranulat aus Altpapier

Dipl.-Ing. Frank Splittgerber, Dr. Mathias Nüchter

VTI Verfahrenstechnisches Institut für Umwelt und Energie Saalfeld e. V.

Herbert Zölsmann

UGN Umwelttechnik GmbH Gera

Gemeinsam mit seinem Partner UGN aus Gera hat das VTI ein Cellulosegranulat aus Altpapier und anderen celloslosehaltigen Stoffen entwickelt und stellt dieses seit Mitte 2005 in einer Kleinproduktion her. Das Material wird von UGN vermarktet und gegenwärtig sehr erfolgreich in Schüttstichtfiltern zur Beseitigung von Geruchsbelästigungen und gesundheitsgefährdenden Bestandteilen in Abluftströmen aus Industrieanlagen und kommunalen Abwasseranlagen eingesetzt.

Die Herstellung des Granulates beginnt mit der mechanischen Aufbereitung der Ausgangsstoffe. Gegenwärtig kommen als solche Altpapier (alte Zeitungen), Verschnittabfälle aus der Papierverarbeitung, Zellulosefasern sowie Produktionsrückstände aus der Papierherstellung (Kurzfasern) zum Einsatz, wobei die Materialien auch zum Teil kombiniert werden.

Der eigentliche Aufbereitungsschritt ist die Zerkleinerung des Papiers in einer Hammermühle. Dabei wird der Faserverbund des Papiers stark aufgelockert und zum Teil die einzelnen Fasern isoliert. Je nach Beschaffenheit des Ausgangsmaterials erfolgt vor der Zerfaserung in der Hammermühle ggf. noch eine Vorzerkleinerung in einer langsam laufenden Schneidmühle.

Nach der Zerkleinerung werden die Papierfasern in einem Zwangsmischer mit Wasser gemischt, um eine für die Granulierung notwendige Feuchtigkeit einzustellen. Die Herstellung des Granulates erfolgt durch Pressgranulierung mittels einer Flachmatrizenpresse. Dabei kann die Festigkeit der Granalien über die Einstellung der Materialfeuchte beeinflusst werden, so dass keine zusätzlichen Bindemittel notwendig sind. Der abschließende Trocknungsprozess stellt den energetisch aufwendigsten Arbeitsschritt dar. Es zeigte sich, dass bei einer Trocknung mit herkömmlichen Methoden, etwa mit Heißluft in einem Bandtrockner, die Trockeneffektivität mit Fortschreiten des Trocknungsprozesses stark nachlässt. Das lässt sich damit begründen, dass die zuerst getrockneten äußeren Bereiche der Granalien eine starke wärmeisolierende Wirkung zeigen, und somit immer mehr Energie aufgewendet werden muss, um den noch feuchten Kern der Granalien zu erreichen. Aus diesem Grund kommt am VTI eine spezielle Trocknungskombination zum Einsatz. Diese besteht aus einer Vortrocknung in einem Mikrowellenbandtrockner und einer Nachtrocknung im Heißluftstrom, wobei sich die grundsätzlich verschiedenen Arten des Energieeintrages beider Methoden sehr gut ergänzen und zu einer relativ effektiven Trocknung führen.

Die Filterwirkung des praktisch nur aus Papierfasern bestehenden Granulates beruhen auf der Besiedelung mit Mikroorganismen, welche unerwünschten Bestandteile wie flüchtige Kohlenwasserstoffe und besonders Schwefelwasserstoff aus dem Abgas- bzw. Abluftstrom aufnehmen und verstoffwechseln. Die Standzeit des Filters hängt stark von den Einsatzbedingungen ab, ist aber vergleichsweise lang. Zwar reichen die Erfahrungen mit dem konkreten Material bisher nur über einen Zeitraum von etwa einem Jahr, vergleichbare Materialien erreichten aber Standzeiten von 5 Jahren und länger. Auch unter Einwirkung von Feuchtigkeit blieben dabei die Granalien intakt.

Neuere Untersuchungen von VTI und UGN haben ergeben, dass sich durch Beimischung unterschiedlicher Zusatzkomponenten die Filterwirkung noch steigern bzw. auf bestimmte Gasbestandteile, insbesondere Schwefelwasserstoff, anpassen lässt. Die Filterwirkung beruht dann auf einer Kombination von chemischen und mikrobiologischen Vorgängen, wobei sich die Filtergranulate zum Teil wieder regenerieren, d. h. die Beladung durch die Mikroorganismen in umwelttechnisch unbedenkliche Stoffe umwandeln.

Die Anmeldung gemeinsamer Patente ist gegenwärtig in Arbeit.

Einsatz von sensorgestützten Sortiersystemen bei der Aufbereitung fester Abfallstoffe

Dipl.-Ing. Dirk. Killmann und Prof. Dr. Thomas Pretz

RWTH Aachen, IFA

Im Hinblick auf einen technischen Sortierprozess in der Haus- und Gewerbeabfallaufbereitung ist es in erster Linie bedeutend, dass es sich bei Abfall um ein heterogenes Gemisch von festen Stoffen handelt. Die verschiedenen Stoffe haben in unterschiedlichem Maß divergente, individuelle Eigenschaften und liegen als Einzelstücke oder Verbunde vor. Im Hinblick auf die Wiederverwertung und die Schadstoffentfrachtung aufzubereitender Stoffströme sind insbesondere die enthaltenen Wertstoffe oder Störstoffe anzureichern. Nach einer Zerkleinerung zur Auftrennung von Verbunden und Konditionierung des Abfalls werden für eine technische Trennung die unterschiedlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften der Einzelstücke genutzt. Bei Aggregaten der klassischen Aufbereitung sind dies etwa Magnetisierbarkeit, Korngröße oder Dichte. Farbe, Topologie oder elementare Zusammensetzung können bei diesen Aggregaten nicht als Sortierkriterium verwendet werden. Als Ergänzung zur klassischen Aufbereitung haben sich in den letzten Jahren Systeme nach dem Prinzip der sensorgestützten Sortierung zur Trennung von Abfällen etabliert, durch die sich bisher ungelöste Herausforderungen bewältigen lassen.

Ein Aggregat zur sensorgestützten Sortierung besteht aus den drei Modulen Vereinzelung, Sensorik und Austrageinheit. Der zunächst im Kornband von 10 mm bis 150 mm vorklassierte und aufgeschlossene Materialstrom wird idealerweise so vereinzelt, dass alle enthaltenen Einzelstücke nebeneinander und von einem schmalen Freiraum umsäumt auf einem Förderaggregat liegen. Hierdurch wird sichergestellt, dass jedes Einzelstück von der Sensorik erfasst werden kann. Von Schurre oder Förderband bewegt gelangt der Stoffstrom mit einer Geschwindigkeit von bis zu 3 m/s in das Sensorfeld. Von einem Emitter wird Strahlung eines definierten Spektrums in Richtung der Einzelstücke ausgesandt und von ihnen beeinflusst. Die Veränderung der Strahlung durch Reflektion, Beugung, Absorption oder Anregung zur Eigenstrahlung wird von einem Detektor gemessen und durch einen Computer ausgewertet. Eine Software bewertet die gemessene Strahlung und teilt jedes Einzelstück einer vordefinierten Klasse zu. Nach dem Sensorfeld durchläuft der Stoffstrom die Austrageinheit, in der üblicherweise vom Computer angesteuerte Druckluftdüsen die eigentliche Trennung in zwei oder mehr Stoffklassen durchführen.

Die Einsatzgebiete der sensorgestützten Sortierung sind vielfältig, und werden nach der Art des verwendeten Spektrums und der Ausrichtung von Emitter und Detektor zueinander unterschieden. Bereits flächendeckend im Einsatz befinden sich Sortierer im und nahe des sichtbaren Spektralbereich. Angelehnt an die Kläubung von Hand, bei der das menschliche Auge als „Sensor“ den Spektralbereich vorgibt, trennten die ersten sensorgestützten Sortiermaschinen die Einzelstücke nach Farbe und Form. Mittlerweile werden durch die Betrachtung angrenzender, nicht sichtbarer Spektralbereiche die Einsatzgebiete beim Recycling stark erweitert. So lassen sich durch den Einsatz von Nahinfrarottechnik mäßig verschmutzte Kunststoffe beim Verpackungsrecycling voneinander unterscheiden, trennen und sorterein wiedergewinnen. Bei der Produktion von Ersatzbrennstoffen wird die gleiche Technik

eingesetzt, um bei der späteren Verbrennung störende, chlorhaltige Kunststoffe abzutrennen. Holz als Sekundärrohstoff kann erst durch die Verwendung von Nahinfrarotspektroskopie in einem Gemisch von Sperrmüll eindeutig erkannt und angereichert werden. Durch den Einsatz von modernen Röntgendetektoren ist es möglich, einen Abfallstrom nach Dichte und einzelstückspezifischen Elementhäufigkeiten zu klassifizieren. Denkbar ist eine Abtrennung von verchromten oder nichtmagnetisierbaren Eisenmetallen oder ganzen Elektrokleingeräten, die anhand charakteristischer Absorptionen im Röntgenbereich detektiert werden können. Durch eine Kombination der beschriebenen Sensoren in einem Sortieraggregat werden zusätzliche Möglichkeiten zur eindeutigen Erfassung geschaffen, die ohne „Multisensorik“ nicht denkbar wären.

Bereits in der Entwicklung und nahe der Serienreife sind sensorgestützte Sortiersysteme, mit denen im Zusammenspiel unterschiedlicher Sensoren eine Bestimmung der elementaren Zusammensetzung jedes Einzelstücks auf atomarer Ebene realisiert werden kann. Nach Erkennung von Lage und Größe im sichtbaren Spektralbereich können mittels LIBS (Laser induzierter Plasma Spektroskopie) oder LIF (Laser induzierte Fluoreszenz) Rückschlüsse auf deren chemische Zusammensetzung gezogen werden. Mit dem Einsatz dieser Technologien wird eine sichere Trennung von Metalllegierungen oder technischen Kunststoffen nach ihren elementaren Bestandteilen denkbar.

Der Vortrag zeigt eine Übersicht der verfügbaren Sensortechnologien mit praktischen Beispielen. Dabei wird insbesondere auf die Potentiale und Grenzen der sensorgestützten Sortierung und den aktuellen Stand der Forschung eingegangen.

Recycling mit Hilfe von RFID-Systemen

**Prof. Dr.-Ing. Jürgen I. Schoenherr, Dipl.-Ing. Markus Reichmann,
Dipl.-Ing. Toni Baloun, Prof. Dr.-Ing. Michael Zocher**

Hochschule Zittau/Görlitz, MVSR-Forschungslabor

Prof. Dr.-Ing. habil. Gert Schubert

TU Bergakademie Freiberg, Institut für MVT&AT

In nahezu allen Bereichen der Distributionslogistik sind additive Informationssysteme anzutreffen. Die altbewährten optischen Identifikationssysteme, denen die Barcodes und die Klarschriftetiketten zugehören, sind offensichtlich an die Grenzen ihrer Einsatzmöglichkeiten gestoßen. Neue RFID-basierte Systeme (Radio Frequency Identification) drängen auf den Markt und weisen ein gegenwärtig noch nicht eingrenzbares Potenzial an Einsatzmöglichkeiten auf. Mit Hilfe von Transpondern (sog. „Smart Label“ oder „ID-Tag“) wird das elektronische Identifizieren von Objekten ohne Lageorientierung, ohne direkte Sichtverbindung sowie durch nichtmetallische Materialien hindurch möglich. Hiermit können größere Datenmengen zur Produktcharakterisierung hinterlegt und abgefragt bzw. zum Sortieren verwendet werden. Auch die gezielte Veränderung der Daten über den Lebenszyklus des Produktes ist möglich. Angesichts dieser Tatsachen, erscheint die Nutzung derartiger additiver Informationssysteme auch beim Recycling von Abfällen als sinnvoll. Die komplexen Informationen des einmal am Produkt oder an einzelnen Baugruppen des Produkts angebrachten Transponders können dabei als Trennmerkmal für die jeweiligen Baugruppen oder Abfallprodukte (nach)genutzt werden. In Kombination mit einem klassischen Aufbereiten und Sortieren sind somit das Erzeugen typenreiner Recyclate und damit das Verwirklichen einer qualitativ hochwertigen Stoffkreislaufwirtschaft erstmalig und nachhaltig möglich.

Die Untersuchungen zur Nutzung von Transpondern beim Kunststoffabfallsortieren haben gezeigt, dass derartige Systeme das grundsätzliche Potenzial für eine effiziente Verwendung beim Produktrecycling besitzen. Es konnte der Nachweis der generellen Nutzung für einfache Stoffsysteme mit geringen Durchsätzen (100%ige Detektionsrate bei einer Bandgeschwindigkeit von 0,6 m/s) erbracht werden.

Entwicklung neuer Technologien zur Sortierung von feinkörnigen Stoffsystemen durch Biokoagulation

Prof. Dr.-Ing. Halit Z. Kuyumcu, Dr. Jana Pinka

Technische Universität Berlin Fakultät III - Institut für Verfahrenstechnik,
Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitung

Dr. Franz Glombitza

G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH Freiberg

In Sortierprozessen werden disperse Feststoffsysteme mit unterschiedlichen stofflichen Zusammensetzungen in Fraktionen (Produkte) getrennt. Alle bisher technisch relevanten Sortierprozesse, wie die Dichtesortierung, Sortierung in Magnetfeldern und elektrischen Feldern, Flotation etc., können im Partikelgrößenbereich $< 10 \mu\text{m}$ nicht effektiv eingesetzt werden. Darüber hinaus wächst der Bedarf an Sortiertechniken für Feststoffsysteme im Mikro- und Submikrobereich. Die Lösung dieser Aufgaben erfordert die Anwendung völlig andersartiger Sortierprinzipien.

Die Erforschung der selektiven Koagulation von Mikroorganismen und Feststoffpartikeln ist hierbei von großem Interesse. Im Projekt „Biokoagulation“, das durch die Europäische Union im Rahmen des Integrierten Projektes „Biotechnology for Metal bearing materials in Europe“ – kurz „BioMinE – seit November 2004 gefördert wird, werden Wechselwirkungen zwischen der belebten und unbelebten Materie ausgenutzt, um einen neuartigen Trennprozess zu entwickeln.

Das Projekt wird in drei Etappen erarbeitet: Im ersten Schritt sollen die Mikroorganismen ausgewählt werden, die in der Lage sind, Feststoffpartikel an ihrer Zellwand anzulagern. Diese Mikroorganismen sollten neben dieser Fähigkeit, vor allem nicht genetisch bedenklich und einfach kultivierbar sein. Der Prozess soll partikelselektiv stattfinden.

Nach erfolgreichem Abschluss der ersten Phase schließen sich die Phasen zwei und drei an. Das sind der eigentliche Sortierprozess mit dem

- Abtrennen der Koagulate von der Restsuspension
- Auflösen und Suspendieren der Koagulate

und ein Waschprozess zum

- Abtrennen der Mikroorganismen von den Feststoffpartikeln
- selektive Gewinnung von Sortierprodukten und die eventuelle Rückführung der Mikroorganismen in den Prozess der „Biokoagulation“.

Im ersten Schritt wurden mit den Hefen *Saccharomyces cerevisiae* bzw. *Yarrowia lipolytica* und mit verschiedenen sulfidischen Mineralen positive Ergebnisse erzielt. Die Selektivität der Koagulatbildung wurde nachgewiesen. Für die *Yarrowia lipolytica* wurde beobachtet, dass die Hefe verstärkt Hyphen (Fäden von Einzelzellen) bildete, an deren Oberflächen Partikel angelagert wurden, währenddessen für die *Saccharomyces cerevisiae* die Minerale an Einzelzellen anhafteten, um dann wiederum untereinander größere Aggregate zu bilden. Die Versuchsbedingungen wurden durch Zetapotentialmessungen und die Ermittlung des isoelektrischen Punktes optimiert, wobei sich die Zetapotentialmessung an Koagulaten als ein zu lösendes Problem herausgestellt hat.

Für die jetzt begonnene eigentliche Sortierung, den zweiten Schritt der Technologieentwicklung, wurde als Methode die Flotation ausgewählt. Dazu wurde ein 5 Liter – Fermenter, in dem die Hefen angezüchtet werden, und eine Flotationssäule miteinander gekoppelt. Als Flotationsverfahren wird zuerst die Druckentspannungsflotation angewendet.

Aufbereitung von Eisenhydroxisulfaten aus der mikrobiologischen Oxidation von Eisenhydroxidschlämmen mit Hilfe von Mikrowellentechnik

Dr.-Ing. Jan Rosenkranz, Dipl.-Ing. Stefan Wilck und Prof. Dr.-Ing. Halit Z. Kuyumcu

Technische Universität Berlin Fakultät III - Institut für Verfahrenstechnik
Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitung

Mit der Entwicklung neuer mikrobiologischer Oxidationsverfahren zur Behandlung von Eisenhydroxidschlämmen aus eisenhaltigen Grubenwässern ergeben sich erstmalig realistische Chancen, die bei der Grubenwasserreinigung anfallenden eisenhaltigen Schlämme einer stofflichen Verwertung zuzuführen.

Nach der Überführung von Fe(II) zu Fe(III) und der damit gekoppelten Ausfällung von Schwertmannit (Eisenhydroxisulfat EHS) sind weiterführend Aufgabenstellungen im Hinblick auf die Produktaufbereitung und –veredelung zu bearbeiten. So ist für viele potenzielle Anwendungen, beispielsweise in der keramischen Industrie, eine vorherige Abtrennung des Sulfates erforderlich. Hierbei stellt die Mikrowellentechnik eine sehr vorteilhafte Methode zur Entwässerung und Sulfatabtrennung der Eisenhydroxisulfate dar.

Im Gegensatz zu allen anderen Erwärmungsverfahren erfolgt die Energiezufuhr bei der Bestrahlung mit Mikrowellen nicht über die Oberfläche, sondern direkt im Inneren eines Stoffes durch die Dissipation elektromagnetischer Energie. Der gezielte Energieeintrag und die gute Regelbarkeit von Mikrowellenapparaturen sind Vorteile, die zu einem Einsatz dieser Technologie in verschiedensten Industriezweigen geführt haben. Neben der breiten Nutzung zur Trocknung von temperaturempfindlichen, chemischen und pharmazeutischen Produkten sowie von Lebensmitteln steigt die Zahl der Anwendungen auch in der Aufbereitung von Roh- und Reststoffen.

Am Fachgebiet Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitung der Technischen Universität Berlin wird derzeit im Rahmen eines BMBF-Verbundprojektes der Einsatz der Mikrowellentechnik für die Behandlung der Eisenhydroxisulfate systematisch untersucht. In dem Beitrag wird über erste Versuchsergebnisse zur erzielten Stoffwandlung (Reduzierung des Wassergehaltes, Reduzierung des Sulfatanteils) in Abhängigkeit relevanter Prozessparameter (spez. Energieeintrag, Behandlungsdauer u.a.) für unterschiedlich konditionierte Schlämme berichtet.

Rückgewinnung und Verwertung hydraulischer Bindemittel aus Betonabbruch

Dr. Kai-Uwe Niedersen, Prof. Dr.-Ing. Winfried Malorny

Hochschule Neubrandenburg, FB Bauingenieur- und Vermessungswesen,
Fachgebiet Baustoffkunde, Bautenschutz/Sanierungsbaustoffe, Bauphysik

In der Praxis des Rückbaus fallen derzeit in Deutschland jährlich mehrere zehn Millionen Tonnen Abbruchbeton an, die einer wirtschaftlich sinnvollen und ökologisch vertretbaren Verwertung zuzuführen sind. Bisher übliche Einsatzfelder für aufbereiteten Altbeton sind der Straßen- und Wegebau als auch der Hochbau, wo RC-Material als Substitut natürlicher Ressourcen z.B. in Trag- und Frostschutzschichten sowie als Sekundärzuschlag für Beton Verwendung findet.

Bislang unzureichend geklärt sind Verwertungsmöglichkeiten der im Zuge der mechanischen Aufbereitung von Betonabbruch zwangsläufig entstehenden Brechsande.

Betonbrechsand, der in Fraktionen von 0 bis zu 8 mm einen erheblichen Anteil an den aufbereiteten Betonbruchmengen ausmacht, zeichnet sich durch einen überproportionalen Anteil an dem im Altbeton als Bindemittel enthaltenen Zementstein aus.

Aufgrund der Vorgaben der gültigen Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzgebung sowie der zu erwartenden Wertschöpfung wurde die Entwicklung und Erprobung eines Verfahrens zur Rückgewinnung und Verwertung der hydraulischen Bindemittel aus Baureststoffen vorangetrieben. Das dabei entwickelte Niedertemperaturverfahren umfasst die Trocknung, die selektive Zerkleinerung, die Abtrennung der bindemittelreichen Kornfraktion sowie eine thermische Behandlung des als Verfahrensinput dienenden Betonbrechsandes. Im Ergebnis dieses Verfahrens wird ein hydraulisch erhärtender RC-Zement erhalten der bezüglich seiner Festigkeitsentwicklung und seiner Festigkeit einem Portlandzement vergleichbare Eigenschaften besitzt, dennoch anwendungsbezogen spezifische und vorteilhafte Eigenschaften aufweist, die von Normzementen nicht erbracht werden.

Dispergierung und Klassierung Si-SiC-Feinstschlamm zum Recycling der Wertkomponenten

Dipl.-Ing. (FH) Michael Rutz und Prof. Dr. Hanspeter Heegn

UVR-FIA GmbH Freiberg

Bei der Herstellung von polykristallinen Silizium-Wafern fallen durch den Sägeprozess der Siliziumblöcke mit Drahtsägen in einer Siliziumcarbid/Polyethylenglycol-Suspension zu Wafern erhebliche Mengen an verbrauchter Suspension an, die aus dem Sägekreislauf ausgeschleust werden muss.

In einem bereits bestehenden und patentierten Recyclingverfahren erfolgt die Rückgewinnung der Wertkomponenten Polyethylenglykol und Siliziumcarbid zum erneuten Einsatz im Wafer-Schneidprozess, wohingegen der Siliziumabrieb, verunreinigt mit feinem Siliziumcarbid, Eisen, Kupfer und Zink, keine Beachtung findet.

Ziel des vorgestellten BMBF-Forschungsvorhabens ist die Rückgewinnung von Solar-Grade-Silizium aus den verunreinigten Feinschlämmen zum direkten Wiedereinsatz in der Photovoltaik-Industrie. Zur Realisierung des Projektes steht dabei ein kompetenter Projektverbund zur Verfügung, der, bestehend aus der ACCUREC Batterie Recycling GmbH, dem IME der RWTH Aachen und der UVR-FIA GmbH, die Bereiche der mechanischen, thermischen und chemischen Verfahrenstechnik zu großen Teilen abdeckt.

Das mehrstufig angelegte Recyclingverfahren beinhaltet zunächst die Abtrennung des Polyethylenglykols aus den Schleifschlämmen. Anschließend erfolgt eine Dispergierung des Materials in wässriger Suspension unter Verwendung von Ultraschall, woran sich Verfahren zur Trennung von Silizium und Siliziumcarbid anschließen, um den Siliziumcarbid-Gehalt für die pyrometallurgische Nachbehandlung zu senken. Ein großes Problem in diesem Zusammenhang stellt ebenfalls die Tatsache dar, dass Eisenabrieb aus dem Sägeprozess die Rückgewinnung des Siliziums erschwert und eine präventive Abtrennung somit unumgänglich macht. Die Reinigung des Siliziumkonzentrats auf Solar-Grade-Silizium-Qualität erfolgt in der letzten Stufe metallurgisch.

Ein Bearbeitungsschwerpunkt der UVR-FIA GmbH stellt dabei das Sedimentationsverhalten von Si/SiC-Suspensionen dar, welches zunächst im Schwerfeld unter idealisierten Bedingungen untersucht wurde. Verwendung fand dabei ein sich nach unten verjüngender Kegelstumpf folgender Geometrie:

Sedimentationsgefäß

- oberer Durchmesser: 500 mm
- unterer Durchmesser: 54 mm
- Sedimentationshöhe: 650 mm
- Konuswinkel: 20 °
- Volumen: 47,6 l



Die Versuche wurden mit einer Feststoffmassekonzentration von 2 % unter Variation des pH-Wertes und mit oder ohne Zusatz eines Dispergators durchgeführt. Die Vorbehandlung des verwendeten Schleifschlammes erfolgte durch zweistufige Deagglomerierung in Backenbrecher und Stiftmühle, wonach eine intensive Dispergierung mit einem Ultra-Turrax in wässrigem Medium stattfand. Nach definierten Sedimentationszeiten wurden Sedimentproben aus dem unteren Teil des Kegelstumpfes entnommen und bezüglich Feststoffanteil, Partikelgrößenverteilung und chemischer Zusammensetzung untersucht.

In Abhängigkeit von verschiedenen Versuchsparametern konnte sowohl Einzelteilchensedimentation als auch Zonensedimentation beobachtet werden. Es zeigte sich, dass ausschließlich die Einzelteilchensedimentation zur Trennung von Silizium und Siliziumcarbid führt, da sich eine Trennung nach der Partikelgröße einstellte, die zur Anreicherung des Siliziumcarbids in den Grobfractionen und des Siliziums in den Feinfraktionen führte. Die Zonensedimentation dagegen ergab in Abhängigkeit verschiedener Sedimentationszeiten keine Anreicherung der Komponenten Silizium und Siliziumcarbid.

Als Ergebnis steht die Feststellung, dass eine Klassierung der Feinschlämme in ein Silizium- und ein Siliziumcarbidkonzentrat möglich ist. Aus einem Siliziumkonzentrat mit einem Siliziumcarbidgehalt unter 10 % kann eine schmelzflüssige Phase hergestellt werden, welche die Voraussetzung für die Gewinnung von Solar-Grade-Silizium darstellt.

Abgeleitet aus den Sedimentationsversuchen im Schwerfeld werden Versuche mit Zentrifugentechnik im Labormaßstab und halbtechnischen Maßstab durchgeführt, um die kontinuierliche Gewinnung des Siliziumkonzentrats in größeren Mengen zu erproben und anlagenspezifische Parameter zu ermitteln.

Poster**Freisetzen von Nukliden aus Betonoberflächen und deren
Konditionierung in eine Glasmatrix**

Dipl.-Ing. Regine Wolf, Prof. Dr. rer. nat. Jürgen Knorr, Dr.-Ing. habil. Wolfgang Lippmann, Dr.-Ing. Anne-Maria Reinecke und Dipl.-Ing. Roland Rasper

(TU Dresden, Institut für Energietechnik, Professur Kernenergietechnik)

Beim Rückbau von Kernkraftwerken ist eine großflächige Dekontamination radioaktiv belasteter Betonoberflächen erforderlich, die mit der Entstehung beachtlicher Mengen radioaktiver Abfallstoffe verbunden ist. Das vom BMBF geförderte Forschungsprojekt beinhaltet Arbeiten zum kombinierten Abtragen von mit den Nukliden Cäsium, Strontium und Cobalt kontaminierten Betonoberflächen mittels Laserstrahlung bei gleichzeitiger Konditionierung der Abprodukte. Die Konditionierung erfolgt durch Einschmelzen der radioaktiv belasteten Partikeln in die glasartige Schmelzmatrix des Betons.

Problematisch bei diesem Verfahren ist, dass das Nuklid Cäsium einen Siedepunkt von 705 °C aufweist und demzufolge bei der Laserablation aus dem Beton verdampfen kann, womit eine Sekundärkontamination der Absauganlagen verbunden ist. Deshalb wurden Tests zum Entbindungsverhalten von Cäsium aus Betonen mit unterschiedlichen Zuschlagstoffen mit Hilfe einer Kältefalle bei Temperaturen von 500 bis 1200 °C durchgeführt.

Die Ergebnisse zeigen, dass das Entbindungsverhalten wesentlich durch den Zuschlagstoff des Betons beeinflusst wird. Während quarzithaltiger Beton bis zu Temperaturen von 1000 °C nur geringe Cs-Mengen entbindet, wird das Cäsium aus Calcitbeton bereits ab ca. 500 °C mit den Reaktionsgasen der Dolomitzersetzung und der Kalkentsäuerung ausgetragen. Außerdem bildet sich bei Calcitbeton beim Erhitzen kaum Schmelzphase durch die Zementmatrix, so dass bei calcit- und dolomithaltigen Betonen die Laserablation von radioaktiv kontaminiertem Beton mit einer Konditionierung in eine Glasmatrix verbunden werden muss. Dabei sollten die Eigenschaften des Glases (Erweichungstemperatur, lineare Wärmedehnung, chemische Zusammensetzung) so gewählt werden, dass das ausgetragene Cäsium in der Glasmatrix rissfrei fixiert wird.

Damit steht ein Verfahren zur Dekontamination silikatischer Oberflächen zur Verfügung, bei dem durch ein selektives Abscheiden der bei der Laserabscheidung ionisierten radioaktiv kontaminierten Partikeln an einer Kältefalle und das Fixieren der Restkontamination in einer Glasmatrix auf der Betonoberfläche keine bzw. nur geringe Mengen an Sekundärabfall entstehen.

Recycling of EAF dust by semi-continuous high kinetic process

H. Zoz¹⁻², G. Kaupp³, H. Ren¹, K. Goepel⁴, M. R. Naimi-Jamal³

¹ Zoz GmbH, D-57482 Wenden, Germany

² IPN, National Polytechnic Institute, Mexico City, DF 07300, Mexico

³ University of Oldenburg, D-26111 Oldenburg, Germany

⁴ Relux Entsorgung, D-32549 Bad Oeynhausen, Germany

The horizontal high energy rotor ball mill (Simoloyer®) is used to break and activate dry solids. It is used for dry-milling and in the vertical mount for wet-milling in leaching processes. Technical electric arc furnace (EAF) dust with high contents of zinc oxide, zinc ferrite and magnetite is efficiently separated by ambient temperature leaching. The process shows promise for industrial application

Electric arc furnace (EAF) dust is being generated as waste product from the process of steel manufacturing and super large volumes of EAF dust are produced in every industrialized country. The record for Germany in 1996 gave about 199,577 tons of EAF dust and for US 768,639 tons. EAF dust causes environmental problems and requires special care for handling and final disposal.

The present paper describes initial activation tests where a laboratory scale (2l) High-Energy-(ball)-Mill (Simoloyer) was used to activate the EAF dust leaching. This new method is expected to lead to an economic and environmentally friendly way of recycling and decontaminating of EAF dust and furthermore, to extract useful materials from the dust.

The dust from the electric arc furnace was treated by a horizontal rotor high energy ball mill, the Simoloyer. During this High Energy Milling (HEM) process on the one hand the particle size of EAF dust was reduced down to about 1 μm , and on the other hand the as-milled EAF dust was highly activated due to a strong mechanical impact from the fast flying milling balls (up to 14 m/s), e. g. deformation, breaking and cold welding of the powder, which caused a lot of structure defects of EAF dust and leads to an increased activity of the dust.

The leaching process was then performed with the same mill, but in the vertical mount and under wet condition. The vessel was filled with the balls, the substrate and the leaching solution. The rotor speed was the same as in the dry-milling. The solids and solutions were separated by centrifugation. Clearly, the HEM process could also be carried out continuously for large scale production.

A dry EAF dust sample of Georgsmarienhütte (grain size ca. 5 μm) contained 33.4% Zn, 27.5% Fe and 1.5% Pb according to Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) (HNO_3 pressure decomposition). Further constituents are minor quantities of light and heavy atom oxides and silicates.

We have shown that efficient wet-milling with the large scale vertical Simoloyer ball mill is feasible for industrial-scale leaching and that the leaching reagents have to be carefully selected. Clearly, for leaching zinc ferrite in matrices that are higher in Fe_3O_4 content, different leaching reagents will have to be developed that do not have the disadvantages of the known reductive, acidic (hot acid), and metal ion exchange (by FeSO_4 or FeCl_3) techniques which are available from the (patent) literature. Clearly, the leaching with the vertical Simoloyer will be usable for other hydrometallurgical leaching processes, in combination with horizontal dry-milling for selective leaching of ores at low temperatures. These low cost processes are environmentally friendly.

High Performance Cements and Advanced Ordinary Portland Cement Manufacturing by HEM-Refinement

H. Zoz¹⁻³, D. Jaramillo V.², Z. Tian³, B. Trindade⁴, H. Ren¹, O. Chimal-V⁵ and S. Diaz de la Torre⁵

¹ Zoz GmbH, D-57482 Wenden, Germany

² ESQIE, National Polytechnic Inst., Mexico City, DF 07300, Mexico

³ CISRI, Powder Metall. & Envir. Techn., Beijing 100081, P.R. China

⁴ FCTUC - University of Coimbra, P-3030 Coimbra, Portugal

⁵ Adv. Mater. Res. Center CIMAV S.C., Chihuahua CP 31109, Mexico

Since ancient times, cement has been used as binder material to form concrete structures. Today, Ordinary Portland Cement (OPC) is a super large volume product with thousands of monthly produced tons all over the world. OPC has a particle size distribution (PSD) where 90 % of total particles correspond to 50 μm , disclosing an onset setting time of 2 to 3 hours. Depending on its chemical composition OPC might attain 320 kg^f/cm^2 of compressive strength after 28 days curing. The conventional firing temperature is today about 1450°C.

In this paper we suggest to apply High Energy Milling (HEM) as an innovative processing technique for the commercial production of superfine High Performance Portland Cement (HPPC) in short term range. As an almost natural consequence, then in long term range, this technique should be applied also for the manufacturing of OPC at lower energy consumption and then at finer structure as well.

For the preliminary studies, a laboratory scale high energy mill (Simoloyer CM01-2I) was used. The vessel of grinding unit was lined with Si_3N_4 and the rotor is built up by restorable Si_3N_4 -bulk-blades. The wear resistance of the ceramic grinding units was tested by the milling tests. In the preliminary studies, 3 main parameters (time, rotor velocity and powder/ball ratio) have been investigated. The processing time has been varied between 30 and 150 minutes at different powder/ball weight ratios from 1:20 to 1:40. The as-received (initial) and the as milled powders were characterized by laser diffraction (PSD), XRD, BET and optical microscopy.

The results show that the refined cement has a much more homogeneous microstructure and very small particle size (D_{50} is given at about 2 μm by PSD) with a few (<10 μm) mediums sized particles below 20 μm size and one large particle in the order of 100 μm . The BET-surface area was found to be 15 m^2/g .

The compressive strength results of conventional OPC from around 94 kg^f/cm^2 after the first day to 320 kg^f/cm^2 after 28 days curing do agree well with typical expected values as reported by the C-109 ASTM standards. The HPPC material achieves a compressive strength of 550 kg^f/cm^2 after the first day and of 1018 kg^f/cm^2 after 28 days. Since the preliminary studies did show a potential, that achievable processing times will be below 30 min and since the experience in the glass-systems did show a cut of processing time of factor 10-50, this seems to open a good chance to achieve final processing times in the range of 1-3 minutes which could then be estimated to a production rate of several tons per day with a single CM100-system. If we then take into account, that Simoloyer-systems are available up to 900 liters size with the potential of further enlargement, then this technique seems to offer the application for the here discussed super large volume product. In any case and from this point of view it will be far capable to produce smaller volumes of High Performance Cement in the range of 10-100 to/day.

Firmenpräsentation Zoz GmbH, D-57482 Wenden, Germany

Die Zoz GmbH ist originär ein reiner Equipment-Hersteller von konventionellen Mahlgeräten zur Zerkleinerung von Feststoffen (Trommelmühlen). Über den Weg offensiver Innovation wurde parallel eine Spezialisierung auf hochkinetische Mahl-Prozesse beschritten, wobei diese gleichzeitig die wesentliche Plattform für den mittlerweile annähernd 50%tigen Anteil des F&E - Volumens im Bereich Werkstoff-Entwicklung im Unternehmen beschreibt. Dieses wiederum spiegelt sich nicht zuletzt in neuen anwendungsorientierten Verfahren und Anlagen dazu wieder, die wir erstens anbieten und zweitens selbst nutzen um in neuen Geschäftsbereichen Pulver-Werkstoffe und seit Anfang 2000 auch PM-Bauteile herzustellen.

Die Symbiose aus Anlagenbau, Werkstoffentwicklung und Werkstoffherstellung unter Verwendung eigener Anlagen führt zu ausgesprochen nutzbringenden prozesstechnischen Lösungen und ökonomisch durchdachten Produkten und Bauteilen.

Firmenpräsentation Retsch Technology GmbH

Firmenpräsentation ETEC Gesellschaft für Technische Keramik mbH, Lohmar:
Alotec® Werkstoffe als Verschleißschutz, Konstruktionskeramik oder Verbundsystem

Firmenpräsentation HAVER & BOECKER Maschinenfabrik Münster**Firmenpräsentation Mogensen GmbH & Co. KG Wedel****Firmenpräsentation GRAINsoft GmbH Freiberg****Firmenpräsentation TerraTec GmbH Stuttgart****Firmenpräsentation Rhewum GmbH Remscheid****Firmenpräsentation UVR-FIA GmbH Freiberg**

Adressen der Autoren der Vortragsstagung "Aufbereitung und Recycling"

Dr.-Ing. Andre Kamptner

UVR-FIA GmbH Freiberg, Chemnitzer Str. 40, 09599 Freiberg, kamptner@uvr-fia.de

Dipl.-Ing. Marko Schmidt, Prof. Dr.-Ing. Georg Unland - Rektor

TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen, 09599 Freiberg, Lampadiusstr. 4, marko.schmidt@iam.tu-freiberg.de, unland@iam.tu-freiberg.de

Dipl.-Ing. Dietmar Alber

Hosokawa Alpine AG, Peter-Doerfler-Str. 13-25, 86199 Augsburg, d.alber@alpine.hosokawa.com

Dipl.-Math. Volker Reinsch

Grainsoft GmbH, Chemnitzer Str. 40, 09599 Freiberg, v.reinsch@grainsoft.de

Dr.-Ing. Wolfgang Schubert, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Tomas

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik, Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg, Wolfgang.Schubert@VST.Uni-Magdeburg.de, juergen.tomas@vst.uni-magdeburg.de

PD Dr.-Ing. habil. Andreas Momber

RWTH Aachen Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik, Brunsstraße 10, 21073 Hamburg, andreas.momber@t-online.de

Dipl.-Ing. Stefanie Dittkuhn, Dipl.-Ing. (FH) Dirk Gering

MikroSort, Mogensen GmbH & Co. KG, Postfach 1149, 22870 Wedel, info@mogensen.de

Prof. Dr. rer. nat. habil. Hanspeter Heegn, Dipl.-Ing. Karen Grandissa

UVR-FIA GmbH Freiberg, Chemnitzer Str. 40, 09599 Freiberg, heegn@uvr-fia.de, grandissa@uvr-fia.de

Dipl.-Ing. Metodi Zlatev

HAVER & BOECKER Geschäftsbereich Aufbereitungstechnik, Carl-Haver-Platz, D-59282 Oelde, d.brinkmann@haverboecker.com

Dr. Andreas Böhm

Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl Aufbereitung und Veredlung, Franz-Josef-Str. 18, A-8700 Leoben, Andreas.Boehm@mu-leoben.at

Dipl.-Ing. Siegfried Kalmbach

Umweltbundesamt, Fachgebiet Sonderabfallentsorgung, Wörlitzer Platz 1, D-06844 Dessau, siegfried.kalmbach@uba.de

Dr. Reiner Weyhe

Accurec GmbH, Wiehagen 12-14, 45472 Mühlheim, reiner.veyhe@accurec.de

Dipl.-Ing. Frank Splittgerber, Dr. Mathias Nüchter

VTI Verfahrenstechnisches Institut für Umwelt und Energie Saalfeld e. V., Wittmannsgereuther Str. 101, 07318 Saalfeld, frank.splittgerber@vti-saalfeld.de

Herbert Zölsmann

UGN Umwelttechnik GmbH Gera, Keplerstr. 20, 07549 Gera, UGN-Gera@t-online.de

Dipl.-Ing. Dirk Killmann, Prof. Dr. Thomas Pretz

RWTH Aachen, Aufbereitung und Recycling fester Abfallstoffe, Wüllnerstr. 2, 52062 Aachen, email@dirk-killmann.de, pretz@ifa.rwth-aachen.de

Prof. Dr.-Ing. Jürgen I. Schoenherr, Dipl.-Ing. Markus Reichmann, Dipl.-Ing. Toni Baloun, Prof. Dr.-Ing. Michael Zocher

Hochschule Zittau/Görlitz, MVSR-Forschungslabor, Th.-Körner-Allee 16, 02763 Zittau, j.schoenherr@hs-zigr.de

Prof. Dr.-Ing. Gerd Schubert

TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik, Agricolastr. 1, 09599 Freiberg
gschubert@mvtat.tu-freiberg.de

Prof. Dr.-Ing. Halit Z. Kuyumcu, Dr. Jana Pinka, Dr. Jan Rosenkranz

Technische Universität Berlin Fakultät III - Institut für Verfahrenstechnik, Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitung, 10623 Berlin, Ernst-Reuter-Platz 1, sekr@aufbereitung.tu-berlin.de, Jan.Rosenkranz@aufbereitung.tu-berlin.de

Dr. Franz Glombitza

G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH Freiberg, 09633 Halsbrücke, GP Schwarze Kiefern, f.glombitza@geosfreiberg.de

Dr. Kai-Uwe Niedersen, Prof. Dr.-Ing. Winfried Malorny

Hochschule Neubrandenburg, Fachbereich Bauingenieur- und Vermessungswesen
Fachgebiet Baustoffkunde, Bautenschutz/Sanierungsbaustoffe, Bauphysik, Brodaer Str. 2, 17033 Neubrandenburg, niedersen@hs-nb.de, malorny@hs-nb.de

Dipl.-Ing. (FH) Michael Rutz, Prof. Dr. rer. nat. habil. Hanspeter Heegn

UVR-FIA GmbH, Chemnitzer Str. 40, 09599 Freiberg, rutz@uvr-fia.de, heegn@uvr-fia.de

Adressen für Poster und Präsentationen**Frau Dipl.-Ing. Regine Wolf**

Technische Universität Dresden, Institut für Energietechnik, Professur Kernenergietechnik, rwolf@metrs1.mw.tu-dresden.de

Prof. Henning Zoz, Frau Dr. Hongming Ren

Zoz GmbH, D-57482 Wenden, Germany, info@zoz.de

Dipl.-Ing. Schmatz, Thomas

Retsch Technology GmbH, Rheinische Straße 43, 42781 Haan, technology@retsch.com

Dipl.-Ing. Bernd Ebertz

ETEC Gesellschaft für Technische Keramik mbH, An der Burg Sülz 17, D-53797 Lohmar, b.ebertz@etec-ceramics.de

Dipl.-Ing. Metodi Zlatev

HAYER & BOECKER Geschäftsbereich Aufbereitungstechnik, Carl-Haver-Platz, D-59282 Oelde, d.brinkmann@haverboecker.com

Dipl.-Ing. Stefanie Dittkuhn, Dipl.-Ing. (FH) Dirk Gering

MikroSort, Mogensen GmbH & Co. KG, Postfach 1149, 22870 Wedel, info@mogensen.de

Dipl.-Math. Volker Reinsch

GRAINsoft GmbH Freiberg, Chemnitzer Str. 40, 09599 Freiberg, v.reinsch@grainssoft.de

Dipl.-Ing. Karl Otto Heber, Dipl.-Ing. Jürgen Schenk

TerraTec GmbH, Bruckwiesenweg 66, 70327 Stuttgart

Dr.-Ing. Ernst-Heinrich Dreßler

RHEWUM; Ingenieurbüro Dr. Kneschke & Dr. Dreßler; Richard-Wagner-Str.13, 09599 Freiberg, info@rhewum.de

Aktuelle Arbeitsgebiete der UVR-FIA GmbH

UVR-FIA GmbH ist eine 1996 erfolgte Ausgründung der eingetragenen Vereine Wissenschaftlich-technische Gesellschaft für Verfahrenstechnik Freiberg - FIA - e.V. (GVT) und Gesellschaft für Umweltverfahrenstechnik und Recycling e.V. (UVR), die Nachfolgeeinrichtungen des ehemaligen Forschungsinstituts für Aufbereitung der Akademie der Wissenschaften der DDR sind. Das 1954 gegründete Forschungsinstitut für Aufbereitung Freiberg war bis zur Abwicklung im Jahre 1991 das führende Zentrum auf dem Gebiet der Aufbereitung von Primär- und Sekundärrohstoffen, von chemischen Produkten und zur Umweltschutztechnik in der DDR und beschäftigte sich mit Grundlagenforschung und angewandter Forschung sowie Dienstleistungen auf diesen Gebieten.

Die UVR-FIA Verfahrensentwicklung-Umweltschutztechnik-Recycling GmbH hat die Schwerpunkte ihrer Arbeit insbesondere in Forschung, Entwicklung, Planung, Beratung, Information und Erbringung von Dienstleistungen aller Art auf den Gebieten der Umwelttechnik und des Umweltschutzes, der Aufbereitung, des Recycling, der Veredlung und der Verarbeitung von Roh-, Bau- und Hilfsstoffen, weiterhin zu verfahrenstechnischen Prozessen einschließlich hierzu angewandter Untersuchungsmethoden und der Charakterisierung von Stoffen.

Die UVR-FIA GmbH verfügt über alle gängigen Ausrüstungen zur Aufbereitung und zum Recycling vom Labormaßstab bis zum technischen Maßstab. Dazu gehören Versuchsausrüstungen zur Grob- und Feinzerkleinerung auch unter Inertbedingungen, zur Sieb-, Hydro- und Aeroklassierung, zur Sortierung nach der Dichte, nach Grenzflächeneigenschaften (Flotation), nach magnetischen und elektrischen Eigenschaften, sowie zum Mischen, Granulieren und Entwässern (Membrantechniken, Elektrodialyse, Mikrofiltration). Die vorhandene Technik wird an die konkrete Aufgabenstellung angepasst und bei Bedarf durch Mietausrüstungen ergänzt.

Laboratorien zur Stoffcharakterisierung durch chemische Analytik, Röntgen-diffraktometrie mit Hochtemperaturkammer, Thermoanalyse, Lasergranulometrie, BET-Messtechnik, Porosimetrie u. a. stehen zur Verfügung.

Neben der Bearbeitung von Projekten, die von BMBF, BMWI, Bundesumweltstiftung und anderen Projektträgern gefördert werden, bestehen eine Vielzahl von Industriebeziehungen, so dass ein Großteil der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten direkt von der Industrie finanziert wird.

Vorankündigung der Jahrestagung 2007

Die nächste Vortragsveranstaltung unter dem Leitthema:

Aufbereitung und Recycling

findet voraussichtlich am 7. und 8. November 2007

im GIZEF Freiberg statt.

Terminplan

- | | |
|----------------------|--|
| Ende April 2007: | Einladung mit der Aufforderung zur Voranmeldung und zur aktiven Teilnahme mit Vorträgen |
| Ende Juli 2007: | Registrierung der Voranmeldungen und Fertigstellung des Tagungsprogramms |
| Ende August 2007: | Versand der Einladung mit Tagungsprogramm und der Anmeldung für Poster und Präsentationen |
| Ende September 2007: | Schlusstermin der Einreichung der Vortragskurzfassungen |

Es sind wieder mündliche Vorträge, Poster- und Firmenpräsentationen vorgesehen.

Veranstalter:

Gesellschaft für Umweltverfahrenstechnik und Recycling e.V. Freiberg - UVR

und

Wiss.- techn. Gesellschaft für Verfahrenstechnik Freiberg - FIA - e.V.

Tagungsorganisation:

UVR-FIA GmbH
Prof. Dr. rer. nat. habil. Hanspeter Heegn
Chemnitzer Str. 40
09599 Freiberg
Telefon 03731 797 249
Fax 03731 797 203
e-mail: info@uvr-fia.de
internet: www.uvr-fia.de