

Aufbereitung und Recycling

10. und 11. November 2004

Freiberg

Veranstalter:

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

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

Gesellschaft für Aufbereitungstechnik und Recycling e.V. Freiberg - GAR

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

Vortragsprogramm

Tagung Aufbereitung und Recycling am 10. und 11. November 2004

"50. Jahrestag der Gründung des Forschungsinstituts für Aufbereitung"

Mittwoch 10. November 2004

11.00 Eröffnung

11.05 Wille, G. (Industrieabfall-Koordinierungsstelle Sachsen, Innovation Kreislaufwirtschaft Sachsen e.V., Dresden): Effekte der abfallwirtschaftlichen Branchenarbeit in Sachsen als Ergebnis gemeinsamer Anstrengungen

11.35 Rasemann, W.; Müller, H. (IQS Freiberg): Vom Fachausschuss für Probenahme zum Institut für Qualitätssicherung von Stoffsystemen

12.05 Segebade, C. (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Berlin); **Bode, B.** (IRI, Delft University of Technology); **Görner, W.** (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Berlin): Das Problem der großen Mengen - Die Charakterisierung von großen Materialmengen im Aufbereitungs- und Recyclingprozess von Elektronikschrott

12.35 Schade-Dannewitz, S.; Armbrecht, A. (FH Nordhausen, Studiengang Flächen- und Stoffrecycling): Untersuchungen zur mechanisch-biologischen Behandlung Nordthüringer Restabfälle

13.05-14.00 Mittagspause, Posterausstellung

14.00 Husemann, K.; Mütze, T. (TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik): Geschwindigkeitseinfluss bei Gutbettbeanspruchung

14.30 Rutz, M.; Heegn, H. (UVR-FIA GmbH Freiberg): Ultraschallverfahren in Technologien zur Herstellung von Funktionskeramik

15.00 Aman, S.; Tomas, J. (Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Verfahrenstechnik): On-line Monitoring von Änderungen der Partikelstruktur während der Nasszerkleinerung in der Rührwerksmühle

15.30 Golyk, V.; Dück, J.; Neeße, Th. (Lehrstuhl für Umweltverfahrenstechnik und Recycling, Universität Erlangen-Nürnberg): Luftkern im Hydrozyklon als Indikator für dessen Betriebszustände

16.00-16.30 Kaffeepause

16.30 Uhlig, D. (GVT FIA-e.V. Freiberg): Forschung und Entwicklung im ehemaligen Forschungsinstitut für Aufbereitung

17.15 Bernhardt, C. (Freiberg): Partikelgrößenmessung - einst und jetzt

17.45 Cichos, Ch.; Scheibe, W. (UVR-FIA GmbH Freiberg): Aktuelle Arbeitsgebiete der UVR-FIA GmbH

18.30 Gesellige Abendveranstaltung der Tagungsteilnehmer

Donnerstag 11. November 2004

9.00 Gorzitzke, W. (Hochschule Anhalt - FH, Lehrgebiet Mechanische Verfahrenstechnik, Köthen): Ein neues Verfahrensprinzip für die Nassreinigung von Schwermineralen aus Sanddünen

9.30 Pretz, T.; Khoury, A. (RWTH Aachen, Institut für Aufbereitung und Recycling fester Abfallstoffe): Technologien für die Schlacken- / Rostaschenaufbereitung

10.00 Olwig, R.; Juhnke, M.; Weichert, R. (Institut für Mechanische Verfahrenstechnik, TU Clausthal): Kraft-Verformungsverhalten von Polypropylen bei hohen Verformungsgeschwindigkeiten und unterschiedlichen Temperaturen

10.30-11.00 Pause

11.00 Schubert, W.; Khanal, M.; Tomas, J. (Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Verfahrenstechnik): DEM-Computersimulation von Aufbereitungsmaschinen

11.30 Löwe, J. (SBM Wageneder GmbH, Laakirchen, Österreich): Von der Sandherstellung zur effektiven Edelsplittproduktion - neue Einsatzgebiete der Sandprallmühle

12.00 Dreßler, E.-H. (Ingenieurbüro Dr. Kneschke & Dr. Dreßler, Freiberg); **Coppers, M.** (RHEWUM GmbH Remscheid): Mehr-Deck-Siebmaschinen für die Erzeugung von vielen Fraktionen

12.30 Künzel, W.; Henning, K. (ARUM Ingenieurbüro, Aalen und Hermsdorf): Wirkungsmechanismen und erzielbare Mahlergebnisse von Rohr-, Ringtrog- und Lineartrogsschwingmühlen - Hinweise zu Technik und Einsatz der Schwingmühlen in der Produktion

13.00-14.00 Mittagspause, Posterausstellung und Mitgliederversammlung von GAR e.V.

14.00 Giese, L.B.; Segebade, Ch.; Weimann, K. (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Berlin): Aufbereitung und Recycling von Photovoltaik CdTe-Dünnschichtmodulen - EU-Life-Environment Demonstrationsvorhaben RESOLVED

14.30 Rosenkranz, J.; Kuyumcu, H.Z. (TU Berlin, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitung): Untersuchungen zur Kompaktierung von Steinkohlen durch Stampfen

15.00 Göll, G.; Knöbel, H. (Sachsenfeuerwerk GmbH Freiberg); **Espig, D.** (Technologieberatung Freiberg): Einfluss von Korngröße und Korngrößenverteilung auf Dichte und Festigkeit von AIM-Tabletten für Airbags

15.30 Wolf, R.; Rasper, R.; Knorr, J.; Lippmann, W.; Reinicke A.-M. (TU Dresden, Institut für Energietechnik, Professur Kernenergietechnik): Oxidische Syntheselote für die Konditionierung radioaktiver Materialien

16.00 Schlusswort

Posterprogramm (Auswahl)
Tagung Aufbereitung und Recycling am 10. und 11. November 2004

Heegn, H.; Kamptner, A. (UVR-FIA GmbH Freiberg): Metallische und keramische Pulvermaterialien für die Beschichtungstechnik

Fankhänel, U. (UVR-FIA GmbH Freiberg); **Hilbert, L.** (Vattenfall Europe AG & Co. KG, KW Lippendorf): Der Hydrozykloneinsatz in der REA-Gips-Abtrennung

Future Energy, Freiberg: Vergasungstechnologie für die Umwandlung von Biomasse in Wasserstoff und andere chemischen Grundstoffe

Wendschuh, I. (Europarts Drochow GmbH): Aufbereitungstechnik für das Buntmetallrecycling

Reinsch, E.; Husemann, K. (TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik); **Heegn, H.** (UVR-FIA GmbH Freiberg): Der Einfluss der Mahlbedingungen und des Energieeintrags auf die Strukturveränderungen beim mechanischen Legieren

Birke, V. (University of Applied Sciences-NE Lower Saxony, Suderburg, Germany); **Aresta, M.** (University of Bari, Department of Chemistry and METEA Research Centre, Bari, Italy): Complete and Defined Mechanochemical Dechlorination of PCBs, Dioxins, Pentachlorophenol, and Pesticides at Room Temperature

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



Effekte der abfallwirtschaftlichen Branchenarbeit in Sachsen als Ergebnis gemeinsamer Anstrengungen

Dr.-Ing. Gert Wille

(Leiter Industrieabfall-Koordinierungsstelle Sachsen,
Vorstandsvorsitzender Innovation & Kreislaufwirtschaft Sachsen e. V.)

Als 1996 die Gründungsprotokolle für die sächsischen Branchenarbeitskreise unterzeichnet wurden, waren sich die Beteiligten [Umweltministerium, Gesundheitswesen, Industrieabfall-Koordinierungsstelle Sachsen] hauptsächlich über das letztendliche Ziel im Klaren: Unterstützung von Beiträgen zur Entwicklung der Kreislaufwirtschaft in diesen Branchen zwecks Nutzbarmachung von Potenzialen der Abfallvermeidung, Abfallverwertung und Schadstoffentfrachtung.

Nach mehreren Jahren gemeinsamer abfallwirtschaftlicher Branchenarbeit lässt sich ein Zwischenstand dokumentieren, der durch quantitative Effekte gekennzeichnet ist. Die nachfolgenden Darstellungen sollen die vielfältigen Möglichkeiten positiver Effekte einer solchen Gemeinschaftsarbeit zeigen, ohne dass diese abschließend zu sehen sind. Diese Effekte sind wiederholbar und nachvollziehbar, sie sind real eingetreten.

Die drei ausgewählten Beispielbranchen [Krankenhäuser, Textil- und Bekleidungsindustrie, Kfz-Gewerbe] zeigen im Vergleich von vor einigen Jahren, deutliche Veränderungen und positive Entwicklungen im Abfallgeschehen. Dies beginnt bei der absoluten Vermeidung von Abfällen, es geht über die Verschiebung der Abfallmengen hin zur Verwertung statt zur Beseitigung bis zur Entfrachtung der Schadstoffmenge des Gesamtabfalls.

Die entscheidenden Effekte werden in der Veränderung von Verhaltens- und Handlungsweisen von Menschen [bes. im abfallerzeugenden Bereich] gesehen, wobei es in fast allen Branchen gelungen ist, die Abfallmengenentwicklung von der Produktionsentwicklung abzukoppeln. Es sind jedoch branchenspezifische Besonderheiten zu beachten, die nicht in jedem Falle Vermeidungspotenziale enthalten.

Vom Fachausschuss für Probenahme zum Institut für Qualitätssicherung von Stoffsystemen

PD Dr. Winfried Rasemann und Dr. Helmut Müller
(Institut für Qualitätssicherung Freiberg e.V.)

Für die angewandte Forschung im Forschungsinstitut für Aufbereitung (FIA) war es notwendig, Proben beim Auftraggeber zu entnehmen oder vom Auftraggeber entgegenzunehmen und diese hinsichtlich ihrer Aufbereitbarkeit zu untersuchen. Daraus ergaben sich für die Labors im wesentlichen zwei Aufgaben:

1. Die Proben mussten hinsichtlich der interessierenden Merkmale charakterisiert werden, bestimmt wurden im wesentlichen durchschnittliche Gehalte und Teilchengrößenverteilungen.
2. Es mussten für Versuchsreihen untereinander gleichwertige Teilproben hergestellt werden, d. h., die in den Proben ermittelten Gehalte/Teilchengrößenverteilungen sollten in diesen Teilproben nur zufällig von einander abweichen

Der Zwang zur ständigen Anwendung und Weiterentwicklung von Methoden und Geräten für die Probenvorbereitung mit einem Schwerpunkt in der Probenteilung führte zu Erfahrungen und Anregungen, zeigte aber auch Schwachstellen auf. Im Vortrag diskutiert werden Bemühungen, die Probenvorbereitung auf wissenschaftliche Grundlagen zu stellen und Einflüsse der Probenvorbereitung auf die Genauigkeit der Messergebnisse aufzuzeigen.

Berichtet wird aber auch über die Bildung, Arbeit und Ergebnisse eines Fachausschusses für Probenahme im Rahmen der Kammer der Technik der DDR im Jahre 1987, mit dem branchenübergreifend Erfahrungen, methodische Kenntnisse bei der Charakterisierung von Stoffsystemen und Ansatzpunkte für Forschungsaufgaben abgeleitet werden konnten.

Diese Art der Zusammenarbeit zwischen Betrieben und Einrichtungen fiel bekanntermaßen der politischen Wende zum Opfer. Ungebrochen blieb aber das Interesse und Engagement Freiburger "Probenehmer" an einer Weiterführung der methodischen Arbeit und der Kontaktpflege auf dem Gebiet der Probenahme. Nach einem gewissen Zeitraum der Neuorientierung und Wiederfindung wurde auf Anregung der Gesellschaft für Aufbereitung und Recycling e.V. (GAR) 1994 ein neuer Arbeitskreis Probenahme geschaffen, aus dem sich 1996 das wirtschaftlich selbständige Institut für Qualitätssicherung von Stoffsystemen (IQS Freiberg e. V.) entwickelt hat.

Das IQS Freiberg hat sich auf dem Gebiet der Probenahme einen Namen geschaffen durch

- seine jährlich stattfindenden Tagungen, den *Freiberger Probenahmetagungen* (dieses Jahr die 10. Tagung); sie sind ein Forum für den Erfahrungsaustausch und für die Kontaktschmiede;
- seine branchenübergreifende, vielseitige Forschung auf dem Gebiet der Theorie und Methodik der Probenahme
- Weiterentwicklungen theoretischer und methodischer Konzepte, z. B: die Verallgemeinerung des Modells von GY für die Bestimmung der Mindestprobenmasse insbesondere für die Anwendung auf Abfall- und Recyclingstoffe, eine mathematisch begründetes Modell für die Bildung von Mischproben, Entwicklung von Methoden für die Objektivierung der Reproduzierbarkeit von Untersuchungen und Bewertungen

- seine breite Öffentlichkeitswirksamkeit in Fachartikeln und Fachbüchern,
- die Mitarbeit in nationalen und europäischen Gremien für die Normung der Probenahme in der Abfall- und Recyclingwirtschaft,
- Mitarbeit an der Probenahmerichtlinie PN 98 der LAGA,
- Erarbeitung und Umsetzung von Probenahmeanweisungen für verschiedene Branchen der Stoffwirtschaft, Schulungen für Probenehmer, Test von Probenahmegeräten.

DAS PROBLEM DER GROSSEN MENGEN - Die Charakterisierung von großen Materialmengen im Aufbereitungs- und Recyclingprozess von Elektronikschrott

Christian Segebade⁽¹⁾, P. Bode⁽²⁾, Wolf Görner⁽¹⁾

⁽¹⁾Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung, Lab. I.43 “Aktivierungsanalyse;
Gasanalytik”, Berlin)

⁽²⁾IRI Interfacultair Reactor Instituut, Delft University of Technology, The Netherlands)

In der modernen Materialanalytik ist man überwiegend bestrebt, kleine Mengen mit hochempfindlichen Methoden zu analysieren. Andererseits ist es jedoch häufig notwendig, zuverlässige Analyseergebnisse von großen Materialmengen zu erzielen, wobei sowohl Haupt- als auch Spurenbestandteile erfasst werden sollen. Zudem ist die Repräsentativität einer großen Probenmenge wahrscheinlicher als die von geringen Probenmassen, etwa mehreren zehn Gramm im Vergleich zu einigen zehn Milligramm. So kann eine Materialcharakterisierung durch die Analyse einer großen Probenmasse dieselbe Zuverlässigkeit erreichen wie die Untersuchung vieler kleinerer Proben, wodurch sich der Zeit- und Kostenaufwand bedeutend verringert. Unter der großen Zahl analytischer Verfahren ermöglichen nur wenige die Analyse großer Probenmassen bzw. –volumina. In erster Linie sind dies radioanalytische Techniken. In diesem Beitrag werden die Möglichkeiten der instrumentellen Aktivierungsanalyse mit Neutronen aus einem Forschungsreaktor (INAA)¹ sowie mit Photonen aus einem Elektronenlinearbeschleuniger (IPAA)² hervorgehoben. Darüber hinaus wird die Anwendung unterschiedlicher Versionen der Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)³ beschrieben. Letztere ist als mobiles und flexibles Vor-Ort-Verfahren geeignet, während die Aktivierungsverfahren mit ihrer niedrigen Nachweisgrenze und hohen Präzision zur Qualitätskontrolle dienen sollen.

Als Beispiel wird die Untersuchung von zermahlenem Elektronikschrott beschrieben. Das Aufkommen an Elektronikabfall hat sich in den letzten Jahren dramatisch erhöht, daher sind neue analytische Verfahren zur schnellen Charakterisierung großer Probenmengen zu erschwinglichen Kosten dringend erforderlich. Mit der Kenntnis des Gehaltes an Wertstoffen (z.B. Edelmetalle), Schadstoffen wie Blei, Cadmium etc. sowie quasi neutralen Abfallstoffen (z.B. Kunststoffen) können Entscheidungen bezüglich Aufarbeitung bzw. Endlagerung schnell und zielsicher getroffen werden. Dies ist insbesondere im Hinblick auf die einschlägigen EU – Richtlinien von hoher Dringlichkeit⁴. Darüber hinaus können so Entsorgungskosten reduziert werden.

Die Großvolumenanalyse durch Neutronenaktivierung ist schon seit einigen Jahren in der Entwicklung und konnte bereits erfolgreich für die Analyse verschiedener Materialien eingesetzt werden, während die IPAA erst seit kurzem für die Analyse großer Probenmassen verwendet werden kann.

Die Großvolumen – Bestrahlungsposition des Elektronenlinearbeschleunigers der BAM Berlin wurde zur Ermittlung der Bestimmungsgrenzen und der analytischen Präzision der Untersuchung von Elektronikschrott in Probenmengen von 5 g bis in den Kilogrammereich durch IPAA verwendet. Die Analyse von noch größeren Mengen sowie von anderen Materialien wird angestrebt.

Zur Aktivitätsmessung wurden sowohl konventionelle hochauflösende γ -Spektrometer sowie ein Detektorpaar–Spektrometer zur hochpräzisen Gehaltsbestimmung verwendet. Die vergleichende Analyse von stufenweise erhöhten Probenmassen aus einer Materialcharge ergab eine erhebliche Verbesserung der Repräsentativität von größeren Proben bei unverändertem Arbeits- und Zeitaufwand.

Die RFA wurde bislang zur Analyse anderer Stoffarten verwendet (siehe z.B. GIESE et al., diese Tagung³). Der Einsatz zur kontinuierlichen Untersuchung von Stoffströmen im Recyclingprozess von Elektronikschrott ist noch im Entwicklungsstadium.

Literatur

- ¹P.Bode, O. Lakmaker, P. van Aller, M.Blaauw, Fresenius J. Anal. Chem. 360 (1998), 10.
- ²Goerner, W., Berger, A., Ecker, K.H., Haase, O., Hedrich, M., Segebade, Chr., Weidemann, G., Wermann, G., J. Radioanal. Nucl. Chem. 248 (2001), 45-52.
- ³Giese, L.B.; Segebade, Ch.; Weimann, K.: Aufbereitung und Recycling von Photovoltaik CdTe-Dünnschichtmodulen - EU-Life-Environment Demonstrationsvorhaben RESOLVED, Vortrag Tagung Aufbereitung und Recycling Freiberg 2004.
- ⁴EU Directive on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), 2002/96/EC,
EU Directive on the Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment (RoHS), 2002/95/EC,
EU Directive on Batteries and Accumulators and Spent Batteries and Accumulators (Proposal), SEC(2003)1343.

Untersuchungen zur mechanisch-biologischen Behandlung Nordthüringer Restabfälle

Prof. Dr.-Ing. Sylvia Schade-Dannewitz und Dipl.-Ing. Andy Armbrecht;
(Fachhochschule Nordhausen, Studiengang Flächen- und Stoffrecycling)

Für die erfolgreiche Anwendung einer Technologie in der Abfallwirtschaft sind wirtschaftliche, ökologische und rechtliche Prioritäten gleichermaßen zu setzen.

Da ab dem 30. 06. 2005 in Deutschland die Ablagerung von Siedlungsabfällen in der derzeitig praktizierten Form nicht mehr möglich sein wird, sind Verfahren wie die thermische oder mechanisch-biologische Behandlung vorzuschalten.

Insbesondere wird die zu wählende Technologie von den jeweiligen Standortbedingungen bestimmt. Da Nordthüringen einerseits über ausreichende Deponiekapazitäten bis weit über das Jahr 2005 verfügt und andererseits damit auch langfristig finanziell belastet sein wird bietet sich ein MBA-Konzept mit stoffspezifischer Behandlung an. Hierbei gelingt sowohl eine Stabilisierung des Restabfalls durch weitest gehenden Abbau der organischen Substanz und damit die Erzeugung eines Deponiegutes, das den Anforderungen der Abfallablagerungsverordnung (AbfAbIV) entspricht, als auch die Ausschleusung von einzelnen Stör- und Wertstoffen.

Mit dem Konzept einer stoffspezifischen Zerkleinerung in einer Kaskadenmühle und einer biologischen Nachbehandlung wurde eine technisch umsetzungsfähige und gleichzeitig finanziell tragbare Lösung erarbeitet.

Bei den Untersuchungen im Labor und im großtechnischen Versuch konnte eine prinzipielle Machbarkeit innerhalb der rechtlichen Parameter nachgewiesen werden. Aufgrund der weitergehenden biologischen Behandlung der Feinmüllfraktion durch eine Kombination aus Intensivrotte im belüfteten Rottetunnel und offener Nachrotte sollte es zukünftig möglich sein, die Ablagerungskriterien zu erfüllen.

Geschwindigkeitseinfluss bei Gutbettbeanspruchung

Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Husemann und Dipl.Ing. T. Mütze

(TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und
Aufbereitungstechnik)

Die Gutbettbeanspruchung für die Feinzerkleinerung hat in der Zerkleinerungstechnik eine große wirtschaftliche Bedeutung und ist für die Zerkleinerungswissenschaft von grundsätzlichem Interesse. Von daher ist nur folgerichtig, dass es in der Zerkleinerungsgrundlagenforschung der letzten 30 Jahre kaum ein Gebiet gibt, das so umfang- und erfolgreich untersucht wurde - mit dem Ergebnis: Der Einfluss der wichtigen und die Gutbettbeanspruchung bestimmenden Parameter kann im wesentlichen als gesichert angesehen werden.

Eine Ausnahme bildet hier die Geschwindigkeit v_B , mit der das Gutbett beansprucht wird. Zunächst wird wegen der nur geringen Beanspruchungsgeschwindigkeit beim Druck im Vergleich zum Schlag und Prall deren Einfluss unterschätzt. Dabei muss beim Druck von einem großen Geschwindigkeitsbereich (ca. 0,04 bis 40 cm/s) ausgegangen werden. Die aus der Literatur bekannten Ergebnisse hierzu sind widersprüchlich und z.T. nicht genügend experimentell abgesichert.

Im Vortrag werden eigene experimentelle Ergebnisse vorgestellt, mit denen der Geschwindigkeitseinfluss auf die Energieabsorption, Verdichtung, Feinheitzunahme und Energieausnutzung bei verschiedenen Beanspruchungsintensitäten (Drücken) und Materialien zweifelsfrei nachweisbar ist. Die verwendeten Modellsubstanzen waren Kalkstein und Quarz. Der untersuchte Partikelgrößenbereich umfasste jeweils die vier Fraktionen 10/15, 40/50, 100/125 und 1000/1250 μm . Die Versuche wurden an einer hydraulischen Presse ($v_B = 0,05$ cm/s) und einer Spindelpresse ($v_B = 10$ und 30 cm/s) durchgeführt.

Wie sich zeigt, steigt die Energieabsorption in Abhängigkeit von der Beanspruchungsgeschwindigkeit mit dem Pressdruck an. Dieser Anstieg wird durch die Einschränkung der Partikelbeweglichkeit mit zunehmender Feinheit des Ausgangsmaterials stärker. Weiterhin steigt mit einer Erhöhung der Beanspruchungsgeschwindigkeit von 0,05 auf 10 cm/s die Energieabsorption um 5 bis 20 %. Dieser Einfluss der Beanspruchungsgeschwindigkeit ist über den gesamten Partikelgrößenbereich vorhanden.

Die Verdichtung, charakterisiert über eine auf der Feststoffdichte basierenden Normierung, steigt degressiv mit der Energieabsorption an. Mit Werten zwischen 0,7 bis 0,85 bei Kalkstein liegt sie deutlich über der Verdichtung von Quarz (0,45 bis 0,6). Bei beiden Materialien lassen sich die gröberen Fraktionen stärker verdichten, da mit abnehmender Partikelgröße Haftkräfte an Wirkung gewinnen. Die Schüttungsstruktur wird so fester und setzt einer Beanspruchung einen erhöhten Widerstand entgegen. Die Verdichtung nimmt bei hoher Beanspruchungsgeschwindigkeit ab, wenn die Ergebnisse auf die jeweils gleiche Energieabsorption bezogen werden.

Das Zerkleinerungsergebnis, charakterisiert über Bruchanteil, Zerkleinerungsverhältnis und Oberflächenzuwachs, steigt bei allen Fraktionen mit zunehmender Partikelgröße und Energieabsorption an. Dieser Anstieg über der Energieabsorption erfolgt degressiv und ist von einer Verbreiterung der Partikelgrößenverteilung begleitet. Es werden damit Literaturangaben bestätigt, wonach einerseits größere Partikel gegenüber kleineren eine geringere Festigkeit aufweisen und andererseits sich mit steigender Beanspruchungsintensität ein Spannungszustand im Gutbett einstellt, der eine weitere Zerkleinerung

zunehmend verhindert. Der Materialvergleich ergibt bei gleichen Beanspruchungsintensitäten ein besseres Zerkleinerungsergebnis bei Kalkstein als bei Quarz. Entscheidend dabei ist, dass generell das Zerkleinerungsergebnis besser wird, d.h. eine höhere Feinheit und Energieausnutzung aufweist, wenn die Beanspruchungsgeschwindigkeit abnimmt.

Somit ist experimentell nachgewiesen, dass mit zunehmender Beanspruchungsgeschwindigkeit zwar die Energieaufnahme im Gutbett zunimmt, jedoch gleichzeitig die Verdichtung, Zerkleinerung und Energieausnutzung geringer werden. Dies lässt sich durch die höheren Reibungs- und Strömungsverluste bei schneller Beanspruchung erklären. Dazu wird im Vortrag ein Strömungsmodell dargestellt.

Ultraschallverfahren zur Dispergierung von Feststoffen in der Technologie zur Herstellung von Funktionskeramik

Dipl.-Ing. (FH) Michael Rutz und Prof. Dr. rer. nat. habil. Hanspeter Heegn
(UVR-FIA GmbH Freiberg)

Durch die Entwicklung leistungsfähiger Geräte sind die Voraussetzungen für eine breitere Anwendung der Ultraschalltechnik zur Dispergierung von Feststoffen über den Labormaßstab hinaus bis in produktionstechnische Dimensionen gegeben. Über die dabei zu erreichenden Effekte bestehen allerdings noch weitgehende Unklarheiten. Durch den Eintrag von Ultraschall in eine Flüssigkeit entsteht ein Schallwechseldruck mit sich periodisch wiederholenden Druck- und Zugphasen, der Kräfte in der Flüssigkeit entstehen lässt, die zu Verdichtungen und Verdünnungen des Mediums führen. Die Kräfte in der Sogphase der Schwingung können bei entsprechender Ultraschallintensität die Flüssigkeit zum Zerreißen bringen, so dass sich kleine Blasen bilden, die sich durch den herrschenden Unterdruck mit in der Flüssigkeit gelösten Gasen oder Flüssigkeitsdampf füllen. In der darauf folgenden Überdruckphase der Verdichtung bricht das entstandene Gasbläschen mit hoher Geschwindigkeit zusammen, wobei die dabei entstehenden Druckstöße auf in der Flüssigkeit befindliche Grenzflächen oder in der Flüssigkeit befindliche Festkörperteilchen große Kräfte ausüben, so dass Feststoffbindungen zerstört werden können. Dieser auch als Kavitation bezeichnete Effekt wirkt sich materialzerstörend aus, wird aber im vorliegenden Fall bewusst zur Dispergierung von Feststoffen genutzt. Die Intensität des Ultraschalls an der Ultraschallquelle und die mögliche Abschwächung mit dem Abstand, die Energiedichte und Energieverteilung im Beanspruchungsraum, der Einfluss von Frequenz und Amplitude der Ultraschallquelle sind maßgebend für die erreichten Effekte. Weiterhin spielen auch die Eigenschaften des Übertragungsmediums (Temperatur, Dampfdruck, Viskosität, gelöste Gasmengen) sowie dessen Wechselwirkung mit der Art und Konzentration des dispergierten Feststoffs eine große Rolle.

Die prozessbestimmenden Daten von kommerziell angebotenen leistungsfähigen Ultraschallreaktoren wurden erfasst und die charakteristischen Besonderheiten bewertet. Weiterhin wird über experimentelle Untersuchungen im Labor- und halbtechnischem Maßstab an einem konkreten Versatz für Funktionskeramik berichtet. Die für die technische Überführung ganz wesentliche Energieeffizienz wurde dabei durch kalorimetrische Messung der in Wärme umgesetzten Energie bestimmt. Die unter Vergleichsbedingungen erzielten Ergebnisse der mit Lasergranulometrie erhaltenen Teilchengrößenverteilungen bilden die Grundlage einer Bewertung der Wirkung unterschiedlicher Typen von Ultraschallreaktoren.

Bemerkenswert ist es, dass die Ergebnisse der diskontinuierlichen Versuche schlechter ausfallen als die Ergebnisse der kontinuierlichen Versuche beziehungsweise die Versuche im Technikumsmaßstab. Der Grund dafür ist vor allem in der Ausbreitungsgeometrie des Schallfeldes im Vergleich zur Geometrie des Reaktionsraums zu sehen. Ausgehend von den erhaltenen Ergebnissen werden die Möglichkeiten und Grenzen der Einbindung der Ultraschalltechnik in die Technologien zur Herstellung von Funktionskeramik diskutiert.

Literatur:

Rutz, M.: Bewertung der technischen Möglichkeiten der Dispergierung von Feststoffen mit Ultraschall. Diplomarbeit FH Nordhausen 2004

On-line Monitoring von Änderungen der Partikelstruktur während der Nasszerkleinerung in der Rührwerksmühle

Dr. Sergej Aman und Prof. Dr.-Ing. Jürgen Tomas

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

Um Partikel mit bestimmten Eigenschaften gezielt zu erzeugen, müssen die physikalischen Mikroprozesse während der Partikelbeanspruchung on-line kontrolliert und gesteuert werden. Die auf Lumineszenz basierenden Messmethoden sind für diese Anwendung erfolgversprechend.

Lumineszenz ist eine allgemeine Bezeichnung für alle Leuchterscheinungen von Partikeln nach einer Anregung. Die Lumineszenz von Festkörpern lässt sich gemäß der Art der vorausgegangenen Anregung einordnen, z. B. wird die Photolumineszenz durch die Anregung von Partikeln mit sichtbarem oder ultraviolettem Licht ausgelöst. Photolumineszenzspektren von zerkleinerten Partikeln reflektieren ihren Oberflächenzustand bzw. die Strukturänderungen, welche durch die mechanische Beanspruchung in der Zerkleinerungsmaschine verursacht werden. Die Reduzierung der Partikelgröße wird ebenfalls durch diese mechanische Beanspruchung verursacht. Demzufolge lassen sich die Oberflächenstrukturen und die Größe von Partikeln korrelieren und so die Partikelgrößen durch eine Analyse der Photolumineszenzspektren determinieren. Die Spektren von ZnS:Cu-Partikeln werden zu unterschiedlichen Zerkleinerungszeiten in der Rührwerksmühle aufgenommen und analysiert. Das Verhältnis der Lichtintensitäten bei den Wellenlängen 400 nm und 500 nm ist für die Bestimmung der mittleren Strukturänderungen geeignet. Da spektrale Eigenschaften nur durch die Oberflächenstruktur der primären Partikeln beeinflusst werden, entsprechen die Spektren bzw. die gemessenen Partikelgrößen den Abmessungen der primären Partikel, unabhängig ob diese Partikel frei vorliegen oder in Agglomeraten gebunden sind.

Mechanolumineszenz (ML), bzw. Tribolumineszenz wird durch die mechanische Beanspruchung der Festkörper ausgelöst. Etwa die Hälfte aller anorganischen und ein Drittel aller organischen Festkörper besitzen mechanolumineszente Eigenschaften. Bei unseren Untersuchungen wurde die ML während der mechanischen Beanspruchung von einzelnen Quarzpartikeln zwischen den Mahlkörpern in der Nähe einer transparenten Mahlkammerwand erzeugt. Die dabei entstehenden Lichtimpulse wurden analysiert. Bei großer Zerkleinerungszeit sinkt die Anzahl der Impulse exponentiell. Eine mögliche Ursache der Reduzierung der Impulsanzahl ist die Auslöschung optisch aktiver Zentren mit lumineszenten Eigenschaften. Andererseits ist zu erwarten, dass eine Bildung von sekundären Strukturen an der Partikeloberfläche durch die mehrmalige Beanspruchung stattfindet. Die Partikeloberflächen werden „weich“. Dadurch wird eine Energiezufuhr zu den optisch aktiven Zentren verhindert und die Impulsanzahl damit reduziert.

Die auf Lumineszenz basierenden Messmethoden können für eine on-line Charakterisierung der Strukturänderungen, welche durch die mechanische Beanspruchung in der Zerkleinerungsmaschine verursacht werden, angewandt werden. Die Reduzierung der Partikelgröße kann ebenfalls durch die Änderungen der Lumineszenzspektren bestimmt werden.

Luftkern im Hydrozyklon als Indikator für dessen Betriebszustände

Dipl.-Ing. Valeriy Golyk, Prof. Dr.-Ing. Thomas Neeße, Dr.rer.nat. Johann Dück
(Lehrstuhl für Umweltverfahrenstechnik und Recycling Universität Erlangen-Nürnberg)

Betriebszustände in einem Hydrozyklon bilden sich je nach Aufgabebedingungen aus. Dabei unterscheidet man prinzipiell zwischen Dünnstromtrennung und Dichtstromtrennung. Bei ersterem Betriebszustand (Bild 1,a) arbeitet der Hydrozyklon mit einem Schirmaustrag im Unterlauf, im letzteren Fall mit Strangaustrag (Bild 1,b). Der Übergangszustand zwischen Schirm- und Strangaustrag (Bild 1,c) ist durch ein hohes Feststoffausbringen im Unterlauf bei gleichzeitig hohem Feststoffgehalt gekennzeichnet, was verfahrenstechnisch in vielen Fällen vorteilhaft ist.

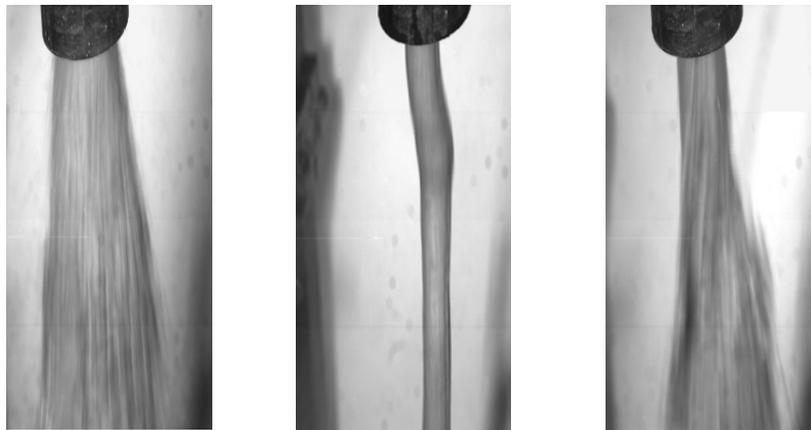


Bild 1: Die Betriebszustände eines Hydrozyklons: a - Schirmaustrag, b - Strangaustrag, c - Übergangszustand zwischen Schirm- und Strangaustrag

Während des Betriebs bildet sich der Luftkern in einem Hydrozyklon aus. Der Luftkern im mit reinem Wasser betriebenen Hydrozyklon ist auf der ganzen Länge vorhanden und hat im oberen Teil des Hydrozyklons einen kleineren Durchmesser (Bild 2).

In den letzten Jahren wurde festgestellt, dass die Ausbildung des Luftkerns für das Betriebsverhalten des Hydrozyklons sehr wichtig ist. In dieser Arbeit wird sowohl ein zusammenhängender Bericht über den Stand der Forschung auf diesem Gebiet als auch die Berechnung des Luftkerns dargestellt.

Diese Kenntnisse sollen das Verständnis der Entstehung der Schwingungen im Hydrozyklon ermöglichen, da Schwingungsmessungen mit Hilfe moderner Auswertemethoden der schnellen Frequenzanalyse Signale liefern, die für die Hydrozyklonregelung genutzt werden können.

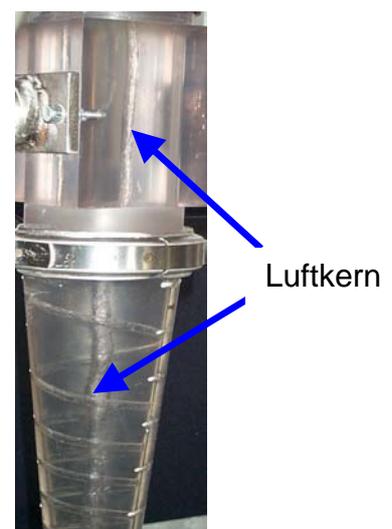


Bild 2: Ausbildung des Luftkerns im Hydrozyklon betriebenen mit Wasser

Forschung und Entwicklung im ehemaligen Forschungsinstitut für Aufbereitung

Prof. Dr.-Ing. Dieter Uhlig

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

Die wissenschaftlich-technische Gesellschaft für Verfahrenstechnik FIA e. V. und die Gesellschaft für Umweltverfahrenstechnik und Recycling (UVR) e. V., beides alleinige Gesellschafter der UVR-FIA GmbH, sind unmittelbar aus dem 1954 unter Professor Helmut Kirchberg gegründeten Forschungsinstitut für Aufbereitung (FIA) hervorgegangen. Sie können somit direkt auf die Forschungsergebnisse und Erfahrungen des FIA sowie dessen Ausrüstung zurückgreifen. Der 50jährige Gründungstag des FIA soll hier Anlass sein, den Versuch zu unternehmen, die Entwicklung des FIA und seine Forschungsschwerpunkte darzustellen und auf einige wichtige Ergebnisse hinzuweisen.

1. Zur Gründung des Instituts

Bereits Anfang der 50iger Jahre entwickelte Helmut Kirchberg, damals Inhaber des Lehrstuhls für Aufbereitung an der Bergakademie Freiberg, Vorstellungen für ein breit angelegtes Forschungsinstitut für das Gebiet der Aufbereitung mineralischer Rohstoffe, das außerhalb der universitären Forschung angesiedelt ist. In dem Institut sollten angefangen von der mineralogischen Charakterisierung über Labor- und kleintechnische Versuche bis zur Erprobung von Verfahrensstammbäumen in Großversuchen alle wesentlichen Prozesse der Aufbereitung bearbeitbar sein. Es sollte darüber hinaus in der Lage sein, nicht beschaffbare Versuchstechnik im Hause zu entwickeln und zu bauen, Verfahren betriebswirtschaftlich zu bewerten sowie die Literatur des Fachgebietes zu recherchieren und zu dokumentieren. Diese Vorstellungen wurden durch die Gründung des FIA am 01.01.1954 und den Bau des Instituts auf der „grünen Wiese“ (1955 – 1956) realisiert. Das war möglich, weil die Vorstellungen Kirchbergs mit dem Ziel der DDR-Regierung übereinstimmten, die auf dem Staatsgebiet fehlende Schwerindustrie zu entwickeln und die dafür notwendigen Rohstoffe so weit wie möglich im eigenen Lande zu gewinnen. Folgerichtig wurde das FIA in das Ministerium für Schwerindustrie (ab 1955 Ministerium für Berg- und Hüttenwesen) eingegliedert.

2. Zur Entwicklung und zum Profil des Instituts

Die Hauptarbeitsgebiete der Forschung wurden in möglichst kleinen Schritten den sich stetig veränderten wirtschaftlichen und gesellschaftspolitischen Anforderungen angepasst. Die deutlichste Änderung ergab sich aus der Zuordnung zur Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin (13.02.1958). Sie führte zu einer erheblichen Verstärkung der verfahrenstechnischen Grundlagenforschung. Das Arbeitsgebiet des Instituts verbreiterte sich damit ständig. In den 50iger Jahren stand die klassische Aufbereitung bergmännisch gewonnener Rohstoffe im Vordergrund. Ab den 60iger Jahren wurden verstärkt Probleme der Verarbeitung industriell hergestellter Feststoffe mit Verfahren der mechanischen Verfahrenstechnik (z. B. Zement, Schleifmittel, Elektrokoks, Kunststoffe) sowie des Stoffrecyclings bearbeitet. In den 80iger Jahren kamen ausgewählte Aufgaben aus dem Bereich des Umweltschutzes hinzu. Das hatte bis 1989 ein kontinuierliches Ansteigen der Mitarbeiterzahl auf mehr als 400 Personen (davon etwa 100 Wissenschaftler) aber auch Veränderungen in der institutsinternen Organisation zur Folge. Bei der Gründung des Instituts waren die Abteilungen nach Rohstoffgruppen gegliedert (Erze, Nichterze, Kohle, Salze). 1960 erfolgte die Gliederung der wissenschaftlichen Abteilungen entsprechend den wichtigen Prozesseinheiten der mechanischen Verfahrenstechnik (Zerkleinern und Klassieren, nassmechanische Prozesse, Flotation, elektrische und magnetische

Aufbereitung) sowie nach Querschnittsaufgaben (z. B. Aufbereitungswirtschaft, Mineralogie, Maschinenentwicklung und Regeltechnik, Dokumentation). 1990 wurden die Bereiche Partikeltechnologie (prozessgegliedert) und Umweltverfahrenstechnik (problemgegliedert) gebildet.

Direktoren des Instituts waren Prof. Helmut Kirchberg von 1954 bis 1971, Prof. Edelhard Töpfer von 1972 bis 1986 und Prof. Dieter Uhlig von 1986 bis 1991.

3. Forschungsgebiete und ausgewählte Ergebnisse

3.1 Aufbereitung bergmännisch gewonnener Rohstoffe

- Ziele:
- Klärung des Aufbereitungsverhaltens von Proben aus der geologischen Erkundung im In- und Ausland
 - Ausarbeitung von Verfahren (Technologien) zur Aufbereitung mineralischer Rohstoffe
 - Verbesserung der Verfahren in bestehenden Anlagen

Langjährige Arbeitsgebiete mit ausgewiesenen Ergebnissen:

- Aufbereitung feinverwachsener armer Zinnerze durch Flotation
- Flotation komplex zusammengesetzter und feinverwachsener Flussspat-Haufwerke
- Erzeugung hochwertiger Glassande durch Flotation
- Aufbereitungsverfahren zur Gewinnung höchstwertiger Quarzrohstoffe (z. B. für Kieselglas)
- Qualitätsverbesserung von Kaolinen (nassmechanische Klassierung, Hochgradientenmagnetscheidung)
- Flotationsverhalten von Feldspaten
- Verbesserung der technologischen Kennziffern der Sylvinflotation

3.2 Prozesse/Verfahren der mechanischen Verfahrenstechnik bei der Verarbeitung industriell erzeugter Produkte

- Ziele:
- Verbesserung der verfahrenstechnischen und wirtschaftlichen Kennziffern der mechanischen Prozessstufen
 - Verbesserung/Sicherung der Qualität der Endprodukte

Langjährige Arbeitsgebiete und ausgewiesene Ergebnisse:

- Optimierung von Zementanlagen
- Verfahrensgrundlagen für die Pulvererzeugung für Konstruktions- und Funktionskeramik
- Aufschluss und Klassierung von Schleifmitteln
- Optimierung der Zerkleinerung von Elektrodenkoks für hochbelastbare Graphitelektroden

3.3 Verfahren zur Verbesserung des Umweltschutzes und des Stoffrecyclings unter Einsatz mechanischer Prozesse

- Ziele:
- Verbesserte Verfahren zur Verringerung der Gefährdung durch Umwelteinflüsse
 - Verfahrensentwicklung bzw. -optimierung zur Rohstoffgewinnung durch Recycling

Arbeitsgebiete und ausgewiesene Ergebnisse:

- neuartiges Verfahren zur Entschwefelung kleiner mit Braunkohle gefeuerter Dampferzeuger
- Verfahren zur Ölabtrennung aus hochlegierten Schleifrückständen
- Verfahrensoptimierung in der Akkuschrottaufbereitung
- technologische Verbesserungen in Bodenwaschanlagen
- Verfahrensgrundlagen für die Hg-Abscheidung aus belasteten Materialien mit nassmechanischen Prozessen

3.4 Verfahrens- und Prozessgrundlagen

- Ziele:
- Aufklärung der Elementarvorgänge und der Mikroprozess wichtigerer Prozesseinheiten der mechanischen Verfahrenstechnik
 - Entwicklung physikalisch begründeter Modelle
 - Ableitung optimaler Prozessbedingungen in Abhängigkeit von stofflichen Kennwerten
 - Ableitung neuartiger maschinentechnischer Lösungen

Langzeitige Forschungsgebiete mit ausgewiesenen Ergebnissen:

- Zerkleinerungsverhalten von Körnerkollektionen mit unterschiedlichen stofflichen Eigenschaften unter definierbaren Beanspruchungsbedingungen
- Quantifizierung des Zerkleinerungs- und Transportverhaltens von Feststoffen in Trommelmühlen
- mechanische Aktivierung von Feststoffen durch Beanspruchung in Mühlen
- physikalische und physikochemische Vorgänge beim Flockungsprozess in Suspensionen
- Quantifizierung des Haftvorgangs Teilchen/Blase bei der Flotation und der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Dreiphasenkontaktes
- Trennvorgänge bei der Hochgradientenmagnetscheidung und Magnetfilterung
- Einfluss des Wandreibungswinkels auf den Fließzustand von Schüttgütern in Bunkern
- Modellierung der Kreislaufschaltung Mühle – Sichter
- Modellierung von mehrstufigen Flotationsanlagen und Zellschaltungen

3.5 Untersuchungsmethoden in der Aufbereitungstechnik

- Ziele:
- effektivere Durchführung von Laboruntersuchungen
 - Erhöhung der Aussagekraft von Versuchen
 - Gewinnung von Kenntnissen über die Genauigkeit und Fehlerabhängigkeit

Ausgewählte Ergebnisse:

- spezifische mineralogische Untersuchungsmethoden, die quantitative Aussagen über den Trennerfolg und aussichtsreiche Trennprozesse ermöglichen
- für spezifische Anwendungsfälle modifizierte Probenahmemodelle
- statistische Maßzahlen für die Fehler bestimmter granulometrischer Messmethoden

- handhabbare Methoden für die Ermittlung der Verweilzeitverteilung in Apparaten der mechanischen Verfahrenstechnik
- Eigenkonstruktion von Laborapparaten (z. B. Siebkugelmühle, Grobsiebanalyse, Flotationszelle, Trübenprobenteiler, Fließrinne)

4. Umgestaltung des Instituts im Zuge der Wiedervereinigung

Die Jahre 1990/91 wurden genutzt, um das Institut auf die neuen gesellschaftlichen Bedingungen einzustellen. Gemeinsam mit dem gewählten wissenschaftlichen Rat und dem Personalrat wurde eine neue Struktur mit den Bereichen Partikeltechnologie und Umweltschutztechnik mit teilweise neuen Leitern realisiert. Als sich abzeichnete, dass die Akademie der Wissenschaften in ihrer bisherigen Form keinen Bestand haben wird, gingen die Bestrebungen vor allen dahin, eine Zuordnung zur Fraunhofer Gesellschaft zu erreichen. Obwohl es hierfür positive Ansätze gab und auch das BMFT grundsätzlich Interesse an einem Bestand des Instituts zeigte, wurde in der entscheidenden Stellungnahme der zur Evaluierung der Institute der AdW eingesetzten Kommission des Wissenschaftsrates der Bundesregierung eine öffentlich geförderte Fortführung nicht empfohlen. Die bearbeiteten Probleme seien Aufgaben der Industrie. Die Empfehlung aus der Landesregierung Sachsen gingen dahin, einige Forschungsgruppen der Bergakademie Freiberg bzw. einem neuen Max-Planck-Institut für Kolloidchemie zuzuordnen, was schließlich auch erfolgte. Völlig unverständlich und außerhalb einer Realisierungsmöglichkeit liegend war der Vorschlag, den Kernbereich des Instituts in eine „Bodenentsorgungsanstalt“ umzuwandeln. Die Beratungen mit der Landesregierung ließen bis Ende 1991 keine wie auch immer geartete Lösung zur Weiterführung des Instituts unter Beteiligung des Landes erkennen, so dass die Arbeitsverhältnisse der Mitarbeiter mit dem Land am 31.12.1991 endeten. Das führte zum Entschluss von verschiedenen Mitarbeitern des Instituts zur Aufnahme einer eigenverantwortlichen kommerziellen Tätigkeit unter dem Dach eines von der Stadt Freiberg und den Landkreisen gebildeten und in der Immobilie des FIA ansässigen Gründer- und Innovationszentrums (GIZeF). Einige Querschnittsbereiche (Werkstatt, Rechentechnik, Automatisierungstechnik) gründeten sich als GmbH aus. Zur Weiterführung der Forschung wurden zwei eingetragene Vereine gegründet, welche gemeinsam einen großen Teil der Forschungsausrüstungen vom Land zum Zeitwert erwarben und welche die Versuchshalle sowie das Laborgebäude für kleintechnische Versuche mieteten.

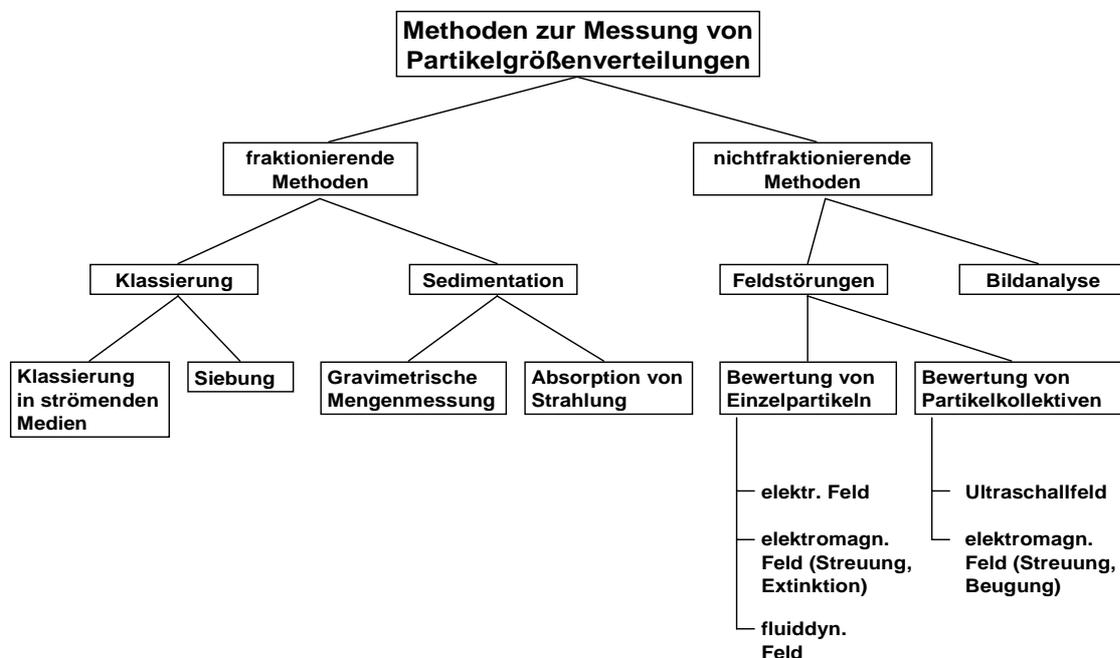
Die beiden gemeinnützigen Vereine sind alleinige Gesellschafter der 1996 gegründeten UVR-FIA GmbH, die 2002 den Status eines An-Instituts der TU Bergakademie Freiberg zugesprochen bekam.

Partikelgrößenmessung – einst und jetzt

Dr.-Ing. Claus Bernhardt
Freiberg

Bei der Gründung des Forschungsinstituts für Aufbereitung vor 50 Jahren nannte man die Partikelgrößenmessung noch Korngrößenbestimmung oder Korngrößenanalyse. Andere Partikeln als die in fester Form lagen weit außerhalb der Erfahrungswelt der Erz- und Kohleaufbereitung und der Steine- und Erdenherstellung. Inzwischen hat eine weltweite methodische Entwicklung stattgefunden, die auch die Anwendungsgebiete entscheidend verändert hat. Das FIA Freiberg hat an dieser Entwicklung nur indirekt teilgenommen, wobei versucht wurde, die anwendungstechnischen Eigenschaften dieser neuentstehenden Messmethoden zu bewerten und ihre Messunsicherheiten zu begrenzen.

Die nachfolgende Abbildung zeigt eine Übersicht über die heute existierenden Methodengruppen.



Die linke Seite des Schemas gibt den großen Zweig der klassischen Methoden wieder, bei denen eine unmittelbare *Klassierung der Partikeln* Voraussetzung für die Messung ist (fraktionierende Methoden). Bei dem anderen Zweig der Verteilungsmessmethoden, den nichtfraktionierenden, findet demgegenüber eine *Klassierung der Messsignale* oder deren umgewandelten Größen statt.

Anfang der 60er Jahre herrschten in der verfahrenstechnischen Praxis fast ausschließlich die fraktionierenden Methoden vor: Siebanalyse, Sedimentationsanalyse mittels Andreasen-Pipette und der damals hochmodernen Sartoriuswaage, Schlämmanalyse (nach Schulze-Harkort, Kopetzky-Kraus) und die Sichtanalyse (mit Gonell- und Bahcosichter). Die Oberflächenmessung beschränkte sich auf das Blainegerät und auf erste selbstgebaute BET-Geräte. In den Anfängen steckte die automatische Bildanalyse und es kamen die ersten Einzelpartikel-Zählgeräte auf den Markt.

Die 70er Jahre brachten mit der Entwicklung der Rechentechnik den Durchbruch dieser Zählgeräte, wobei anfänglich ihre Anwendung meist an ungenügenden Messbereichen vor allem im unteren Bereich scheiterte. In der Verfahrenstechnik wurden auch damals schon kleinste messbare Partikeln von nahe 0,1 μm gefordert.

Gleichzeitig kamen die ersten Laserbeugungsgeräte auf den Markt. Sie haben sich schnell durchgesetzt, da sie zahlreiche Vorteile besitzen, die vor allem daraus resultieren, dass nun nicht mehr Einzelpartikel sondern Partikelkollektive bewertet werden. Die kleinste messbare Partikelgröße wird in der Regel mit etwa 0,1 μm angegeben. Da die Fraunhofersche Beugungstheorie dort nicht mehr ohne Einschränkungen gilt, existieren eine Vielzahl von gerätetechnischen Varianten und Softwarelösungen, die das Problem umgehen. Für die verfahrenstechnische Praxis zufriedenstellend gelöst ist es wohl bis heute nicht.

In den 80er Jahren wurde der nm-Bereich mit Hilfe der Autokorrelationsspektroskopie messtechnisch erobert. Hierbei erfolgt die Messung und Auswertung des zeitlich fluktuierenden Streulichts von Partikelkollektiven, ohne dass – ähnlich wie bei der Laserbeugung – die optischen Eigenschaften der Feststoffe bekannt sein müssen.

Die weitere Entwicklung in den 90er Jahren war durch die Nutzung neuartiger Messeffekte für die Partikelgrößenmessung geprägt. Hier sind vor allem die Methoden der Ultraschallschwächung und der elektroakustischen Spektroskopie zu nennen. Beide haben den wichtigen Vorteil, dass man in Suspensionen messen kann, deren Feststoffkonzentration denen der verfahrenstechnischen Praxis entspricht.

Insgesamt kann man die Entwicklung der Partikelgrößenmessung über den Zeitraum der letzten 5 Jahrzehnte u.a. durch folgende Erscheinungen charakterisieren:

- Vergrößerung des Messbereichs,
- Verringerung der kleinsten messbaren Partikelgröße,
- Verringerung der Messdauer,
- Verringerung der Messunsicherheit,
- rechnergestützte Messung und Auswertung,
- Erhöhung der Geräteanschaffungskosten,
- Erweiterung der Einsatzgebiete und weiteres.

Ein Teil dieser Größen lassen sich quantifizieren und in Form einer Leistungskenngröße – ähnlich der von der Fa. Sympatec entwickelten – zusammenfassen. Eine modifizierte Kenngröße dieser Art wird im Vortrag näher betrachtet.

Aktuelle Arbeitsgebiete der UVR-FIA GmbH

Dr. rer. nat. Christoph Cichos und Dr.-Ing. Wolfgang Scheibe
(UVR-FIA GmbH Freiberg)

Die UVR-FIA GmbH ist hervorgegangen aus dem Forschungsinstitut für Aufbereitung (FIA), einem Institut der ehemaligen Akademie der Wissenschaften der DDR, dessen Arbeitsschwerpunkte Partikeltechnologie und Umweltschutztechnologie waren. Auf Grund der Vorgeschichte des Unternehmens ist es verständlich, dass die mechanische Verfahrenstechnik auch die Basis für die Tätigkeit der UVR-FIA GmbH bildet.

Die Verwandtschaft zum ehemaligen FIA beruht nicht nur auf der Übernahme eines großen Teils der Ausrüstung, sondern sie spiegelt sich auch in den Arbeitsgebieten der UVR-FIA GmbH wider.

Als privatwirtschaftlich geführte ingenieurtechnische Einrichtung mit einem begrenzten Mitarbeiterstab kann die GmbH natürlich nicht in der Breite tätig sein wie das damalige Forschungsinstitut für Aufbereitung. Die in der GmbH betriebene Forschung und Entwicklung orientiert sich ausschließlich an der Praxis, eine Grundlagenforschung ist verständlicherweise nicht möglich.

Weiterhin muss konstatiert werden, dass sich die Ausrichtung der Tätigkeitsfelder in den Jahren des Bestehens der UVR-FIA GmbH gewandelt und den Anforderungen aus der Wirtschaft angepasst haben. So ist die Bedeutung der Umweltschutzverfahrenstechnik, die in den ersten Jahren nach der Unternehmensgründung eine große Rolle spielte, in den letzten Jahren zugunsten der Rohstoffverfahrenstechnik zurückgegangen. Einige der anfänglichen Tätigkeitsfelder wie Gefährdungsabschätzung und Bodensanierung wurden vollständig aufgegeben. Geblieben sind die Aktivitäten auf dem Gebiet des Recyclings.

Versucht man eine Ordnung der Tätigkeitsfelder nach den Prozessen, so sind Zerkleinerung und Klassierung nach wie vor dominierend. Im Vergleich zu den Anfangsjahren und zum Forschungsinstitut für Aufbereitung haben sich aber auch hierbei deutliche Akzentverschiebungen ergeben. Anhand von Beispielen wird erläutert wie die Anforderungen der modernen Rohstoffwirtschaft neue Zerkleinerungsaufgaben entstehen ließen.

Erfreulich ist, dass in den letzten Jahren die Aufgaben zur Aufbereitung mineralischer Rohstoffe wieder zugenommen haben und in diesem Zusammenhang auch die Sortierprozesse, und dabei besonders Dichtesortierprozesse und Flotation, wieder an Bedeutung gewinnen.

Die UVR-FIA GmbH ist zwar bestrebt, die vorhandene, fast alle Prozesse der mechanischen Verfahrenstechnik umfassende Ausrüstung als Grundlage für ihre Tätigkeit zu erhalten und anzuwenden, gleichzeitig aber ist das Unternehmen an einer Ausweitung der Arbeitsgebiete und an der Einbeziehung von Prozessen aus anderen Bereichen der Verfahrenstechnik interessiert.

Wie dieser Grundsatz auf den drei Tätigkeitsfeldern der UVR-FIA GmbH

- Forschung und Entwicklung
- Ingenieurtechnische Dienstleistung
- Kleintonnagige Produktion

umgesetzt wird, sollen konkrete Beispiele demonstrieren.

A New Flow Scheme for the Wet Beneficiation of Heavy Minerals from Sand Dunes

Prof. Dr. Wolfgang Gorzitzke

(Hochschule Anhalt - FH, Lehrgebiet Mechanische Verfahrenstechnik, Köthen)

Mineral sand deposits are usually found on beaches along old coastal regions where weathering and erosion separated heavier minerals from lighter minerals and formed concentrated ore bodies. The Richards Bay reserves in South Africa are among the largest in the world.

A detailed feasibility study for the beneficiation of ilmenite-rich sand was conducted by the South African Iron and Steel Corporation (Isacor), starting in 1995. Regarding the primary wet plant, test rig trials (batch tests) and continuous pilot plant tests at feed rates of 15 t/h were performed.

Conventionally, mineral sands are mined by means of high-pressure water jets, fed to a trommel screen and deslimed by hydrocyclones in order to remove fine particles which are believed to be detrimental for the subsequent spiral beneficiation. The underflow forms the feed of the wet plant consisting of a four stage spiral process. The first spiral stage produces final concentrate and final tailings, while the consecutive stages treat the middlings of the first stage. This conventional flow scheme was employed for the pilot plant trials on site.

The trials were successfully producing the desired tonnage of ilmenite concentrate for further tests, however, two major problems were identified:

- Poor cyclone performance leading to high ilmenite losses
- Insufficient clarity of the thickener overflow in spite of high flocculent dosage

Furthermore, the large quantity of re-circulating water was a major concern.

For a full-scale plant capacity of 800 t/h dry solids, the overflow of the two stage cyclone process amounts to 4150 m³/h of water, together with 180 t/h of fines, which is fed to thickeners.

Batch tests were performed in order to optimize the cyclone desliming. The objective of desliming is to remove as many fines (< 45µm) as possible at a low ilmenite loss. The ilmenite content is characterized by the TiO₂ content which amounts to approximately 50 % of the ilmenite. Under well-controlled conditions, 25 % of the feed was reporting to the overflow, the TiO₂ loss amounting to 5,0 %. Settling tests on the cyclone overflow again showed high reagent consumption.

In order to reduce the quantity of re-circulating water, batch spiral tests were carried out with undeslimed feed. While cyclones are usually fed at a solids concentration of 25% by mass, spirals can handle up to 40 % of solids. It could be shown that during the first spiral stage 50% of the feed can be removed at a TiO₂ loss of just 4,6 %. The re-circulating quantity of water in a full-scale plant can be reduced to 1050 m³/h. The first stage concentrate was upgraded in two further spiral stages without any re-circulating loads, yielding a final spiral concentrate with a 36 % TiO₂ grade at a TiO₂ recovery of 90,5 %.

Settling tests on the first stage spiral tailings showed clarity at a tenfold lower flocculent consumption when compared with the cyclone overflow. It is supposed that high shear forces in the cyclone cause extremely flat clay particles to become detached from 'carrier'

particles. These flat particles seem to form structures which are detrimental to settling characteristics as well as to further dewatering.

The main advantages of the new flow scheme are less capital costs for thickeners, pumps and piping as well as reduced operational costs (flocculent, power).

The flow scheme was re-designed and the plant capacity increased to 1200 t/h.

The full-scale plant has now been in operation for two years.

Technologien für die Schlacken- / Rostaschenaufbereitung

Prof. Dr.-Ing. Thomas Pretz und Dipl.-Ing. Alexander Khoury

(Institut und Lehrstuhl für Aufbereitung und Recycling fester Abfallstoffe (I.A.R.), RWTH Aachen)

In Deutschland fallen zurzeit jährlich ca. 3.3 Mio. Tonnen Müllverbrennungsschlacke / Rostasche an. Aufgrund mangelnder Verwertungskapazitäten wird hiervon ein Drittel unbehandelt deponiert, während zwei Drittel aufbereitet werden. Ab Juni 2005, nach Inkrafttreten der TA Siedlungsabfall, ist mit einer jährlichen Menge von 7,2 – 7,8 Mio. Tonnen zu rechnen, da vermehrt Abfälle der Verbrennung zugeführt werden.

Um den zu deponierenden Anteil möglichst gering zu halten, ist es notwendig qualitativ hochwertigere Produkte aus den genannten Materialien herzustellen. Für eine Verwendung von Rostaschen als Wegematerial müssen mindestens die Anforderungen der Einbauklasse Z2 nach LAGA M20 erfüllt sein. Dies ist beispielsweise durch eine effizientere Abtrennung der Metallanteile möglich.

Untersuchungen haben gezeigt, dass mit den zurzeit angewandten Aufbereitungsverfahren nur bis zu 8 % der Fe- und NE- Metalle zurück gewonnen werden.

Eine Verbesserung kann durch

- Optimierung vorhandener Techniken (Wirbelstromsortierung, Magnetscheidung, Klassierung),

- den Einsatz neuer Technologien, wie beispielsweise die sensorgestützte Klaubung

oder durch die

- Anwendung nasser Aufbereitungsverfahren unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit erzielt werden. (Für die Behandlung der Prozesswasser sind bereits Lösungswege gefunden.)

Kraft-Verformungsverhalten von Polypropylen bei hohen Verformungsgeschwindigkeiten und unterschiedlichen Temperaturen

Dipl.-Ing. R. Olwig, Dipl.-Ing. M. Juhnke und Prof. Dr.-Ing. R. Weichert
(Institut für Mechanische Verfahrenstechnik, TU Clausthal)

Rotorscheren und Rotorreißer werden zur Zerkleinerung weicher, nicht-spröder Stoffe, z.B. Kunststoffe eingesetzt. Die dabei in den Rotorscheren und Rotorreißern auftretenden Verformungs- und Zerkleinerungsvorgänge sind sehr komplex. Neben der maschinenbaulichen Seite, etwa Scheren- und Statorgeometrien, Art und Anzahl der Zerkleinerungswerkzeuge, sowie die Art der Materialbelastung spielen die mechanischen Materialeigenschaften beim Zerkleinerungsvorgang eine wesentliche Rolle. Im Falle thermoplastischer Kunststoffe ist das mechanische Materialverhalten gekennzeichnet durch eine starke Abhängigkeit von der Deformationsgeschwindigkeit des Materials und seiner Temperatur. Zur numerischen Simulation der Vorgänge an Rotorscheren und Rotorreißern, mit dem Ziel der Optimierung, werden geschwindigkeits- und temperaturabhängige Materialkennwerte benötigt. Da in Rotorscheren und -reißern Zugbelastungen von Scher- und Reißbelastungen überlagert werden (zudem bei etwa 40 m/s), decken die in der Literatur zu findenden Daten (zumeist Zugversuche nach DIN bis maximal 500 mm/min) die von den Materialmodellen der FEM-Rechenprogramme verwendeten Materialparameter nur unzureichend ab.

Zur Ermittlung von mechanischen Materialparametern von Kunststoffen in Abhängigkeit von der Belastungsgeschwindigkeit und der Temperatur wurde eine Testmaschine für Scher- und Zugversuche entwickelt. Die Scher- und Zugversuche können bei Belastungsgeschwindigkeiten bis 50 m/s und Probentemperaturen zwischen +70 °C und -70 °C durchgeführt werden.

Die Versuchsproben sind in einer massiven Metallhalterung befestigt, werden mit dieser pneumatisch auf die Versuchsgeschwindigkeit beschleunigt, belastet und anschließend hydraulisch abgebremst. Die Aufzeichnung des Kraft-Verformungs-Signals erfolgt mit einer zeitlichen Auflösung von 1 µs über einen Hopkinson-Bar von 2.5 m Länge, der mit Halbleiterdehnungsmessstreifen instrumentiert ist.

Es wurden Scherversuche an Polypropylenplatten mit folgenden Einstellungen durchgeführt:

- Plattenstärken von 2, 5 mm
- dynamische Belastungsgeschwindigkeiten von 3, 7, 15, 25 m/s
- quasistatische Belastungsgeschwindigkeiten von $8 \cdot 10^{-4}$, $2 \cdot 10^{-5}$ m/s
- Scherspalte von 0.2, 0.5 mm
- Temperaturen von -70, -40, -20, 0, +20, +40, +70 °C.

Die Versuchsergebnisse werden vorgestellt und diskutiert.

DEM-Computersimulation von Aufbereitungsmaschinen

Dr.-Ing. Wolfgang Schubert, Dipl. Ing. Manoj Khanal, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Tomas
(Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik)

Die Diskrete-Elemente-Methode stellt ein Handwerkszeug dar, mit deren Hilfe Partikel-Partikel und Partikel-Wand Wechselwirkungen visuell und numerisch am Computer nachgebildet werden können. So lassen sich z. B. Verbundstoffe, wie Beton und Recyclingmaterialien sowie Erze modellieren und ihr Zerkleinerungs- und Transportverhalten simulieren. Dieses Verfahren erlaubt aber auch, das Verhalten dieser Stoffe in Maschinen, wie z. B. Brechern und Klassierern, nachzubilden.

Anhand von 2D-Simulationen eines Prallbrechers, Schwingsiebes und eines Schwimm-Sink-Scheiders werden die zugrundeliegenden Berechnungsalgorithmen erklärt und die online-veränderbaren Parameter, wie Rotordrehzahl und Schwingungsamplitude, diskutiert.

Ein weiteres Modell eines Backenbrechers zeigt die Vorteile einer 3D-Darstellung. Er ist gezeichnet nach den entsprechenden Auslegungsrichtlinien für Pendelschwingenbrecher. Die simulierten Spaltweiten- und Hubzahlverstellungen bewirken realitätsnahe Veränderungen im Zerkleinerungsverhältnis und in der Partikelgröße des gebrochenen Gutes, wobei experimentelle Daten die Ergebnisse aus der Simulation stützen.

Die Anwendung dieser Simulationsmethode ist nicht nur beschränkt auf die Untersuchung bestehender mechanischer Prozesse aus der Verfahrenstechnik, sondern sie kann erweitert werden auf die Prozessoptimierung bis hin zur Maschinenkonstruktion. Experimente als Bestandteil dieser Methode werden dabei gezielt für die Überprüfung der Simulationsergebnisse eingesetzt.

Von der Sandherstellung zur effektiven Edelsplittproduktion - neue Einsatzgebiete der Sandprallmühle

Dr.-Ing. Jens Löwe

(SBM Wageneder GmbH, Laakirchen, Österreich)

Durch zunehmenden Wettbewerb und erhöhte Anforderungen an die Zuschlagstoffe für Betonindustrie und Straßenbaustoffe gewann das Brechen von Überschussskörnungen in der Steine- und Erdenindustrie mit Beginn der 90-iger Jahre immer mehr an Bedeutung.

Dabei wurde besonders nach einer Lösung gesucht, Material kleiner 100 mm effektiv auf ein hochwertiges Endprodukt (hohe Kornform und Bruchflächigkeit, geringe Schlagzahlen) in möglichst einem Brechvorgang herzustellen. Traditionell setzte man hierfür – besonders bei hartem und zäh-hartem Aufgabematerial – Kegelbrecher ein. Zur sicheren Einhaltung der Qualitätsparameter wie Kornform und Bruchflächigkeit mussten z.B. beim Brechen von Kiesüberkorn meist mindestens zwei Kegelbrecher mit den notwendigen Beschickungseinrichtungen und Stahlbau installiert werden.

Prallbrecher kamen bis dahin nur selten zum Einsatz, obwohl diese die geforderten Parameter bei hohen Durchsätzen realisieren könnten. Die Ursachen hierfür lagen besonders im

- hohen Verschleiß an Schlagleisten und Prallplatten,
- hohen Sandanteil,
- sich über die Nutzungszeit der Verschleißteile verändernden Zerkleinerungsverhalten und
- hohen Instandhaltungsaufwand.

Aufbauend auf den Erfahrungen, die die Firma SBM Wageneder in zahlreichen anderen Einsatzgebieten im Hartgestein sammelte wurde die sogenannte Prallmahlmühle zur effektiven Zerkleinerungsmaschine weiterentwickelt. Diese Maschine kam bis dahin vorwiegend zur Herstellung von Sand aus Kalksteinüberschussskörnung bis maximal 60 (100) mm Aufgabegröße zum Einsatz. Um diesen Brecher nun auch bei abrasiven Gesteinen effektiv einsetzen zu können, mussten folgende Aufgaben gelöst werden:

- Optimierung der Prallraumgeometrie
- Erhöhung des Energieumsatzes
- Größeres Aufgabespektrum des Aufgabematerials
- Verbesserte Werkstoffqualitäten und höhere Materialausnutzung der Verschleißteile und
- Reduzierung des Wartungsaufwandes.

Das Ergebnis dieser Entwicklung ist in Bild 1 zu sehen.

⇒ Durch den Rotordurchmesser von ca. 1.100 mm wird ein hoher Energieumsatz beim ersten Aufprall zwischen Gestein und Schlagleiste garantiert.

⇒ Der zentrale Einlauf führt zu einem tiefen Eindringen des Aufgabematerials in den Schlagkreis.

⇒ Die symmetrische Gestaltung des Prallraumes ermöglicht einen „Rechts- und Linkslauf“ des Rotors.

Infolge des Verschleißes werden die Kanten der Schlagleisten auch bei diesem Brecher abgerundet. Ist der Radius \geq der halben Schlagleistenbreite wird die Drehrichtung gewechselt und es steht für die Zerkleinerung wieder eine Leiste mit einer scharfen Kante zur Verfügung.

Reversierbarer Überkornbrecher SMR 10/5/4

Zentraler Einlauf = 2 Drehrichtungen

- * Gute Materialannahme
- * Hohe Schlagleistenausnutzung

7 Brechstufen

Schwerer Rotor

Form und Anzahl
der Schlagleisten
variabel



Geteiltes Gehäuse

Leichte
Wartungsarbeiten

Verschleißteile
austauschbar

Bild 1: Reversierbarer Überkornbrecher

Die Zerkleinerungswirkung des Brechers (Bild 2) wird im Vortrag an unterschiedlichen Einsatzbeispielen (Grauwacke, Kies skandinavischen Ursprungs, Hochofenschlacke u.ä.) dargestellt. Spezifischer Arbeitsbedarf und Verschleißverhalten werden diskutiert.

Überkornzerkleinerung 32/150

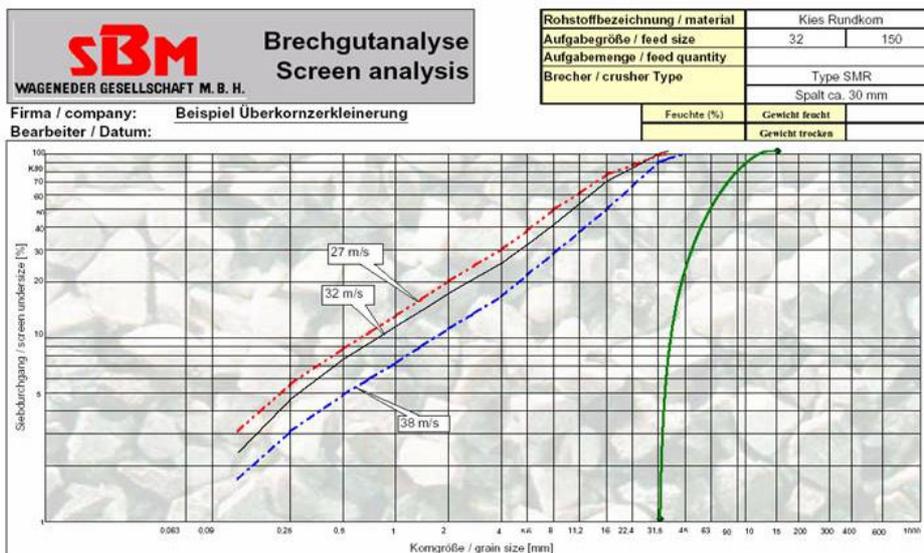


Bild 2: Zerkleinerung von Flusskies

Mehr-Deck-Siebmaschinen für die Erzeugung von vielen Fraktionen

Dr.-Ing. Ernst-Heinrich Dreßler
(Ingenieurbüro Dr. Kneschke & Dr. Dreßler; Freiberg)
Dr.-Ing. Matthias Coppers
(RHEWUM GmbH Remscheid)

Die Anforderungen an neue Endprodukte werden immer höher und ändern sich immer schneller mit der Zeit. Aus diesem Grund bietet die Fa. RHEWUM für feine Trennungen die bekannten Siebmaschinen mit direkter Erregung des Siebbelages, für Trennungen >2 mm die Doppelfrequenzsiebmaschine und seit mehr als 15 Jahren die Mehr-Decksiebmaschine MDS an. Letztere Siebmaschine ist speziell für die Erzeugung einer Vielzahl von trennscharfen Fraktionen entwickelt worden. Durch die Baugrößen von 0,5 x 0,7 m² bis 2,0 x 2,8 m² mit bis zu 23 Siebdecks lässt sich diese Maschine schnell auf wechselnde Anforderungen anpassen. Es lassen sich Siebmaschinen mit einer Siebfläche von bis zu 123 m² oder aber für die Erzeugung von 24 Fraktionen zusammenstellen. Bei der Herstellung von hoch sensiblen Produkten kann die Vielzahl der zur Verfügung stehenden Siebdecks als effektive Siebrisskontrolle genutzt werden. Im Bild ist als Beispiel die Siebung von gemahlenem Perlite angeführt.



Bild: Siebergebnisse von gemahlenen Perlite (In einem Arbeitsgang mit einer Mehr-Decksiebmaschine MDS erstellte Fraktionen < 90 µm (hell), 90 – 200 µm, 200 – 400 µm, 400 – 630 µm, 630 – 1000 µm und >1000 µm (dunkel), angeordnet um die Aufgabe.

Wirkungsmechanismen und erzielbare Mahlergebnisse von Rohr-, Ringtrog- und Lineartrogsschwingmühlen - Hinweise zu Technik und Einsatz der Schwingmühlen in der Produktion

Dipl.-Ing.(FH) Willi Künzel und Dr.-Ing. Klaus Henning
(ARUM Ingenieurbüro, Aalen und Hermsdorf):

Es werden drei Bauarten von Schwingmühlen hinsichtlich Dynamik, Arbeitsweise und Wirkprinzipien, Einsatzgebiete und Einsatzgrenzen sowie Verfahrensweise und Mahlverfahren verglichen. Bei den Schwingmühlen handelt es sich um folgende Bauarten:

- Rohrschwingmühle - RSM
- Ringtrogsschwingmühle - RTSM
- Lineartrogsschwingmühle - LTSM.

Die für die Bauarten günstigsten Einsatzgebiete werden erläutert.

Die Mahlergebnisse von Schwingmühlen in Technikumsgröße und von Produktionsmaschinen werden diskutiert und dabei der Einfluss der Versuchsbedingungen auf Kornverteilungen, Endfeinheiten und andere Parameter der Kornverteilungskurven für verschiedene Roh- und Werkstoffe, z.B. Feldspatsand, Quarzsand, Hart- und Weichferrite, Silizium, behandelt.

Der Stand der Technik wird erläutert.

Ausgehend von langjährigen Erfahrungen und neueren Untersuchungen werden Hinweise zu Lärmschutz, Wärmeabführung und Schwingungsisolierung gegeben.

Aufbereitung und Recycling von Photovoltaik CdTe- Dünnschichtmodulen – EU-Life-Environment Demonstrationsvorhaben RESOLVED

Dr. Lutz B. Giese, Christian Segebade und Karin Weimann
(Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, BAM)

Die Photovoltaik ist ein Zukunftsmarkt (vgl. BUTZ, 2002). Dünnschicht-Photovoltaik-Technologien auf Basis CdTe und CIS gelten als sehr vielversprechend für die Zukunft. Sie besitzen hohe Potentiale hinsichtlich des technischen Fortschritts und der möglichen Kostensenkungen und könnten somit auch die Aussichten auf eine nachhaltige Energieversorgung in der EU verbessern.

Ausgehend von bekannten Ergebnissen (z.B. BINE, 1998; FTHENAKIS, 2000) sollten insbesondere im Bereich der Verbindungshalbleiter-Technologien weitere Anstrengungen im Recycling zur Optimierung der Umweltverträglichkeit und der Ressourcenschonung unternommen werden. Dies dient zum einen als Zukunftsvorsorge, zum anderen haben aber die EU und damit die Mitgliedsstaaten wegen der Elektronikschrotproblematik (vgl. VOLLRATH, 2002; ZANGL, 2004) durch die Verabschiedung der WEEE und RoHS Prozesse frühzeitige Vorsorge im Entsorgungs- bzw. Verwertungsbereich bereits angestoßen.

Das EU Life Vorhaben RESOLVED, in dem Recyclingstrategien für Photovoltaik-Dünnschichtmodule untersucht werden sollen, wurde durch die BAM im EU Life Environment Demonstration Programm beantragt. Es soll eine Laufzeit von drei Jahren haben und ggf. Anfang 2005 beginnen. Partner der BAM sind (i) die Recycling Spezialisten der Deutschen Solar AG in Freiberg mit ihren Erfahrungen im Wafer-Recycling (WAMBACH, 2002), (ii) als Hersteller und Anbieter für CdTe-Dünnschichtmodule die First Solar GmbH in Erfurt (GEGENWART, 2004), (iii) die Life Cycle Analysis Spezialisten der Universität Utrecht/Niederlande (ALSEMA, 2004) sowie (iv) die Flotationsexperten der Universität Miskolc/Ungarn (BOKANYI, 2003).

Es sollen (i) die Vorbehandlung, (ii) die nassmechanische Aufbereitung, (iii) die Großmengenanalytik und (iv) der Wiedereinsatz als Photozellenrohstoff für CdTe demonstriert werden. Neben diesen technischen Aufgaben haben eine umrahmende Grundsatzstudie zur Nachhaltigkeit sowie Ergebnis-Dissemination und Technologie-Transfer wesentliche Bedeutung.

Um RESOLVED vorzubereiten, wurden seit 2002 an der BAM Vorstudien (i) zur Überwachung großer Abfallströme aus dem Elektronikbereich und (ii) zu alternativem Recycling von CdTe- und CIS-Dünnschicht-PV-Modulen begonnen (WEITHÖNER, 2003; GIESE et al., 2003). Die Recyclingstrategie für Dünnschicht-Photovoltaik-Module basiert auf nassmechanischer Behandlung und stützt sich somit auf bewährte Methoden zur Aufbereitung mineralischer Güter. Kernstück ist die Aufbereitungsanlage der BAM (hierzu: FRIEDRICH et al., 1994). Der Prozess verzichtet auf den Einsatz von Säure und den Verbrauch hoher Energiemengen.

- Schritt 1: Zerlegung der Module (mechanisch, unter thermischer Behandlung).
- Schritt 2: Abtrennung der Dünnschicht vom Substrat durch Sandstrahlen.
- Schritt 3: Abtrennung des Strahlmittels von den Cuttings.
- Schritt 4: Separierung der Dünnschicht-Cuttings von der Cutting-Mischung.

Wesentliches Ziel ist nach Feinreinigung die Wiederverwendung der Wertstoffe (z.B. CdTe) zur Herstellung neuer Photozellen desselben Typs. Laut US Geological Survey (USGS, 2004) lag 2003 die Tellurproduktion bei 100 t/a. Zwar besteht eine Reserve von 21.000 t und eine Ressource von 47.000 t, jedoch könnten für die Zukunft Engpässe entstehen, da Tellur Beiprodukt ist.

Im Rahmen der Vorstudie zu RESOLVED wurden auch Verfahrensprüfungen durchgeführt bzgl. (i) Sandstrahlen des Substrates, (ii) Trennung über Dichte- und Korngrößeneigenschaften, (iii) Abtrennung von CdTe über Flotation und (iv) Anwendung radioanalytischer Methoden zur zerstörungsfreien Untersuchung. Die Ergebnisse sind umfassend in LOGE (2004) und SEGEBADE et al. (2004) dargestellt. Die radioanalytischen Nachweismethoden konnten verifiziert werden. Die Sandstrahlexperimente ergaben ein stark abrasives Verhalten von Korund. Die Behandlung des Strahlgutes mittels Flotation ergab eine maximale Ausbeute von 75% an CdTe. Experimente zur Trennwirkung über Dichte und Korndurchmesser lieferten ebenfalls vielversprechende Ergebnisse.

Schriftenverzeichnis

ALSEMA, E. (2004): Critical Issues in the Life Cycle Assessment of Photovoltaic Systems.- In: Jäger-Waldau, A. [Hrsg.]: Proc. Workshop on Life Cycle Analysis and Recycling of Solar Modules – The Waste Challenge, EU, Brüssel, März 2004: 47-56.

BINE (1998): Photovoltaikanlagen - Untersuchungen zur Umweltverträglichkeit.- BINE-Projekt-Info, 6/98.

BOKANYI, L. (2003): Ore Processing Technologies; A Review.- Mining And Environment – Short Course For NGO's, University of Miskolc/Ungarn, Mai 2003, <http://www.omentin.org/pdf/orerew.pdf>, internet.

BUTZ, Ch. (2002): Photovoltaik 2002 – Markt, Akteure, Prognosen.- Sarasin-Studie, Basel.

FRIEDRICH, S., JANSKY, H.-J., NEUMANN, V. & STEGLICH, H.-E. (1994): Versuchsanlage der BAM zur Untersuchung der Bodenwäsche.- Aufbereitungs-Technik, 35 (6): 291-298.

FTHENAKIS, V.M. (2000): End-Of-Life Management and Recycling of PV Modules.- Energy Policy, 28: 1051-1058.

GEGENWART, R. (2004): Recycling of Compound Semiconductor Modules.- In: Jäger-Waldau, A. [Hrsg.]: Proc. Workshop on Life Cycle Analysis and Recycling of Solar Modules – The Waste Challenge, EU, Brüssel, März 2004: 165-174.

GIESE, L.B., WEIMANN, K. & LOGE, K. (2003): Die edle Dame India und der böse Bube Cadmius – Möglichkeiten der nassmechanischen Aufbereitung in der Abfallbehandlung zur Wiederverwertung von PV-Dünnschichtmodulen.- Proc. 18. Symp. Photovoltaische Solarenergie, Bad Staffelstein, März 2003, 2: 394-399.

LOGE, K. (2004): Voruntersuchungen zur Entwicklung eines nassmechanischen Aufbereitungsverfahrens für Alt-CdTe-Photovoltaik-Module.- Diplomarbeit TU Berlin Institut, Berlin.

SEGEBADE, Ch., GÖRNER, W., GIESE, L.B. & LOGE, K. (2004): Application of nuclide-excited EDXRS in the recycling process of photovoltaic CdTe-modules.- Proc. European Conference on X-Ray Spectrometry (EXRS2004), Alghero/ Italy, Juni 2004.

USGS (2004): (US Geological Survey) Mineral Commodity Summaries 2004 – Indium; Selenium and Tellurium, <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/indium/indiummcs04.pdf>, internet.

VOLLRATH, K. (2002): Elektronikschrott: High Noon auf dem Friedhof der Tamagotchis.- wlb Wasser, Luft und Boden, 6: 66-69.

WAMBACH, K. (2002): Recycling von Solarmodulen und Solarzellen – Rückgewinnung von Silizium und Verbindungshalbleitern.- Konf. SIDAF (Aktuelle Situation und Perspektiven in der Abfallwirtschaft), TU Bergakademie Freiberg, April 2002 (Internet).

WEITHÖNER, H. (2003): Aus alten Zellen neue machen – Deutsche Solar steigt in Freiberg in das PV-Recycling ein.- Sonnenenergie, 2/2003: 41-43.

ZANGL, S. (2004): Regulation Scenarios for Waste PV-Modules.- In: Jäger-Waldau, A. [Hrsg.]: Proc. Workshop on Life Cycle Analysis and Recycling of Solar Modules – The Waste Challenge, EU, Brüssel, März 2004: 211-220.

Untersuchung zur Kompaktierung von Steinkohlen durch Stampfen

Dr.-Ing. Jan Rosenkranz und Prof. Dr.-Ing. Halit Z. Kuyumcu
(TU Berlin, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitung)

Während der Koksbedarf für die Roheisengewinnung im Hochofen stetig steigt, nimmt die Verfügbarkeit geeigneter Steinkohlen mit guten Verkokungseigenschaften immer weiter ab. Die Versorgung mit Hochofenkoks ist somit zunehmend auf die Nutzung von Kohlen mit geringem Verkokungsvermögen angewiesen.

Statt die Kohle wie im Schüttbetrieb direkt in den Ofen einzubringen, wird in der industriellen Anwendung im sog. Stampfbetrieb die Kohle bzw. Kohlemischung zunächst zu einem Kohlekuchen durch periodisches Stampfen in einem Formkasten verdichtet, vergleiche Abbildungen 1 und 2.

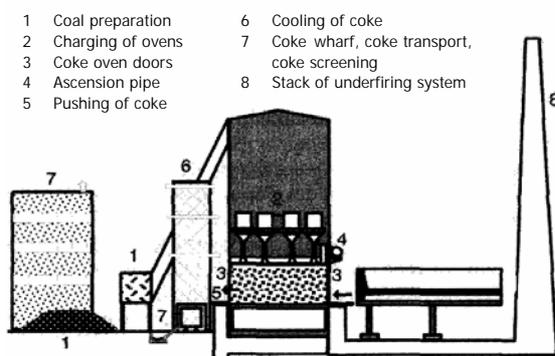


Abbildung 1: Verfahrensprinzip der Steinkohlenverkokung im Schüttbetrieb

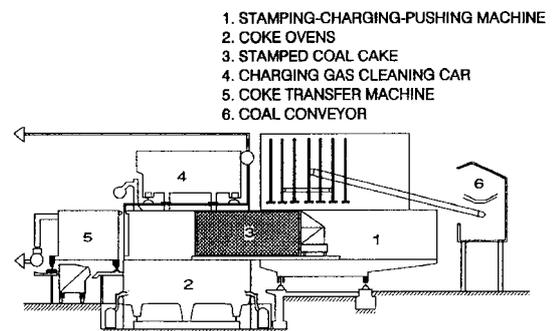


Abbildung 2: Verfahrensprinzip der Steinkohlenverkokung im Stampfbetrieb

Neben der Erzielung einer möglichst hohen Stampfdichte sind für die Leistungsfähigkeit des Verfahrens die Größe und die mechanische Stabilität des Stampfkuchens maßgeblich.

Um für die Dimensionierung der Stampftechnik hinsichtlich Verdichtung und Festigkeit des Kohlekuchens geeignete Methoden entwickeln zu können, wurde im Fachgebiet Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitung der Technischen Universität Berlin eine Versuchsstampfeinrichtung entworfen, die eine Beschreibung des Kompaktierungsverlaufes über die zeitabhängige Messung von Verdichtungsweg und wirkender Normalkraft bei der Stempelbewegung ermöglicht.

Neben der rohstofflichen Charakterisierung der Einsatzkohle (oder von Kohlemischungen) sowie ihren dispersen Eigenschaften (Partikelgrößenverteilung, Partikelformverteilung, Oberflächenfeuchte), ist der Energieeintrag bei der Kompaktierung durch die Einstellung der Fallhöhe des Stempels variierbar. In dem Beitrag wird über erste Versuchsergebnisse zur Untersuchung des Zusammenhanges zwischen Stampfenergie und Verdichtungszustand berichtet. Die bei der Kompaktierung auftretenden weiteren Phänomene wie Zerkleinerungseffekte und das elastisch-plastische Verhalten des Kohlekuchens (Rückprall) sowie deren Abhängigkeit vom Verdichtungszustand des Kohlekuchens werden diskutiert.

Einfluss von Korngröße und Korngrößenverteilung auf Dichte und Festigkeit von AIM- Tabletten

Dr.-Ing. Gert Göll und Dipl.-Ing. Helmut Knöbel

(Sachsenfeuerwerk GmbH Freiberg)

Dr.-Ing. Dietmar Espig

(Technologieberatung Freiberg)

Zum Sicherheitssystem eines Gasgenerator-Airbags gehören neben den eigentlichen pyrotechnischen Satztabletten auch so genannte selbstzündende AIM-Tabletten (Auto Ignition Material), deren Aufgabe darin besteht, den Airbag im Schadensfall (z.B. bei Brand eines Fahrzeuges) kontrolliert und langsam abbrennen zu lassen. AIM-Tabletten verhindern somit die ungehinderte Auslösung des Gasgenerators und schützen Insassen und Fahrzeug.

Die Herstellung der AIM-Tabletten aus einer feindispersen Zweikomponentenmischung erfolgt in der SF Automotive GmbH Freiberg durch Pressformgebung, d.h. in einer hydraulisch betriebenen Mehrfachstempelpresse durch eine einachsig wirkende Druckbeanspruchung (spezifische Pressbeanspruchung je Tablette: 338 MPa). Pulvereigenschaften einerseits und Pressbedingungen andererseits sind dabei qualitätsbestimmend für die entsprechenden Tabletteneigenschaften Dichte und Festigkeit.

Im vorliegenden Beitrag wird insbesondere der Einfluss von Korngröße und Korngrößenverteilung von synthetisch zusammengesetzten, unterschiedlich verteilten Pulvermischungen auf das Verdichtungs- und Pressverhalten untersucht. Die verwendeten Modellpulvermischungen werden dabei charakterisiert durch die schüttgutspezifischen Größen wie Schüttdichte, Rütteldichte, Hausner-Faktor u.a., und es wird die Abhängigkeit dieser Pulvergrößen vom Feingutanteil $< 25 \mu\text{m}$ der Ausgangsmischungen aufgezeigt. Für die entscheidenden Qualitätsparameter der AIM-Tabletten Dichte und Festigkeit wird deren Abhängigkeit von der Kornzusammensetzung der Pulvermischungen grafisch und in einem regressionsanalytisch formulierten Prozessmodell dargestellt. Das statistisch abgeleitete Prozessmodell stellt den physikalisch begründeten Zusammenhang zwischen gemessener und berechneter Tablettenfestigkeit (Spaltzugfestigkeit) dar, wenn Tabletten-dichte und der Spanwert U als relative Verteilungsbreite der Pulvermischungen bekannt sind. Als Beispiel zeigt das Diagramm 1 den entwickelten Zusammenhang.

Anhand der aufgestellten linearen Regression kann belegt werden, dass es mit einer ausreichend guten linearen Korrelation ($r=0,70$) möglich ist, von den Analysendaten zur Dichte und zur Korngrößenverteilung der Pulvermischungen auf die Spaltzugfestigkeit σ zu schließen. Die blau eingezeichneten Linien markieren dabei den 80%-Vorhersagebereich.

Damit kann die mit erheblichem Prüfaufwand verbundene Messung der Bruchkraft immer dann entfallen, wenn der Rechenwert der Spaltzugfestigkeit $>1,9 \text{ N/mm}^2$ beträgt. Dieses Kriterium kann als hinreichend dafür gelten, dass die tatsächliche Spaltzugfestigkeit der Tabletten oberhalb der Mindestsollfestigkeit von $1,5 \text{ N/mm}^2$ liegt.

Je höher die Dichte und je höher die relative Verteilungsbreite der Pulvermischungen sind, umso höher wird im Mittel auch die Spaltzugfestigkeit ausfallen.

Gemessene Dichtewerte $>1,9 \text{ g/cm}^3$ und gleichzeitig Spanwerte $>1,5$ der vorlaufenden Pulvermischungen sind ein Zeichen dafür, dass die erforderliche Mindestsollfestigkeit der Tabletten mit hoher Wahrscheinlichkeit im Verarbeitungsprozess erreicht wird. Bezogen auf die Korngrößenverteilung der Pulvermischungen bedeutet diese, dass sich bei einer

möglichst feinen Korngrößenverteilung der Ausgangsstoffe eine gewisse Verteilungsbreite sogar vorteilhaft auf die Tablettenfestigkeit auswirkt. Damit bestätigen vorliegende Untersuchungen physikalisch begründete Ansätze zum Verdichtungs- und Pressverhalten von feindispersen Pulvermischungen und experimentell gewonnene Erkenntnisse aus anderen Anwendungsbereichen (z.B. Pharmazie).

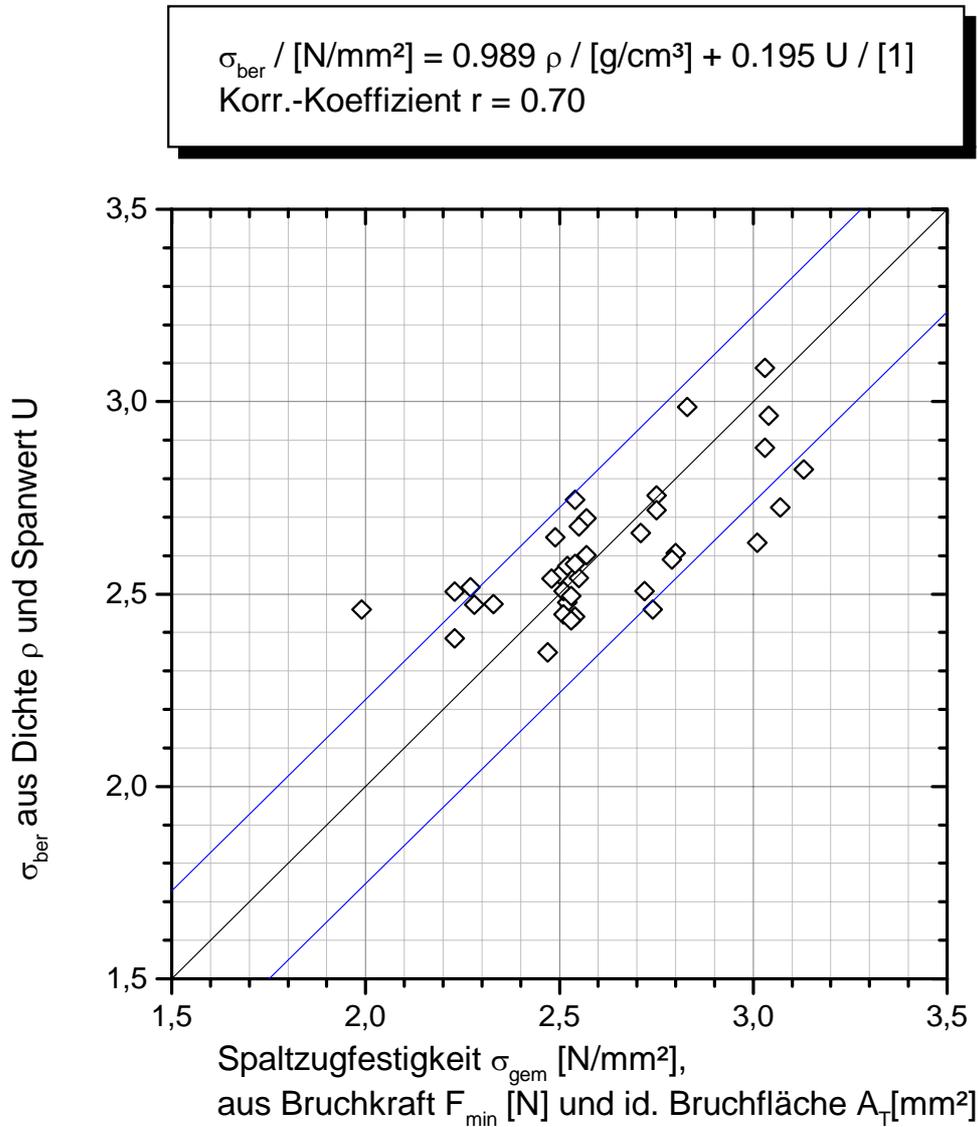


Diagramm 1: Statistisch abgeleitetes Prozessmodell für den Zusammenhang zwischen gemessener und berechneter Tablettenfestigkeit (Spaltzugfestigkeit), wenn Tabletten-dichte und der Spanwert U als relative Verteilungsbreite der Pulvermischungen bekannt sind.

Oxidische Syntheselote für die Konditionierung radioaktiver Materialien

Dipl.-Ing. Regine Wolf, Dipl.-Ing. Roland Rasper, J. Knorr, W. Lippmann und A.- M. Reinicke

(TU Dresden, Institut für Energietechnik, Professur Kernenergietechnik)

Das Gesetz vom 14.12.2001 zur geordneten Beendigung der Kernenergienutzung in Deutschland schließt eine sichere Entsorgung und Endlagerung aller radioaktiven Abfallstoffe inklusive der Konditionierung mit ein. Neben den Abfallstoffen aus den Kernkraftwerken sind radioaktive Abfälle aus den Bereichen Forschung und Medizin zu entsorgen.

Im Vortrag werden Ergebnisse eines vom Sächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kunst geförderten Forschungsprojektes vorgestellt, das unter Leitung der TU Dresden mit dem Laserinstitut Mittelsachsen e.V. in Mittweida und der Technische Keramik Meißen GmbH bearbeitet wurde. Zielstellung der Arbeiten war die Entwicklung eines Verfahrens, mit dem hoch radioaktiv kontaminierte Abfallstoffe sicher eingeschlossen werden können.

Bekannt ist der Einschluss radioaktiver Abfallstoffe in High Level Waste (HLW) - Glas, ein Borsilikatglas mit Erweichungstemperaturen $<1000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dagegen sind Siliciumcarbid- und Siliciumnitrid-Keramiken infolge ihres hohen kovalenten Bindungsanteils je nach Herstellungsverfahren bis in den Temperaturbereich von $1400 - 1600\text{ }^{\circ}\text{C}$ einsetzbar, korrosionsresistent, langzeitdicht und strahlenresistent, so dass sie als Werkstoff für die Konditionierung hoch radioaktiver Stoffe besonders geeignet erscheinen.

Voraussetzung für die Anwendung nichtoxidischer Keramik in der Kerntechnik ist die Verfügbarkeit stoffschlüssiger, hochfester und temperaturbeständiger Füge-technik. Als besonders geeignet erscheint das stoffschlüssige Fügen der Keramik mittels Löten, wobei das Lot die zu fügenden Flächen bei Erreichen der Füge-temperatur benetzt und mit sinkender Temperatur erstarrt.

Ein wichtiger Aspekt ist dabei eine gute Benetzung der Werkstoffoberfläche durch das Lot, dagegen ist bezüglich des Korrosionsverhaltens genau das Gegenteil erwünscht. Füge-Tests mit metallischen und silicidischen Loten zeigen eine ungenügende Benetzung der Keramikoberfläche sowie eine unzureichende mechanische und thermische Stabilität der Fügenaht.

Oxidische Glas/Keramiklote mit einer über die chemische Zusammensetzung eingestellten Viskosität von 10^1 bis 10^2 Pa·s im Bereich der Füge-temperatur benetzen die Keramik dagegen gut. Bei der Wahl der Lotzusammensetzung ist außerdem die Anpassung der thermischen Dehnung des Syntheselotes an die Keramik unabdingbar, da thermisch induzierte Fügenahtspannungen - und damit die Neigung zur Rissbildung - um so höher sind, je größer der Unterschied der thermischen Dehnung der Füge-partner und je dicker die Fügenaht ist. Ein gewisser Anteil an kristalliner Phase im Glas kann über die chemische Zusammensetzung und über das Abkühlregime erzeugt werden, so dass die Neigung zur Rissbildung in der Fügenaht weiter gemindert wird.

Besonders gut erfüllen Lotsysteme aus den Oxiden SiO_2 , Al_2O_3 und Y_2O_3 die angeführten Forderungen. Al_2O_3 und Y_2O_3 werden auch als Sinteradditive für das Flüssigphasensintern von SiC verwendet.

Anhand von thermochemischen Berechnungen mit dem Programmsystem „ChemSage“ werden unter Verwendung von 2 Datenfiles für die Systeme Si-C-O-Al-Y-H-Ar-N und Al_2O_3 - SiO_2 - Y_2O_3 Reaktionen zwischen Keramik und Lotsystem simuliert und geeignete Lotzusammensetzungen im Dreistoffsystemen $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Y}_2\text{O}_3$ ausgewählt.

Der Ersatz von Y_2O_3 durch ZrO_2 ist dann vorteilhaft, wenn das SiC zum Einschließen frischer kugelförmiger Brennelemente verwendet werden soll. ZrO_2 -Verbindungen sind infolge ihres geringeren Neutronenabsorptionsquerschnittes für den Einsatz in Kernkraftwerken besser geeignet als Y_2O_3 -haltige Gläser.

Fügetests in der Hochtemperaturanlage „OSIRIS“ zeigen, dass die Fügetechnologie an die verwendete Keramik wie drucklos gesintertes Siliciumcarbid (SSiC), flüssigphasengesintertes Siliciumcarbid (LPSSiC) oder reaktionsgesintertes Siliciumnitrid (RBSN) angepasst werden muss. Als besonders günstig erweist sich die Verwendung synthetisierter oxidischer Lote, deren Zusammensetzung der Bindephase der für den Einschluss verwendeten Keramik entspricht.

Die Syntheselote werden durch Mischen der reinen Ausgangsstoffe mit einem Rührwerk in Alkohol, Trocknen der Suspension sowie Schmelzen und Läutern in einem Hochtemperaturofen hergestellt. Anschließend wird das in kaltem Wasser abgeschreckte Glas in einer Fliehkraftmühle mit Achatmahltopf und Achatkugeln auf Partikelgrößen $<63\ \mu\text{m}$ gemahlen, um die Bildung niedrig schmelzender Eisenverbindungen durch Fe-Kontamination zu vermeiden und die Entstehung einer dünnen, gleichmäßigen Reaktionsschicht beim Fügen zu erreichen.

Die Charakterisierung der Syntheselote und Fügenähte erfolgt mit Hilfe röntgenografischer, thermogravimetrischer, mikroskopischer und laserspektroskopischer Methoden. Weiterhin werden die Biegefestigkeit gefügter Biegestäbe und die Dichtheit gefügter SiC-Kapseln geprüft.

Um den sicheren Einschluss radioaktiver Komponenten ohne Temperaturbelastung zu gewährleisten, wird die Lasertechnologie als stoffschlüssige, hochfeste und temperaturbeständige Fügetechnik genutzt. Bei diesem Verfahren werden die zu fügenden Keramikteile lediglich im Bereich der Fügezone kurzzeitig erhitzt, so dass das einzuschließende radioaktive Material kaum thermisch beansprucht wird.

Potentielle Einsatzgebiete für das vorgestellte Verfahren sind:

- die Konditionierung gebrauchter Kugelbrennelemente aus stillgelegten Kernkraftwerken in SiC- bzw. Si_3N_4 - Kugelhälften
- die Kapselung hoch radioaktiver Abfälle aus Forschung und Medizin
- die Einkapselung frischer kugelförmiger Brennelemente in SiC - Keramik für den Einsatz in der Kernenergietechnik
- das Fügen von SiC - Faserkeramikbauteilen (chemische Industrie, Luft- und Raumfahrt).

Literatur:

Lippmann, W.; Knorr, J.; Wolf, R.; Rasper, R.; Exner, H.; Reinecke, A.-M., Nieher, M., Schreiber, R.: Laser joining of silicon carbide - a new technology for ultra-high temperature resistant joints. In: Nuclear Engineering and Design 231 (2004) 6, 151 - 161.

Metallische und keramische Pulvermaterialien für die Beschichtungstechnik

Prof. Dr. rer. nat. habil. Hanspeter Heegn und Dr.-Ing. Andre Kamptner
(UVR-FIA GmbH Freiberg)

Im Poster wird über Entwicklungsarbeiten zur Präparation von Metall- und Keramikpulvern für Beschichtungsverfahren, Pulvermetallurgie und Kompositherstellung berichtet. Dabei werden folgende Methoden der Pulverpräparation vorgestellt:

- Zerkleinerung und Klassierung von kompakten gut kristallisierten Ausgangsmaterialien auf den geforderten granulometrischen Zustand, wobei insbesondere feinstkornfreie Pulver im Bereich 20-100 µm angestrebt werden. Ergebnisse zu den Materialien Titan, Zirkonium, Hafnium, Wolfram, Molybdän, Selten-Erden-Magnetlegierungen, PTCR-Keramik, Ferritkeramik u.a. werden gebracht.
- Gewinnung von Pulvern mit Prelegierungsstrukturen, die durch einfaches Mischen oder durch konventionelle Schmelztechnologien nicht oder nur mit wesentlich größerem Aufwand herstellbar sind, durch mechanisches Legieren. Beispiele des mechanischen Legierens in den Systemen Titan-Aluminium, Eisen-Aluminium, Nickel-Aluminium, Nickel-Magnesium, Eisen-Titan, Kupfer-Titan u.a. werden vorgestellt
- Gewinnung von nanostrukturierten Precursormaterialien durch Kompaktierung von nanokristallinen Pulvern oder von Festkörpern mit Porensystemen im Nanometerbereich.

Die durch Kalzinierung, aber auch durch Abscheiden aus der Dampfphase, plasmachemische Methoden, Sol-Gel-Verfahren u.a. hergestellten nanokristallinen Stoffe besitzen meistens Agglomeratstrukturen mit großen Porenanteilen im Bereich <10 nm, so dass eine Weiterverarbeitung zu kompakten Werkstoffen Schwierigkeiten bereitet. Die lockere Packung wirkt sich insbesondere bei der Pressverdichtung negativ aus. Die große Sinteraktivität dieser Stoffe kann nur ungenügend ausgenutzt werden. Es treten große Schwindungen ein, und es bilden sich für die Werkstoffeigenschaften ungünstige Gefüge. Durch die angewandten mechanischen Verfahren gelingt es bei Kalzinaten, z.B. aus Magnesit, Silicagel oder Aluminiumhydroxid, und aus der Dampfphase abgeschiedenen hochdispersen Oxiden, z.B. Aluminiumoxid, Siliciumdioxid (Aerosilen) oder Magnesiumoxid Pulver zu gewinnen, die ein sehr gutes Verdichtungsverhalten beim Sintern zeigen.

Ausgehend von den Ergebnissen aus Laborexperimenten besteht die Möglichkeit einer Präparation im halbtechnischen und technischen Maßstab.

Spezifische Untersuchungsmethoden zur Stoffcharakterisierung sind

- Teilchengrößenanalyse durch Lasergranulometrie bzw. Prüfsiebung und Sichtung
- Oberflächenbestimmung nach BET und Adsorptionsporosimetrie
- Oberflächenbestimmung nach Blaine
- Quecksilberporosimetrie
- Röntgenpulverdiffraktometrie für Phasen- und Realstrukturanalyse
- Dichtebestimmung (Rein-, Roh-, Schüttdichte)
- Mahlbarkeitsuntersuchungen nach BOND, MITTAG oder ZEISEL
- Bestimmung von Festkörperreaktivitäten bei Löse- und Sinterprozessen
- Dispergier-, Flockungs- und Absetzverhalten von Suspensionen
- Rheologische Untersuchungen.

Der Hydrozykloneinsatz in der REA-Gips-Abtrennung

Dipl. Chem. Uwe Fankhänel

(UVR-FIA GmbH Freiberg)

Dipl.-Ing. Lothar Hilbert

(Vattenfall Europe AG & Co. KG, KW Lippendorf)

Rauchgasentschwefelungsanlagen (REA) in Kraftwerken arbeiten überwiegend nach dem Nasswaschverfahren. Dabei wird schwefelhaltiges Rauchgas im Gegenstrom mit einer calciumhaltigen Waschsuspension in Kontakt gebracht. SO_2 (und SO_3) aus dem Rauchgas werden absorbiert. Entstehendes Hydrogensulfit wird mit Luftsauerstoff oxidiert. Der entstehende Gips muss kontinuierlich ausgeschleust werden. In der Baustoffindustrie kann dieser REA-Gips bei hinreichender Qualität als Rohstoff eingesetzt werden.

Für die Gipsausschleusung und Abtrennung von Verunreinigungen werden Hydrozyklonbatterien und Absetzbecken eingesetzt. Die Qualität des REA-Gipses wird maßgeblich durch das Körnungsband und den Anteil anhaftender (färbender) Verunreinigungen bestimmt. Parallel zu Betriebsuntersuchungen im Kraftwerk wurden durch UVR-FIA an einem Hydrozyklonversuchsstand Optimierungsuntersuchungen durchgeführt.

Vergasungstechnologie für die Umwandlung von Biomasse in Wasserstoff und andere chemischen Grundstoffe

Future Energy GmbH, Freiberg

FUTURE ENERGY GmbH ist ein Engineering-Unternehmen, das sich schwerpunktmäßig mit Prozessen der Druckvergasung, der Synthesegasbehandlung und -aufbereitung sowie den Systemen der Medienzuführung beschäftigt, insbesondere:

PROZESSENGINEERING; dies stützt sich auf eine Vielzahl eigener Verfahren, Technologien und Entwicklungen, die patentrechtlich geschützt sind. Neben der Ausarbeitung von Studien und Gutachten, der Ausführung von Pre-Basic- und Basic-Projekten sowie der fachlichen Unterstützung und Leitung von Inbetriebnahmen, der Anlagenbegutachtung und der Anlagen- / Prozessoptimierung nehmen auch die Entwicklung und Konstruktion von Komponenten des Vergasungsprozesses breiten Raum ein. Genannt sei hier die Entwicklung angepasster Brennersysteme und das Design von Reaktoren und Quenchern für Anwendungsfälle im Bereich der Vergasungstechnologie.

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG, mit Schwerpunkt auf dem Versuchsbetrieb. Hier bietet FUTURE ENERGY einen weitreichenden internationalen Entwicklungs- und Untersuchungsservice an, der von Untersuchungen zur Vergasbarkeit von verschiedensten Medien über die Prozess- und Anlagenoptimierung und die Maßstabsübertragung auf kommerzielle Anlagen bis hin zur Entwicklung, Bau und Erprobung von Anlagenkomponenten wie Brenner und der Testung verschiedenster Wertstoffe und Materialien reicht. Komplettiert werden die Versuche durch fachkompetente Auswertung und Beurteilung. Da unsere Anlagen Versuchsanlagenstatus besitzen, ist für die Durchführung von Versuchen und Testreihen kein gesondertes Genehmigungsverfahren durchzuführen.

1. Vergasungstechnologien

Kernstück des NOELL-Konversionsverfahrens ist ein Flugstromvergaser, bei dem kohlenstoffhaltige Materialien in der Staubwolke mit Zusatz von Sauerstoff zu Synthesegas gespalten werden. Die Vergasungsreaktion vollzieht sich in einem zylindrischen Reaktionsraum bei Temperaturen oberhalb der Rußgrenze bzw. des Schmelzpunktes der anorganischen Bestandteile. Bei Temperaturen von mehr als 2000 °C werden alle organischen Verbindungen, selbst das thermisch sehr stabile Methan, zu CO und Wasserstoff gespalten. Diese sehr weitgehende Umwandlung der organischen Substanz resultiert zum Einen aus der hohen Temperatur, zum Anderen aber aus der vollkommenen Durchmischung im Reaktionsraum. Diese Reaktionsbedingungen gewährleisten, dass alle organischen Verbindungen sicher zerstört und die mineralischen Bestandteile aufgeschmolzen werden. Durch Injektion von Wasser im Quenchsystem wird das Gas gekühlt und ein Schlackengranulat mit glasartiger Struktur erzeugt. Die Eluatwerte dieses Granulates liegen deutlich unterhalb der Grenzwerte für die Deponieklasse 1 gem. TA Siedlungsabfall. Die reduzierende, sauerstofffreie Atmosphäre verhindert in Verbindung mit der raschen Abkühlung die Neubildung von chlororganischen Schadstoffen wie z.B. Dioxine und Furane. Das Gas wird unter Gewinnung von Dampf oder Heißwasser weiter gekühlt. Die für die Vergasung typischen Schadbestandteile wie H₂S, COS, HCN und NH₃, werden durch klassische Gasaufbereitungs- und Konditionierungsverfahren entfernt. Dabei wird nutzbarer, elementarer Schwefel gewonnen. Das so gewonnen Reingas ist frei von flüchtigen Schwermetallen und toxischen organischen Bestandteilen. Es wird für den Betrieb von Gasmotoren oder Gasturbinen, z.B. im Rahmen von Blockheizkraftwerken, eingesetzt, aber auch für die

Beheizung von Dampferzeugern oder Industrieöfen. Bei ausreichendem Aufkommen ist es als Synthesegas für die Erzeugung chemischer Grundstoffe oder synthetischer Kraftstoffe, wie Methanol, geeignet.

2. Reaktordesign

2.1. Kühlturm Reaktor

Bei der Vergasung aschehaltiger Einsatzstoffe wird die Kontur des Reaktionsraumes durch einen wasserbeaufschlagten Kühlturm in Form einer Rohrwand begrenzt. Dieser Kühlturm sichert im Gegensatz zu feuerfest ausgekleideten Systemen lange Reisezeiten bei hoher Verfügbarkeit. Die aufgeschmolzene Schlacke fließt dabei an der durch eine dünne Schicht spezieller Stampfmasse und eine Schicht darauf erstarrter Eigenschlacke geschützten Wandung nach unten ab.

2.2 Ausgemauerter Reaktor

Der für die Vergasung aschefreier oder aschearmer Brennstoffe vorgesehene Reaktor ist mit einer äußeren Kühlwand ausgestattet, wobei Erfahrungen aus dem Einsatz des Kühlturms und der Feuerfestauskleidung kombiniert wurden. Die Kühlwand, in der Oberflächengestaltung ähnlich der Innenseite eines Kühlturms, schützt das Mauerwerk vor Überhitzung. Tritt ein Abtrag vom Mauerwerk durch Brennstoffasche auf, so wird sich auf Grund niedrigerer Temperaturen Schlacke an diesen Stellen verfestigen. Diese Reaktorversion kann neben der Vollquenchung auch mit einer Teilquenchung ausgestattet werden bzw. einem Strahlungswärmetauscher vorgeschaltet werden.

3. Versuchsanlagen

Zur Erprobung neuer oder weiterentwickelter Ausrüstungen sowie zur Untersuchung unterschiedlichster Vergasungsstoffe dienen die Versuchsanlagen der Future Energy GmbH in Freiberg. Das weltweit wahrscheinlich umfangreichste Forschungs- und Entwicklungszentrum für die Druckvergasung umfasst heute:

- 2 Vergasungsreaktoren mit Leistungen von 3-5 und 7-10 MW bei Vergasungsdrücken bis 25 bar.
 - Katalytische COS- und HCN-Hydrolyseanlage
 - Entschwefelungsanlage nach dem Sulferox-System
 - Komplette Abwasseraufbereitung u.a. mit Schwermetallfällung
 - NH₃-Antrieb
 - Thermische Klärschlamm-trocknung und Mahlung
 - Drehrohrpyrolyse mit einem Durchsatz von 500-700 kg/h mit kompletter Produktaufbereitung
 - Diverse Förder- und Einspeisesysteme für staubförmige, flüssige und pastöse Vergasungsstoffe
- a) Großtechnische Demonstrations- und Versuchsanlage zum Noell-Konversionsverfahren 7-10 MWth
Leistung: 1,5 t/h Klärschlamm (25...35% TS)
0,72 t/h Restabfall aus Hausmüll (max. 30% Wassergeh.), 7...10MWth
- b) Vergasungstechnische Versuchsanlage 3...5 MWth VV 100:
Leistung: 3...5 MWth, ca. 300 kg/h Vergasungsmedium.

Aufbereitungstechnik für das Buntmetallrecycling

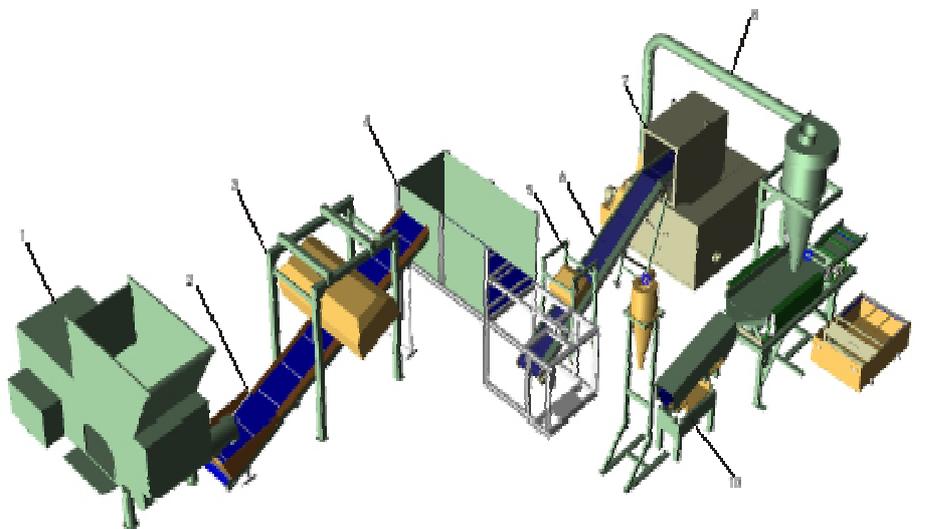
Dipl. Chem. Ingrid Wendschuh
(Europarts Drochow GmbH)

Die Kabelgranulieranlage "EUROMASTER" ermöglicht die Rückgewinnung der Buntmetalle aus faktisch jeder Sorte Schrottkabel.

Die Separation der metallischen von den nichtmetallischen Bestandteilen erfolgt über deren aus dem Dichteunterschied resultierenden verschiedenen Verhalten in einem Wasserbett, welches über Düsen auf den Nasstrenntisch aufgebracht wird. Während die Metallteilchen auf dem Tisch nach oben wandern, schwimmen die Kunststoffteilchen auf und werden mit dem Wasser weggespült. Das garantiert eine nahezu 100%-ige Trennung der Stoffe, unabhängig von der Struktur der Metallteilchen. Das heißt zum Beispiel, Kupferlitzen werden mit der gleichen Reinheit wie massive Kupferteilchen ausgetragen. Der Kupfergehalt im Kunststoff beträgt nach der Separation weniger als 1%. Der Wasserstrom wird im Kreislauf geführt. Die Anlage zeichnet sich neben ihrer herausragenden Separationsschärfe vor allem durch geringe Energieaufnahme, geringen Platzbedarf und nicht zuletzt durch einen günstigen Preis aus. Diese Vorteile versetzen den Anwender in die Lage, Kabelschrotte äußerst kostengünstig aufzuarbeiten und damit auf dem Altkabelmarkt spürbare Wettbewerbsvorteile zu erlangen.

Für die Kabelgranulieranlage "EUROMASTER" kann in ihrer Standardausführung mit einem Durchsatz von 300 kg bis 400 kg gerechnet werden. Diese Werte können in Abhängigkeit von der Qualität der eingesetzten Kabel auch über- oder unterschritten werden. Als Vorzerkleinerungsmaschine empfiehlt sich der Einwellenzerkleinerer WS 22, der in seiner Durchsatzleistung von durchschnittlich 500 kg pro Stunde mit der Anlage harmonisiert und darüber hinaus eine Reihe weiterer Zerkleinerungsaufgaben (Papier, Holz, Kunststoffe etc.) lösen kann.

Nicht möglich ist die Separierung der Metalle voneinander (zum Beispiel Kupfer von Aluminium oder Kupfer von Blei). Die Verarbeitung von fett- oder ölhaltigen sowie Feummantelten und Fe-armierten Kabeln ist bezüglich des Granulat-Reinheitsgrades problematisch. Fettige Kabel können nur zu ca. 10% zu gewöhnlichen Kabeln zugesetzt werden. Bei stark eisenhaltigen Kabeln, insbesondere wenn dünne Eisendrähte im Kabel enthalten sind, kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich Fe - Teile im Kupfer finden.



- 1 Vorzerkleinerer
WS 30 DA
- 2 Gurtbandförderer
GBF 600 G
- 3 Überbandmagnet
CP 15/60 incl.
Traggerüst
- 4 Zugbodenbunker
- 5 Überbandmagnet
UPERBRUTE incl.
Traggerüst
- 6 Gurtbandförderer
GBF 400
- 7 Schneidmühle
G 400/600
- 8 pneumat. Förder-
system ZD 180
- 9 Nasstrenntisch
EUROMASTER
- 10 Trocknungs-
einrichtung

Der Einfluss der Mahlbedingungen und des Energieeintrages auf die Strukturänderungen beim mechanischen Legieren

Dr. Ing. Edith Reinsch und Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Husemann

(TU Bergakademie Freiberg)

Prof. Dr. rer. nat. habil Hanspeter Heegn

(UVR-FIA GmbH Freiberg)

Durch mechanisches Legieren können Legierungen aus sonst nicht mischbaren Feststoffen, aus Feststoffen mit unterschiedlichem Schmelzverhalten, aus intermetallischen oder metastabilen Phasen erzeugt werden. Damit wird es möglich, Werkstoffe mit völlig neuen Eigenschaften zu entwickeln. Die vorteilhaften Eigenschaften resultieren vor allem aus der chemischen und mikrostrukturellen Homogenität, die mit konventionellen Technologien nicht erreicht wird. Prozessbestimmend sind beim mechanischen Legieren die Verformung, der Bruch und das Verschweißen von Partikeln sowie Diffusionsvorgänge der Komponenten zu neuen Legierungsstrukturen.

Die Forschung zum mechanischen Legieren konzentrierte sich bisher hauptsächlich auf die Beschreibung der verbesserten Eigenschaften spezieller Pulvermischungen, die Kinetik der Phasenumwandlung bzw. Phase Neubildung, sowie auf die Modellierung der thermodynamischen Vorgänge und hat auf diesen Gebieten ein hohes Niveau erreicht.

Das mechanische Legieren wird in unterschiedlichen Mühlen (Planetenmühlen, Schwingmühlen, Attritoren oder Kugelmühlen) durchgeführt, wobei die Beanspruchungsbedingungen kaum vergleichbar sind. Wesentliche Parameter zur Beschreibung von Zerkleinerungsergebnissen sind die Intensität, die Geschwindigkeit und die Häufigkeit der Beanspruchungsereignisse sowie die spezifische Energie.

Auf dem Poster werden die Modellapparatur und erste Ergebnisse zum Einfluss der Beanspruchungsbedingungen vorgestellt.

Für die Untersuchungen wird eine Kugelwälzmühle (Prinzip: Mahlbarkeitsprüfer nach Hardgrove) verwendet, in der Anpresskraft und Drehzahl getrennt variiert werden können. Eine senkrecht stehende Welle wird von einem Elektromotor über einen Riementrieb angetrieben und überträgt die Energie auf 8 Mahlkugeln die auf einer ringförmigen Mahlbahn ($d = 70 \text{ mm}$) das Mahlgut beanspruchen. Die Kugelwälzmühle kann mit Schutzgas betrieben werden. Für die hier untersuchten Stoffsysteme, Kupfer, Eisen, Titan und deren binären Mischungen wurde Argon verwendet.

An der Modellapparatur werden Drehmoment und Drehzahl (an der Antriebswelle) sowie Druck und Temperatur im Mahlraum in Abhängigkeit von der Mahldauer registriert und daraus die mechanisch zugeführte Energie und die entstehende Wärmeenergie bestimmt. Außerdem wird mit einem Leistungsmessgerät, das die Phasenverschiebung berücksichtigt, die zugeführte Elektroenergie registriert. Aus Bild 1 ist für das Stoffsystem $\text{Cu}_{50}\text{-Ti}_{50}$ ein Vergleich von elektrischem und mechanischem Leistungseintrag in Abhängigkeit von der Beanspruchungsdauer ersichtlich. Mit beiden Messsystemen werden die Änderungen im Leistungseintrag in den unterschiedlichen Stadien der Legierungsbildung sehr gut erfasst. Die Messwerte stimmen überein, wenn die Leerlaufleistung berücksichtigt wird. Damit kann die zugeführte spezifische Energie sowohl auf mechanischem als auch auf elektrischem Weg exakt erfasst werden. Das ist vor allem für einen Vergleich der Legierungsbildung in Mühlen mit unterschiedlichen Beanspruchungsbedingungen wesentlich.

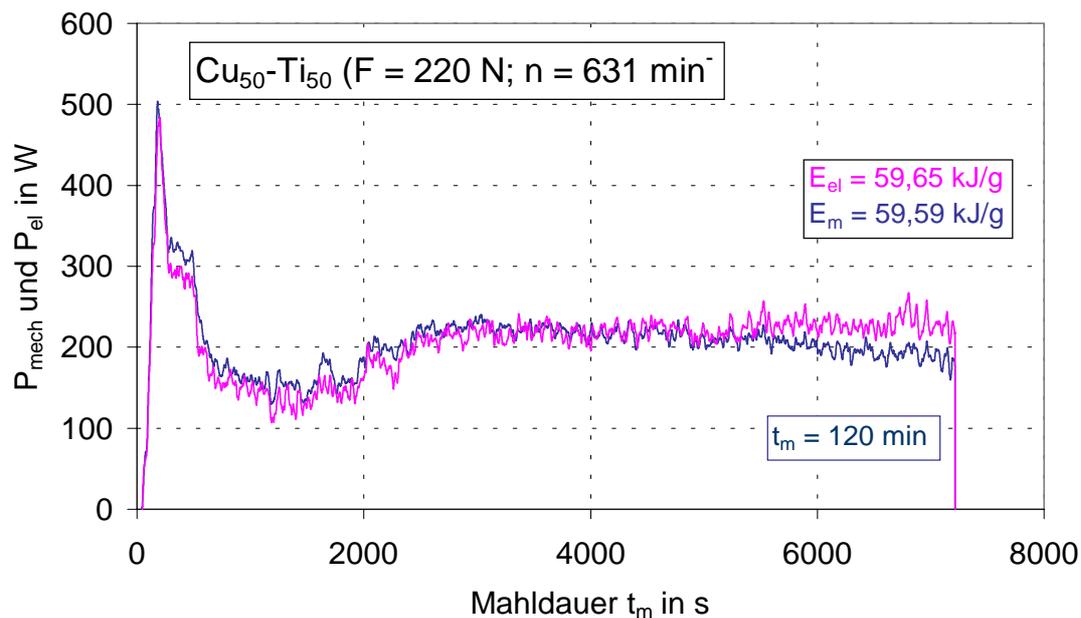


Bild1: Vergleich von elektrischem und mechanischem Leistungseintrag bei der Mahlung in der Kugelwälmühle

Die in der Kugelwälmühle beanspruchten Materialien werden durch Röntgenbeugung (Mikrostruktur und Kristallitgröße) sowie Partikelgrößenmessungen charakterisiert. Die Röntgendiagramme der hier untersuchten Stoffsysteme zeigen, dass es bei der Mischung von Kupfer mit Titan und Eisen mit Titan (Mischungsverhältnis: 50 at.%) zur Bildung von intermetallischen Verbindungen kommt, während beim System Kupfer-Eisen das Eisen in das Kupferraster diffundiert und eine feste Lösung von Eisen in Kupfer entsteht.

Exemplarisch ist für die Phasenneubildung von Fe-Ti die Abhängigkeit der Peakintensitäten von den Beanspruchungsbedingungen dargestellt. Mit steigender Drehzahl und Auflast erhöhen sich die Peakintensitäten, d.h. mit zunehmender Beanspruchungsintensität wird die Phasenneubildung in wesentlich kürzeren Zeiten erreicht.

Betrachtet man die Peakintensitäten in Abhängigkeit von der spezifischen Energie so zeigt sich, dass sich die Messwerte alle um eine Ausgleichskurve anordnen. Damit wird deutlich, dass die spezifische Energie auch beim mechanischen Legieren die entscheidende Einflussgröße darstellt. Die starke Streuung der Messwerte ist auf Inhomogenitäten im Material zurückzuführen, die aus den starken Anbackungen des Materials im Mahlraum und aus großen Unterschieden in der Partikelgröße resultieren. Das soll durch den Einsatz von Mahlhilfsmitteln verbessert werden.

Die Ergebnisse (Peakintensitäten) stimmen auch mit denen einer technischen Labormühle (Scheibenschwingmühle) überein, wenn man sie anhand der gemessenen spezifischen Energie vergleicht.

Die weiteren Untersuchungen konzentrieren sich auf die Messung der Wärmeenergie, die Aufstellung von Energiebilanzen sowie die Modellierung und Beschreibung der Ergebnisse.

Complete and Defined Mechanochemical Dechlorination of PCBs, Dioxins, Pentachlorophenol, and Pesticides at Room Temperature

Dr. Volker Birke

(University of Applied Sciences-NE Lower Saxony, Suderburg, Germany)

Prof. Dr. Michele Aresta

(University of Bari, Department of Chemistry and METEA Research Center, Bari, Italy)

The persistence of hazardous pollutants in the environment or waste materials is often due to two major circumstances: firstly, they may be strongly sorbed to other components of the contaminated matter, like polychlorinated biphenyls (PCBs) or pentachlorophenol (PCP) to clayish soils or polychlorinated dibenzodioxins (PCDD) or dibenzofuranes (PCDF) to filter dusts, resp., therefore being virtually inaccessible to natural attenuation and/or physical, chemical or biological remediation processes. Secondly, they may be thermodynamically and/or kinetically extremely stable due to their molecular "design", i.e., their particular structure.

Regarding polyhalogenated pollutants, it was found that these major drawbacks concerning their efficient destruction can be effectively overcome by mechanical activation of appropriate reductive dehalogenation reactions inside a ball mill. Surprisingly, recalcitrant polyhalogenated compounds like PCBs, PCDD, PCDF, PCP or certain pesticides can be reductively dehalogenated by a base metal in combination with a hydrogen donor or by ternary hydrides at room temperature, ambient pressure and in a short time in one single operational key step using a ball mill as a mechanochemical (MC) dehalogenation reactor. This *ex situ* degradation approach can be applied to both pure contaminants and contaminated materials, virtually regardless of their state. For instance, pure PCBs (such as Chlophen A 30 or Arochlor 1242), or PCBs in contaminated soil, filter dust as well as in transformer oil, can be smoothly and rapidly dehalogenated to biphenyl applying sodium borohydride or, alternatively, magnesium, aluminum or sodium metal and a low acidic hydrogen source like an alcohol or amine.

Both approaches are virtually universally applicable to solids, liquids or mixed solid-liquid phases and materials due to the intimate mixing and comminution process caused simultaneously by ball milling. Hence, a ball mill simultaneously serves as a mixing device and a reactor that mechanochemically activates and promotes the dehalogenation reaction: the contaminated material is conditioned optimally, it is effectively mixed with the dehalogenation reagents, and the metal is dispersed and therefore mechanically activated for the dehalogenation of the pollutants. In other words, an MC dehalogenation takes place. Well-defined, harmless and/or easier disposable and/or even profitably usable degradation products are formed, because always a total reductive dehalogenation of a polyhalogenated compound to its parent hydrocarbon occur.

MC reductive dehalogenation using either ternary hydrides or base metals/hydrogen donors reveals several economic and ecological benefits in principle: ball milling requires a low energy input only, toxic compounds can be converted to usable products, the re-use of scrap metals may be facilitated, and detoxified materials can be recycled. No harmful emissions to the environment have to be expected. This contribution covers some basic results of laboratory and semi-technical work. Further scale-up to industrial applications is under way for several areas of application in Italy and Germany.

Alotec® Werkstoffe als Verschleißschutz, Konstruktionskeramik oder Verbundsystem

ETEC Gesellschaft für Technische Keramik mbH Lohmar

Alotec® – Verschleißschutz

Alotec® Werkstoffe zeichnen sich durch herausragende Verschleißfestigkeit und sehr hohe Korrosionsbeständigkeit aus.

Das Lieferprogramm von ETEC umfasst:

- Standardbauteile
- Auskleidungen
- Konstruktionsbauteile
- Verbundsysteme.

Alotec® – Konstruktionskeramik

Die Kombination moderner Formgebungstechnologien mit erprobten Bearbeitungsverfahren erlaubt die Herstellung einer Vielzahl unterschiedlicher Bauteile mit hoher Maßgenauigkeit, vom Muster über Prototypen bis zu Kleinserien.

Keramikgerechte Konstruktion, Fertigung und Anwendung sind für ETEC keine Schlagworte. Wir leben nach diesen Grundsätzen.

Alotec® – Verbundsysteme

Die Anwendung von Keramik als selbständiges Bauteil ist selten. Im Allgemeinen werden keramische Bauteile in ein System integriert. Vor allem im Verbund mit Stählen und Polymeren können sie ihre Stärken entfalten.

ETECC liefert komplette Verbundsysteme für die unterschiedlichsten Anwendungen im Maschinen- und Anlagenbau.

Neuentwicklungen sind z.B. Kugelhähne für den Einsatz in der Schüttguttechnik mit hochabrasiven Stoffen, z.B. bei pneumatischen Förderungen.



Adressen der Autoren der Vortragstagung "Aufbereitung und Recycling"

Dr.-Ing. Gert Wille

Industrieabfall-Koordinierungsstelle Sachsen (IKS), Pohlandstr.17 01309 Dresden,
g.wille@ik.sachsen.de

PD Dr.-Ing. habil. Winfried Rasemann, Dr. Helmut Müller

IQS Institut für Qualitätssicherung von Stoffsystemen Freiberg e.V., Gustav Zeuner Str. 12,
09599 Freiberg, rasemann@geo.tu-freiberg.de, HelmutMueller22@t-online.de

Christian Segebade, Prof. Dr. Wolf Görner

Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) Lab. I.43, Unter den Eichen 87, 12205 Berlin,
chris.bam@snafu.de

Prof. Dr.-Ing. Sylvia Schade-Dannewitz, Dipl.-Ing. Andy Armbrecht

Fachhochschule Nordhausen, Weinberghof 4, 99734 Nordhausen,
schade@fh-nordhausen.de

Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Husemann, Dipl.-Ing. Thomas Mütze

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

Dr. Sergej Aman, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Tomas

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik,
Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg, sergej.aman@vst-uni-magdeburg.de,
juergen.tomas@vst.uni-magdeburg.de

Dipl.-Ing. Valeriy Golyk, Dr. rer. nat. Johann Dueck, Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Neeße

Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Umweltverfahrenstechnik und Recycling, Paul-
Gordan-Str. 3, 91052 Erlangen, valeriy.golik@vvt.cbi.uni-erlangen.de,
Thomas.Neesse@rzmail.uni-erlangen.de

Prof. Dr.-Ing. s.c. Dieter Uhlig

GVT-FIA e.V. Freiberg, Chemnitzer Str. 40, 09599 Freiberg, info@uvr-fia.de

Dr.-Ing. habil. Claus Bernhardt

Park-Str. 16, 09599 Freiberg, claus.bernhardt@gmx.de

Dr. Christoph Cichos, Dr.-Ing. Wolfgang Scheibe

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

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Gorzitzke

Hochschule Anhalt, Lehrgebiet Mechanische Verfahrenstechnik, Bernburger Str. 55, 06366
Köthen, wolfgang.gorzitzke@lbv.hs-anhalt.de

Prof. Dr.-Ing. Thomas Pretz, Dipl.-Ing. Alexander Khoury

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

Dipl.-Ing. R. Olwig, Dipl.-Ing. M. Juhnke, Prof. Dr.-Ing. R. Weichert

Institut für Mechanische Verfahrenstechnik, TU Clausthal, Leibnizstr. 9, 38678 Clausthal-Zellerfeld,
olwig@mvt.tu-clausthal.de

Dr.-Ing. Wolfgang Schubert, Dipl.-Ing. Manoj Khanal, 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

Dr.-Ing. Jens Löwe
SBM Wageneder Ges.mbH, Arbeiterheimstr. 46, A-4663 Laakirchen, bulant@sbm-wageneder.at

Dr.-Ing. Ernst-Heinrich Dreßler
Ingenieurbüro Dr. Kneschke & Dr. Dreßler, Richard-Wagner-Str.13, 09599 Freiberg
Dr. Matthias Coppers
RHEWUM GmbH Remscheid, Rosentalstraße. 24, D-42899 Remscheid, Coppers@rhewum.de

Dipl.-Ing.(FH) Willi Künzel, Dr.-Ing. Klaus Henning
Ingenieurbüro Dr. Henning & Künzel, Am Stadion 47, 07629 Hermsdorf, info@willikuenzel.de

Dr. Lutz B. Giese¹, Christian Segebade², Karin Weimann¹
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, BAM ¹ IV.3, ² I.43
Unter den Eichen 87, D-12205 Berlin, lutz.giese@bam.de, chris.bam@snafu.de,
karin.weimann@bam.de

Dr.-Ing. Jan Rosenkranz, Prof. Dr. H.Z. Kuyumcu
TU Berlin, Institut für Verfahrenstechnik, Fachgebiet Aufbereitung von Roh- und Reststoffen,
Ernst-Reuter-Platz 1, 10623 Berlin, jan.rosenkranz@aufbereitung.tu-berlin.de

Dr. Gert Göll, Dipl.-Ing. Helmut Knöbel
Sachsen Feuerwerk GmbH, PF 1454, 09599 Freiberg, labor@sachsen-feuerwerk.com
Dr. Dietmar Espig
Technologieberatung Freiberg, Chemnitzer Str. 103, 09599 Freiberg

Dipl.-Ing. Regine Wolf, Dipl.-Ing. Roland Rasper, J. Knorr, W. Lippmann und A.- M. Reinicke
Technische Universität Dresden, Institut für Energietechnik, Professur Kernenergietechnik,
rwolf@metrs1.mw.tu-dresden.de

Prof. Dr. rer. nat. habil. Hanspeter Heegn, Dr.-Ing. Andre Kamptner
UVR-FIA GmbH, Chemnitzer Str. 40, 09599 Freiberg, heegn@uvr-fia.de, kamptner@uvr-fia.de

Dipl.-Chem. Uwe Fankhänel
UVR-FIA GmbH, Chemnitzer Str. 40, 09599 Freiberg, fankhaenel@uvr-fia.de,
L. Hilbert
Vattenfall Europe AG&Co.KG, KW Lippendorf

FUTURE ENERGY GmbH
Halsbrücker Straße 34, 09599 Freiberg, k.leupold@future-energy.de

Dipl. Chem. I. Wendschuh
Europarts Drochow GmbH, Hauptstr. 2a, 01994 Drochow,

Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Husemann, Dr.-Ing. E. Reinsch
TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik,
Agricolastr. 1, 09599 Freiberg, klaus.husemann@mvtat.tu-freiberg.de,
edith.reinsch@mvtat.tu-freiberg.de

Prof. Dr. rer. nat. habil. Hanspeter Heegn
UVR-FIA GmbH, Chemnitzer Str. 40, 09599 Freiberg, heegn@uvr-fia.de

Dr. Volker Birke

Fachhochschule Nordost-Niedersachsen Suderburg, Steinweg 4, 30989 Gehrden, birke@fhnon.de

Prof. Dr. Michele Aresta

University of Bari, Department of Chemistry and METEA Research Center, Bari, Italy

EETEC Gesellschaft für Technische Keramik mbH

An der Burg Sülz 17, D-53797 Lohmar, b.ebertz@etec-ceramics.de

Vorankündigung der Jahrestagung 2005

Die nächste Vortragsveranstaltung unter dem Leitthema:

Aufbereitung und Recycling

findet voraussichtlich am 9. und 10. November 2005

im GIZEF Freiberg statt.

Terminplan

Ende April 2005: Einladung mit der Aufforderung zur Voranmeldung und zur aktiven Teilnahme mit Vorträgen

Ende Juli 2005: Registrierung der Voranmeldungen und Fertigstellung des Tagungsprogramms

Ende August 2005: Versand der Einladung mit Tagungsprogramm und der Anmeldung für Poster und Präsentationen

Ende September 2005: 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.
und

Gesellschaft für Aufbereitungstechnik und Recycling e.V. Freiberg – GAR

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: heegn@uvr-fia.de

internet: www.uvr-fia.de