



# Aufbereitung und Recycling

**9. und 10. November 2005**

**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](mailto:info@uvr-fia.de)

[www.uvr-fia.de](http://www.uvr-fia.de)

## Vortragsprogramm

### Tagung Aufbereitung und Recycling am 9. und 10. November 2005

#### Mittwoch 9. November 2005

##### 10.00 Eröffnung

**10.05** Prof. Dr.-Ing. Pretz, T. (RWTH Aachen): Produktion von Brennstoffen aus Gewerbeabfällen

**10.35** Dr.-Ing. Löwe, J. (SBM Wageneder-Deutschland GmbH): Lösungen zur Aufbereitung von Müllverbrennungsschlacke – mobil und leistungsstark

##### 11.05 -11.30 Pause

**11.30** Prof. Dr. Heegn, H. (UVR-FIA GmbH Freiberg): Bewertung der Eignung von Zerkleinerungsmaschinen für das mechanische Legieren

**12.00** Dr. Zumdick, M.; Schmidt, J.; Böhm, A.; Weißgärber, Th.; Prof. Dr.-Ing. Kieback, B. (Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Institutsteil Dresden); Heinze, G. (MSM Maschinen-, Stahl- und Metallbaugesellschaft, Dresden): „Insitu“ Erfassung von Mahlparametern in Batchmühlen

**12.30** Dr. Sojref, R. (BAM Berlin); Hopfe, W. (Fa. Fritsch, Idar-Oberstein); Gemeinert, M.; Steinborn, G.; Dörfel I. (BAM Berlin): Korund-Nanomahlung in der Planetenkugelmühle

##### 13.00-14.00 Mittagspause und Posterausstellung

**14.00** Dipl.-Ing. Jeschke, H.<sup>1)</sup>, Dr.-Ing. Schubert, W.<sup>2)</sup>, Prof. Dr.-Ing. Poppy, W.<sup>1)</sup>, Prof. Dr.-Ing. habil. Tomas, J.<sup>2)</sup> (Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, <sup>1)</sup> Lehrstuhl für Baumaschinentechnik, <sup>2)</sup> Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik): Betonrecycling im Prallbrecher - Experiment und Simulation

**14.30** Prof. Dr.-Ing. habil. Müller, A.; Dipl.-Ing. Seifert, G.; Dipl.-Ing. Wienke, L. (Bauhaus Universität Weimar): Softwaregestützte Auswertung von Mahlbarkeitsuntersuchungen bei der Mineralmehlherstellung für selbstverdichtenden Beton

**15.00** Prof. Dr.-Ing. habil. A. Müller; Dipl.-Ing. G. Seifert (Bauhaus Universität Weimar): Mineralmehlherstellung für selbstverdichtenden Beton: Mahlbarkeit und Mörtelqualität

**15.30** Dr. Ehrenberg, A. (Forschungsgemeinschaft Eisenhüttenschlacken Duisburg): Feinsthüttensand – ein harter Werkstoff mit Potential

##### 16.00-16.30 Pause

**16.30** Dipl.-Ing. Klaus Schober (Schober Zerkleinerungstechnik, Landau): Recycling Granulator

**17.00** Dipl.-Ing. Rechberger, M.; Dipl.-Ing. Bertling, J. (Fraunhofer-Institut Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik UMSICHT, Oberhausen): Nagetierzähne als Vorbild für selbstschärfende, schnitthaltige Zerkleinerungswerkzeuge

**17.30** Dipl.-Ing. Ringholm, M.; Dr.-Ing. Hentschel, K. (SSAB Oxelösund AB, Schweden): Verschleißfestes Blech HARDOX – wichtige Komponente für Recyclingtechnik

##### 18.30 Gesellige Abendveranstaltung der Tagungsteilnehmer

## Vortragsprogramm

### Tagung Aufbereitung und Recycling am 9. und 10. November 2005 (Fortsetzung)

#### Donnerstag 10. November 2005

**9.00** Prof. Dr.-Ing. Kwade, A. (TU Braunschweig, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik): Auslegung von Rührwerkskugelmühlen

**9.30** Dr.-Ing. Stein, J. (Hosokawa Alpine Augsburg): Trockene Feinstmahlung mit Mahlkörpermühlen

**10.00** Dr.-Ing. Göll, G. (Halsbrücke); Dr. Espig, D. (Technologieberatung Freiberg): Abstimmung von Stiftmühlen auf die Mahlguteigenschaften

#### **10.30-11.00 Pause**

**11.00** Dipl.-Ing. (FH) Rutz, M.; Prof. Dr. Heegn, H.; Dr.-Ing. Kamptner, A. (UVR-FIA GmbH Freiberg): Aufbereitungstechnologien zum Recycling moderner Batterien

**11.30** Jeßberger, A. (RUF GmbH & Co. KG, Zaisertshofen): Wirtschaftliche Vorteile durch die Brikettierung von Metallspänen und Metallschleifschlämmen

**12.00** Dr.-Ing. Trojosky, M. (Allgaier Werke, Göppingen): Auswahlkriterien für die Verwendung von Trommeltrocknern oder Fließbett-Trocknern

**12.30** Dr.-Ing. Morgenroth, H. (UVR-FIA GmbH Freiberg); Prof. Dr. von Borstel, D. (Fachhochschule Nordhausen): Recycling von NE-Metallen durch elektrolytische Abscheidung

#### **13.00-14.00 Mittagspause und Posterausstellung**

**14.00** Prof. Dr.-Ing. Husemann, K.; Prof. Dr. Näther, W. (TU Bergakademie Freiberg): Einfluss der Partikelform auf die Charakterisierung von Partikelgrößenverteilungen

**14.30** PD Dr.-Ing. Momber, A. (RWTH Aachen, Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik): Aufbereitung von Feststoffen mit Hilfe schnell fließender Strömungen

**15.00** Dipl.-Ing. Zlatev, M. (Haver&Boecker Aufbereitungstechnik, Münster): Wirtschaftliche Aufbereitung von Stoffgemischen mit dem Haver-Hydro-Clean

**15.30** Peschken, H. (Russell Finex NV, Mechelen, Belgien): Mechanische Separation mit Russell Finex Sieben und Filtern

#### **16.00 Schlusswort**

## **Poster und Präsentationen (Anmeldungen bis Oktober 2005)**

- Hänzka, H. (Abbruch- und Recycling GmbH „Roter Granit“, Meißen): Logioblock-System
  
- Dipl.-Ing. Rechberger, M. (Fraunhofer-Institut Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik UMSICHT, Oberhausen): Rattenscharfe Zähne
  
- Dipl. Chem. Hopfe, W. (Fa. Fritsch GmbH, Idar-Oberstein): Vom Felsbrocken zum Nanoteilchen
  
- Dipl.-Ing. Rebel, B. (Institut für Fertigteiletechnik und Fertigbau Weimar e. V.): Erschließung wirtschaftlicher Reserven durch Wiederverwendung gebrauchter Bauteile - Wertschöpfung und Werterhaltung contra Deponierung
  
- Adam, C.<sup>1</sup>, Giese, L.B.<sup>1</sup>, Segebade, C.<sup>2</sup>, Steglich, H.-E.<sup>1</sup>; Weimann, K.<sup>1</sup> (BAM – Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin, <sup>1</sup> Fachgruppe IV.3; <sup>2</sup> Fachgruppe I.4): Recycling von Photovoltaik-Dünnschichtmodulen mit nassmechanischen Verfahren – Ergebnisse des EU LIFE Projektes RESOLVED
  
- Dr. Wegner, R. (Firmengruppe Drochow, ReMetall Drochow GmbH, Drochow): Recycling edelmetallhaltiger Katalysatoren: Rückgewinnung von Edelmetallen und keramischem Träger
  
- Dipl.-Ing. Wittig, Th. (Gebr. Pfeiffer AG, Abtlg. TV, Kaiserslautern): Maschinen der Fa. Gebr. Pfeiffer AG - Fortschritt aus Tradition
  
- Dipl.-Ing. Strangalies (AGS Anlagen + Verfahren GmbH, Ralsdorf): Setzmaschinen-Generation Triple
  
- Dipl.-Ing. Ebertz, B. (ETEC Gesellschaft für Technische Keramik mbH, Lohmar): Alotec® Werkstoffe als Verschleißschutz, Konstruktionskeramik oder Verbundsystem

**Adressen der Autoren der Tagung "Aufbereitung und Recycling" (Seiten 48-50)**

**Aktuelle Arbeitsgebiete der UVR-FIA GmbH (Seite 51)**

**Vorankündigung der Tagung Aufbereitung und Recycling 2006 (S. 52)**

## **Produktion von Brennstoffen aus Gewerbeabfällen**

**Prof. Dr.- Ing. Thomas Pretz**

(Institut für Aufbereitung und Recycling fester Abfallstoffe der RWTH Aachen)

Mit der Neuorganisation von Stoffströmen zum 01.06.2005 wird ein erheblicher Behandlungsbedarf für gewerbliche Abfälle ausgelöst. Große Anteile eignen sich für eine Verwertung als Ersatzbrennstoff oder als Biomassebrennstoff. Alle Verwertungswege sind mit abnehmerspezifischen Anforderungen an die Qualität verbunden, deren Einhaltung durch die Produzenten vertraglich zugesichert werden muss.

Im Rahmen des Vortrags wird über ein innovatives Aufbereitungsverfahren zur Herstellung hochwertiger Ersatzbrennstoffe berichtet, das als Anlage mit einem Durchsatz von ca. 180.000 t/a realisiert und im Mai 2005 in Betrieb genommen wurde. Die Konzeption sieht eine Qualitätssicherung durch ein mehrstufiges Reinigungskonzept ebenso vor wie eine gezielte Massenstromteilung zur Beaufschlagung der Trennaggregate mit definierten Stoffströmen je Zeiteinheit. Je nach Qualität des Rohstoffgemischs Gewerbeabfall kann die eingesetzte Aufbereitungstechnik flexibel angepasst werden, so dass unterschiedliche Fahrweisen realisiert werden können. Dabei fallen sowohl verschiedene Brennstoffprodukte auf unterschiedlichem Qualitätsniveau als auch metallische und andere sekundäre Wertstoffe an. Die Minimierung der zu beseitigenden Reststoffmengen bei gleichzeitiger Optimierung von Produktausbringen und Produktqualitäten ist oberstes Ziel der Verfahrenskonzeption.

## **Lösungen zur Aufbereitung von Müllverbrennungsschlacke – mobil und leistungsstark**

**Dr.-Ing. Jens Löwe**  
SBM Wageneder GmbH (Deutschland)

Seit mehr als zehn Jahren werden in Dänemark Hausmüllabfälle ausschließlich thermisch verwertet. Dadurch existiert heute ein großer Erfahrungsschatz bei der Aufbereitung von Schlacke aus den Verbrennungsanlagen.

Während es anfangs lediglich darum ging, das Deponievolumen zu reduzieren und einen minderwertigen Straßenbaustoff zu gewinnen, erlangte im Laufe der Zeit das Ausbringen von Eisen und Nichteisenmetallen eine immer größere Bedeutung. Die Erhöhung der Rohstoffpreise für Eisen und Nichteisenmetalle der letzten Jahre, waren Anlass nach neuen effektiven Lösungen zur Aufbereitung von Verbrennungsschlacke zu suchen.

Da es sich bei der Hausmüllverbrennungsschlacke um ein Ausgangsprodukt mit stark wechselnden stofflichen Eigenschaften handelt, soll in diesem Beitrag vorwiegend deren Einfluss bei der Maschinenauswahl und Dimensionierung besprochen werden.

### **1. Aufbereitung im Trommelsieb**

Das Trommelsieb hat folgende Hauptaufgaben zu erfüllen:

- Aufteilung des Aufgabematerials in die Fraktionen 0/45(60) und 45(60)/X und
- Abtrennung von Eisen aus beiden Fraktionen.

Neben diesen beiden Aufgaben, ist die Volumenreduzierung für die nachgeschaltete Deponierung eine wichtige Zielgröße.

Bei der Maschinendimensionierung müssen besonders folgende Materialeigenschaften berücksichtigt werden:

- großstückige Aufgabe,
- hoher Eisenanteil,
- teilweise extrem schwere und voluminöse Aufgabestücke und
- schlechte Fließeigenschaften.

Darüber hinaus waren kurze Rüstzeiten und der Transport der Gesamtanlage ohne Sondergenehmigung gefordert.

Das SBM-Trommelsieb trägt diesen Materialeigenschaften wie folgt Rechnung:

- Bunkerabzug mit stabiler Schwingrinne,
- Rinnenauskleidung aus NIROSTA, um Anbackungen zu vermeiden,
- geringe Übergabehöhe zwischen Aufgaberinne und Trommel,
- robuste Trommel mit Materialhübleisten zur Auflockerung,
- stufenlose Regelung der Trommeldrehzahl,
- Siebbeläge aus verschleißfesten, lasergeschnittenen Lochblechen,
- Geteilte Siebbeläge ermöglichen partiellen Austausch ,
- Abtrennung des Eisens aus der Grobfraction in Längsrichtung ,
- Elektromagnet mit Polschuhverlängerung garantiert gutes Ausheben von langstückigem Eisen,
- geringer Abstand des Magnetbandes zum Fördergurt der Feinfraction und
- Austrag der Feinfraction ohne Materialumlenkung.

Mit dem Trommelsieb (Trommeldurchmesser 2,2 m und Trommellänge 4,3 m) werden effektive mittlere Stundenleistungen von ca. 100 t/h gefahren. Bereits ab Losgrößen von ca. 2.500 t wird die Maschine wirtschaftlich eingesetzt. Für den Aufbau der Maschine benötigt eine Arbeitskraft weniger als eine Stunde.

## 2. Abtrennung der Nichteisenbestandteile

Seit etwa 1,5 Jahren besteht die Forderung, neben Eisen, auch Nichteisenmetalle mittels mobiler Aufbereitungstechnik auf den verschiedensten Standorten der Verbrennungsanlagen abtrennen zu können. Von SBM Wageneder wurden hierfür zwei Konzepte entwickelt, die erfolgreich im Einsatz sind.

### - Radmobiler NE-Abscheider mit vorgeschaltetem Sternsieb

Der radmobile NE-Abscheider ist so konzipiert, dass er sowohl eigenständig betrieben werden kann, als auch dem oben beschriebenen Trommelsieb oder stationären Anlagen nachgeschaltet wird. Der Verfahrensfluss der Anlage ist im Bild dargestellt.

Um eine effektive Abtrennung der Nichteisenbestandteile garantieren zu können, ist dem NE-Abscheider ein dreistufiges Sternsieb vorgeschaltet. Der Trennschnitt des Siebes liegt bei ca. 8 mm. Über Frequenzumformer lassen sich je Stufe verschiedene Geschwindigkeiten einstellen. Die Sterne sind aus Gummi ausgeführt. Damit ist ein ruhiger und verschleißarmer Betrieb möglich.

Der NE-Abscheider trennt die Nichteisenmetalle von den übrigen Bestandteilen. Die NE-Metalle werden in einen Container ausgetragen. Die schlecht leitfähigen Bestandteile werden dagegen kaum abgelenkt und über das unterhalb der Austragsschurre liegende Haldenband als gereinigte Fraktion 8/60 ausgetragen.

Unterhalb von Sternsieb und NE-Abscheider befindet sich ein 1,2 m breites Reversierband. Je nach Drehrichtung des Bandes kann das Vorsiebmaterial 0/8 entweder separat über Haldenband ausgetragen oder der gereinigten Fraktion 8/60 zu gemischt werden. Im letzten Fall würde die Anlage dann ein gereinigtes Endprodukt 0/60 erzeugen.

Die elektrische Einspeisung übernimmt ein 100 kVA Aggregat. Alle Antriebe sind mit Elektromotoren versehen. Über eine Siemens-Steuerung S7 lassen sich die elektrischen Verbraucher optimal aufeinander abstimmen. Mittels integriertem Modem kann jederzeit in das bestehende Programm eingegriffen werden. Dies ist besonders bei extremen Änderungen der Einsatzbedingungen oder für die Fernwartung sehr nützlich.

Alle Baugruppen sind auf einem Dreiachs-fahrwerk untergebracht.

Das Gesamtgewicht der Anlage beträgt ca. 33 t. Mit einer Transporthöhe 4,0m bzw. -breite von 3,0 m lässt sich diese Anlage leicht ohne aufwendige Genehmigungen transportieren.

### - Hakenliftmobiler NE-Abscheider mit vorgeschaltetem Kreisschwinger

Mit dem hakenliftmobilen NE-Abscheider wurde eine Anlage konzipiert, die an fünf verschiedenen Standorten mit unterschiedlichen Einbaumaßen zum Einsatz kommt. Die Anlage durfte nur ca. 10 t wiegen und musste ohne Kran in kürzester Zeit aufbaubar sein. Um Betriebsstörungen zu vermeiden, musste der NE-Abscheider steuerungstechnisch in die bestehende Schlackeaufbereitung eingebunden werden.

Aufgrund des eingeschränkten Transportgewichtes konnte dem NE-Abscheider kein Sternsieb vorgeschaltet werden. Stattdessen kam ein Kreisschwingsieb zum Einsatz. Die Aufgabe des Siebes besteht hier nicht in einer trennscharfen Abtrennung der Feinfraktion, sondern in einer Mengenreduktion der Nullanteile im Aufgabegut, um den nachgeschalteten NE-Abscheider zu entlasten. Die Siebmaschine arbeitet hier mit einer Schwingungsamplitude von ca. 3,5 mm. Der Siebelag ist als Stecksystem ausgeführt. Ein Zusetzen der Siebeläge wird durch Verwendung von Siebmatten mit einer Shorehärte von 35 verhindert. Die Trennkorngröße beträgt ca. 8 mm.

Die von den NE-Bestandteilen gereinigte Fraktion wird über ein klappbares Haldenband ausgetragen.

## **Bewertung der Eignung von Zerkleinerungsmaschinen für das mechanische Legieren**

**Prof. Dr. rer. nat. habil. Hanspeter Heegn,**  
(UVR-FIA GmbH Freiberg)

Beim mechanischen Legieren handelt es sich um eine Technologie bei der auf mechanischem Wege Metallpulver-Gemische und Pre-Legierungspulver für pulvermetallurgische Prozesse (z. B. Pulverwalzen), für Oberflächenbeschichtungsverfahren (z. B. thermisches Spritzen), Precursoren für Metall-Composite sowie auch für andere Anwendungen gewonnen werden sollen. Dabei sollen bestimmte Zusammensetzungen, Prelegierungsstrukturen, Kornformen und Kornverteilungen erzeugt werden, die durch einfaches Mischen oder mit nichtmechanischen Methoden nicht oder nur mit wesentlich größerem Aufwand gewonnen werden können. Die Potenzen des mechanischen Legierens liegen auf folgenden Gebieten:

- Herstellung einer Dispersion einer Zweitphase in einem Grundmaterial
- Ausdehnung der Löslichkeitsgrenzen
- Verfeinerung der Matrixmikrostruktur bis in den Nanometerbereich
- Synthese neuer kristalliner Phasen und von amorphen Phasen
- Möglichkeit des Legierens von schwierig zu legierenden Elementen.

Die Arbeiten bei UVR-FIA Freiberg konzentrieren sich dabei sowohl auf Grundlagenuntersuchungen in Modellapparaturen als auch auf Untersuchungen zur „technischen Machbarkeit“ unter Einsatz bestimmter Mühlentypen im Labor- und kleintechnischen Maßstab. Das Ziel der in verschiedenen Projekten bearbeiteten Aufgaben bestand darin, die Wirkung der für das mechanische Legieren entscheidenden Prozessvariablen Art, Intensität und Dauer der Beanspruchung für ausgewählte technisch relevante Stoffsysteme aufzuklären, entsprechende Schlussfolgerungen für die Auslegung von Apparaten und die Gestaltung der technischen Prozesse zu ziehen.

Im vorliegenden Beitrag werden für bestimmte Mühlentypen (Trommelmühlen, Schwingmühlen, Planetenmühlen, Rührwerksmühlen, Wälzmühlen) die Beanspruchungsgeschwindigkeiten, die wirkenden Beschleunigungen, die Energie der Elementarbeanspruchung, die Beanspruchungshäufigkeit und die abgeleiteten Größen Leistungs- und Energieeintrag bezogen auf die Mahlgutmenge vergleichend bewertet. Neben theoretischen Betrachtungen werden experimentelle Ergebnisse zum mechanischen Legieren unterschiedlicher Stoffsysteme vorgestellt, wobei insbesondere einige im Rahmen eines DFG-Projekts mit einer Modellapparatur (Kugelwälmühle) gewonnene neue Erkenntnisse diskutiert werden sollen. Mit diesem Gerät gelingt es, den direkten Zusammenhang zwischen der direkt gemessenen Energieumsetzung und den durch die mechanische Behandlung erzeugten Strukturveränderungen und Phasenneubildungen beim mechanischen Legieren nachzuweisen.

Als Modellstoffsysteme wurden Ti-Al, Fe-Al, Zr-Ni, Mg-Ni, Fe-Ti, Ti-Cu und Fe-Cu untersucht. Diese Stoffe besitzen als Basiskomponenten auf dem Gebiet von Konstruktions- und Funktionswerkstoffe, Katalysatoren, Werkstoffe für Wasserstoffspeicher u. a. ein bedeutendes Innovationspotential.

Im Vortrag werden Ergebnisse aus dem BMFT-Verbundprojekt 03M3053 "Entwicklung der pulvermetallurgischen Herstellung von Bauteilen auf Basis TiAl und deren Erprobung", dem Gewiplanprojekt 1066/98 „Metallfeinzerkleinerung“ sowie dem gemeinsam mit der TU Bergakademie (Prof. Husemann) bearbeiteten DFG-Projekt He 1956/8 „Mechanische Aktivierung und mechanisches Legieren“ verarbeitet.



## „In situ“ Erfassung von Mahlparametern in Batchmühlen

M. Zumdick<sup>1</sup>, J. Schmidt<sup>1</sup>, A. Böhm<sup>1</sup>, Th. Weißgärber<sup>1</sup>, B. Kieback<sup>1</sup>, G. Heinze<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM) Institutsteil Dresden; <sup>2</sup> MSM Maschinen-, Stahl- und Metallbaugesellschaft mbH Dresden

Das Hochenergiemahlen bzw. das mechanische Legieren von Pulvern als Technologie zur Synthese intermetallischer Verbindungen hat sich in den letzten Jahrzehnten weltweit etabliert.

Im IFAM Dresden wurden auf diesem Gebiet international beachtete Ergebnisse zur Materialsynthese, beispielsweise zur gezielten Synthese von  $\text{MoSi}_2$ ,  $\text{Ti}_3\text{SiC}_2$ ,  $\text{TiB}_2$  etc. aus Elementpulvermischungen erreicht [1-3]. Notwendige Voraussetzung hierfür war die "in situ" - Beobachtung thermodynamischer Parameter während des Mahlprozesses. Das in einer Zusammenarbeit zwischen dem IFAM und der Fritsch GmbH (Idar-Oberstein) entwickelte Gasdruck- und Temperatur-Messsystem (GTM) ermöglicht die Erfassung der wesentlichen Prozessgrößen während der Mahlung. Ein Funksender schickt dabei die Daten aus dem Mahlbecher an einen Messrechner. Das System kann überall dort eingesetzt werden, wo chargenweise in einem geschlossenen Behälter gemahlen wird. Durch die Messung der Mahlbehälter-Temperatur wird eine „integrale“ Aussage zur Prozessgröße Temperatur möglich, welche die Wirkung aller Reib-, Stoß- und Umwandlungsprozesse wiedergibt. Das Erfassen sehr rascher und geringer Temperaturänderungen erfolgt durch die kontinuierliche und hochempfindliche Messung des Gasdruckes im Mahlbehälter.

Der gemessene Gasdruck beschreibt unter anderem die Wechselwirkung des Gases mit den beim Mahlen geschaffenen Oberflächen. Extrem schnelle Phasenumwandlungen können „in situ“ als adiabatischer Prozess beobachtet werden.

In der Erprobungsphase befindet sich derzeit ein weiter verbessertes GTM-System, welches einen größeren Druck- und Temperaturbereich abdeckt und damit den Anwendungsbereich entscheidend erweitert. Die Leistungsparameter und erste Versuchsergebnisse werden vorgestellt. Bild 1 (links) zeigt ein GTM-System mit Empfänger (rechts) und Sensorbaueinheit (links). Mit  $\text{MoSi}_2$  und  $\text{Ti}_3\text{SiC}_2$  soll die Anwendung des GTM-Systems demonstriert werden.

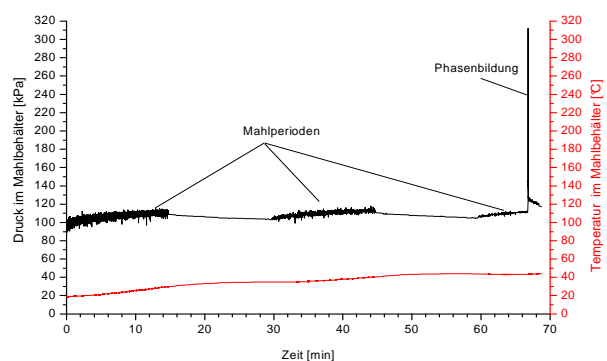


Bild 1: GTM-System: Sensor (montiert auf einem Mahlbehälter) und Empfangssystem (links), Typische GTM-Messung am Beispiel von  $\text{MoSi}_2$  (rechts)

**Molybdändisilizid  $\text{MoSi}_2$ :** Verbundwerkstoffe auf Molybdändisilizidbasis werden für die Energietechnik, Öfen (Super-Kanthal-Heizelemente) und andere Hochtemperaturanwendungen eingesetzt. Technische Bedeutung hat  $\text{MoSi}_2$  derzeit aber nur als Heizleiter in der Ofentechnik erlangt. Dies ist besonders auf die komplizierte und kostenintensive Bauteilfertigung (Verwendung von druckunterstützten Sinterverfahren bei Legierungspulvern) zurückzuführen. Bei Verwendung einer hoch-

energiegemahlene, teilreagierte Pulvermischung können jedoch durch ein druckloses, kontrolliertes Reaktionssintern MoSi<sub>2</sub>-Bauteile mit einer Enddichte von bis zu 97% der theoretischen Dichte erzielt werden.

Während der Mahlung einer Mo-Si-Pulvermischung tritt, in Abhängigkeit von den gewählten Mahlparametern, eine stark exotherme Reaktion ein. Dies äußert sich in einem schlagartigen Druckanstieg im System bei Eintreten der Phasenbildung (Bild 1 (rechts)). Durch weitergehende Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass zu diesem Zeitpunkt nur ein Teil (60-80%) der Ausgangspulver umgesetzt wird [2]. Aus diesen teilreagierten Pulvern resultieren bei drucklosem Sintern Bauteile mit einer wesentlich höheren Dichte, als bei hochenergiegemahlene, aber unreaktierte Ausgangspulvern. Durch die Verwendung des GTM-Systems kann dieser teilreagierte Zustand reproduzierbar eingestellt werden. Diese Ergebnisse wurden bereits im industriellen Maßstab bestätigt [1].

### Titansiliziumcarbid Ti<sub>3</sub>SiC<sub>2</sub>

Titansiliziumcarbid Ti<sub>3</sub>SiC<sub>2</sub> ist der Prototyp einer neuen Klasse von Werkstoffen, die Eigenschaften von Metallen (exzellente thermischen und elektrische Leitfähigkeit, leichte Bearbeitbarkeit, Thermoschockbeständigkeit) und Keramiken (Festigkeit, hoher Schmelzpunkt, geringe Dichte, Oxidationsbeständigkeit) in sich vereinigt.

Die Herstellung von Ti<sub>3</sub>SiC<sub>2</sub> auf pulvermetallurgischem Weg bietet gegenüber der verbreiteten Herstellung durch Heißpressen entscheidende Vorteile (geringerer Anteil an Verunreinigungen, drucklose Sinterbarkeit etc.) [3]. Wesentlich für die Herstellung von sinterfähigem Pulver ist die exakte Überwachung des Mahlvorganges, da zu kurze Mahlzeiten nicht zu vollständigen Umsetzungen führen und zu lange Mahlzeiten den Mahlgarniturverschleiß erhöhen. Die Mahldauer hat einen entscheidenden Einfluss auf die Partikelgröße, sowie die Sinter- und Fließfähigkeit des erhaltenen Pulvers.

In Bild 2 (rechts) ist der zeitliche Verlauf der Temperatur und des Druckes während des mechanischen Legierens einer 3Ti/Si/2C-Elementmischung dargestellt.

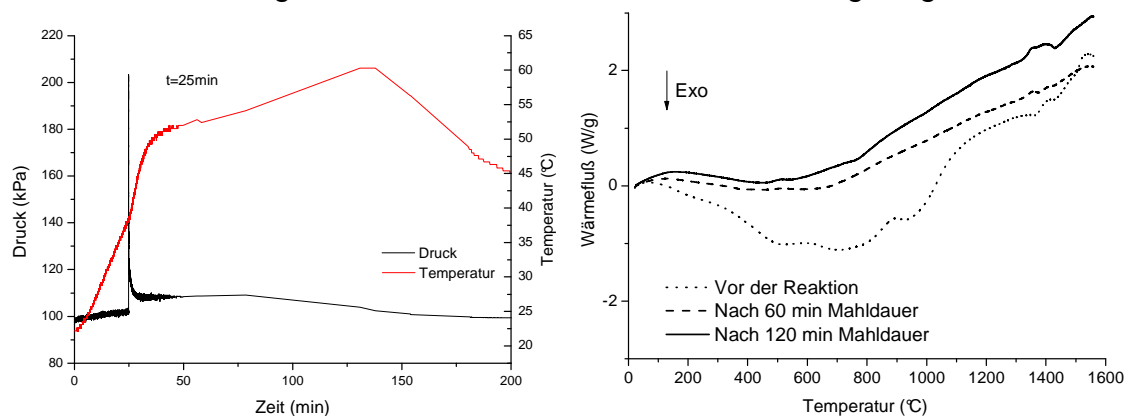


Bild 2: p/θ-Diagramm des mechanischen Legierens einer 3Ti/Si/C2-Mischung (links). DTA-Diagramm von 3Ti/Si/2C-Mischungen nach unterschiedlichen Mahldauern (rechts).

Deutlich ist der nach ca. 25 min reproduzierbar einsetzende Druckanstieg zu erkennen, der die Reaktion markiert. Direkt danach liegt ein Pulver mit verhältnismäßig groben Partikeln vor (lokales Aufschmelzen des Mahlgutes). Ein zum drucklosen Sintern optimiertes Pulver wird nach 60 min Mahlung erhalten. Die diffusionsgesteuerte Reaktion dieser Pulvermischung (Ti<sub>3</sub>SiC<sub>2</sub>, TiC, Si) führt beim Sintern nicht zu stark exo- oder endothermen Reaktionen, die den Sintervorgang beeinträchtigen, so dass dichte Ti<sub>3</sub>SiC<sub>2</sub>-Proben mit weniger als 1 % Verunreinigungen hergestellt werden können.

[1] A. Böhm, M. Zumdick et al., Proc. PM2004, Wien (A), 3, 2004, 629

[2] T. Schubert et al., Intermetallics 10(9), 2002, 873

[3] J. Schmidt et al., Proc. of the 16<sup>th</sup> Int. Plansee Seminar, Reutte (A), 1, 2005, 869

## Korund-Nanomahlung in der Planetenkugelmühle

R. Sojref\*, W. Hopfe<sup>□</sup>, M. Gemeinert\*, G. Steinborn\*, I. Dörfel\*

\* Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (Berlin)

<sup>□</sup> Fritsch GmbH (Idar-Oberstein)

Korund mit Nano- und Submikro-Teilchen als Ausgangsstoff für keramische Materialien und Composite wird - trotz der prinzipiellen Verfügbarkeit von kommerziell hergestelltem Submikro-Korund-Pulver - häufig durch Mahlung von Mikrometer-Korund hergestellt. Das übliche Verfahren der Feinstmahlung in der Rührwerkskugelmühle bis zu Partikelgrößen von  $D_{50} < 100 - 300$  nm ist relativ gut erforscht. Alternativ dazu wurde Korund in der Planetenmikromühle unter Verwendung kleiner Kugeln (Kugeldurchmesser  $< 1$  mm) bis auf Teilchengrößen von  $D_{50} < 100$  nm und  $D_{10} < 10$  nm aufgemahlen (siehe Bild). Die gemahlene Pulver wurden hinsichtlich ihrer Teilchengröße, Phasenzusammensetzung und Agglomerationsneigung charakterisiert und mit in der Rührwerkskugelmühle aufbereiteten Pulvern verglichen.

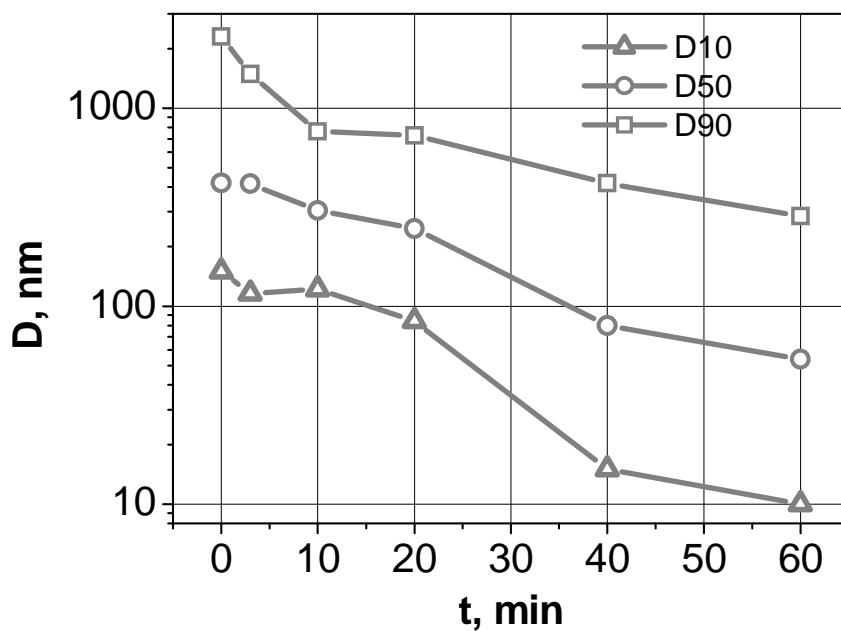


Bild: Korund-Mahlung in der Planetenmikromühle – Abhängigkeit der Teilchengrößenverteilung ( $D_{10}$ ,  $D_{50}$ ,  $D_{90}$ ) von der Mahldauer, Teilchengrößen-Messung mittels akustischem Spektrometer DT-1200

## **Betonrecycling im Prallbrecher - Experiment und Simulation**

**Dipl.-Ing. Hagen Jeschke<sup>1)</sup>, Dr.-Ing. Wolfgang Schubert<sup>2)</sup>, Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Poppy<sup>1)</sup>, Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Tomas<sup>2)</sup>,**  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

<sup>1)</sup> Fakultät für Maschinenbau; Institut für Förder- und Baumaschinentechnik, Stahlbau, Logistik; Lehrstuhl für Baumaschinentechnik

<sup>2)</sup> Fakultät für Verfahrens- und Systemtechnik; Institut für Verfahrenstechnik; Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik

Bei der Prallzerkleinerung von Beton sind beim Brechprozess maßgebende Einflussgrößen wegen ihrer komplexen Wechselwirkungen nur schwer analysierbar. Neben den konstruktiven und verfahrenstechnischen Parametern sind auch die gesteinspezifischen Eigenschaften der zu zerkleinernden Materialien zu beachten. Die Anpassung der Prallbrecher an das inhomogene Stoffgemisch Bauschutt bereitet den Brecherherstellern Probleme. Die Recyclingpraxis zeigt, dass der Brechbetrieb durch Leerlauf und Verstopfen gestört wird. Das erhöht nicht nur die Aufbereitungskosten, sondern schlägt sich auch in der unzureichenden Qualität der Recyclingprodukte wieder. Versuche mit Betonprobekörpern an einem Versuchsprallbrecher haben gezeigt, dass durch gezielte Beeinflussung des Brecherfüllstands die Produktqualität verbessert werden kann.

Beton soll so zerkleinert werden, dass eine bestimmte Korngrößenverteilung erzielt wird und die im Beton eingeschlossenen Kieskörner unbeschädigt herausgelöst werden. Da die technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten dem Erreichen dieses Ziels Grenzen setzen, muss nach einfachen Lösungen gesucht werden, mit denen ein hoher Anteil hochwertigen Recyclingmaterials erzeugt wird und mit denen unerwünschte Körnungen vermieden werden können. Die Energie für das Zerkleinern von Beton muss so übertragen werden, dass die Bindungskräfte zwischen Kieskorn und Zementstein gelöst werden, ohne die Gesteinsfestigkeit zu überschreiten. Das Bruchverhalten des Betons wird dabei von der Festigkeit des Zementsteins und dessen Haftung an den Zuschlagkörnern bestimmt. Ein Bruch entlang den Korngrenzen wird nur dann ausgelöst (Verbundbruch), wenn Zuschlagkorn und Zementstein fester sind als der Verbund zwischen ihnen.

Neben den experimentellen Untersuchungen am Versuchsprallbrecher wurden eine Computersimulation mittels der Diskrete Elemente Methode (DEM) durchgeführt. Der für die Experimente eingesetzte Prallbrecher wurde maßstabgerecht dreidimensional in den Particle Flow Code (PFC) unter Anwendung der Vektorgeometrie übertragen. Ziel war es, anhand der experimentellen Ergebnisse, den Zerkleinerungsprozess im Prallraum zu simulieren. Aus den Simulationsergebnissen können Aussagen über die Bewegungsbahnen der Bruchstücke in der Maschine sowie über ihr Bruch- und Aufschlussverhalten abgeleitet werden. Die Simulationsergebnisse werden mit den experimentellen Ergebnissen verglichen und bezüglich Aufschlussgrad und Korngrößenverteilung bewertet.

## Softwareunterstützte Messdatenauswertung am Beispiel von Mahlbarkeitsuntersuchungen

**Prof. Dr.-Ing. habil. Anette Müller, Dipl.-Ing. Lars Wienke**

Bauhaus-Universität Weimar

Professur Aufbereitung von Baustoffen und Wiederverwertung

Werkzeuge, die sich für die Berechnung von Abläufen der mechanischen Verfahrenstechnik anhand von empirischen Daten eignen, sind auf dem gegenwärtigen Markt nur unvollständig oder überhaupt nicht zu finden, obwohl sie die Arbeit erheblich vereinfachen bzw. beschleunigen können.

Bei der softwareunterstützten Messdatenauswertung steht die Simulation verfahrenstechnischer Zusammenhänge im Mittelpunkt. Das heißt, der Anwender kann an einem Softwaremodell die gewünschten Parameter vorgeben und erhält durch eine Simulation die entsprechenden Ergebnisse. So können aufwendige und vor allem kostenintensive Untersuchungen vermieden werden.

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Entwicklung einer neuen Maschinenteknik zur nassmechanischen Trennung von Stoffen nach ihren spezifischen Gewichten“ ergab sich die Notwendigkeit, verfahrenstechnischen Parameter und die erzielten Ergebnisse von insgesamt 35 Versuchsreihen systematisch abzulegen und auszuwerten. Nach ersten Versuchen mit herkömmlichen Softwaretools entstand die Idee eine spezielle Software zu entwickeln, welche eine komfortablere und sachgerechte Auswertung erlaubte. Mit dieser Software konnte auf Basis der empirischen Messdaten ein Modell erstellt werden, welches den Zusammenhang zwischen Trennerfolg und Prozessparametern herstellte.

Die erfolgreiche Implementierung ausgewählter Funktionen zur Simulation empirischer Abhängigkeiten in die Software war der Ausgangspunkt dafür, dieses Verfahren auch auf andere verfahrenstechnische Prozesse anzuwenden. Somit entstand die Software *ProcSim* (processes simulation), welche dahingehend erweitert wurde, dass prozesstypische Variablen und Parameter frei einstellbar sind. Derzeitig befindet sich die Software in einem frühen Entwicklungsstadium (Alpha-Version), da noch wesentliche Anwenderfunktionen implementiert werden müssen. Die Hauptfunktionen der Software (Datendarstellung, Messdatenauswertung, Simulation) sind bereits integriert und funktionstüchtig.

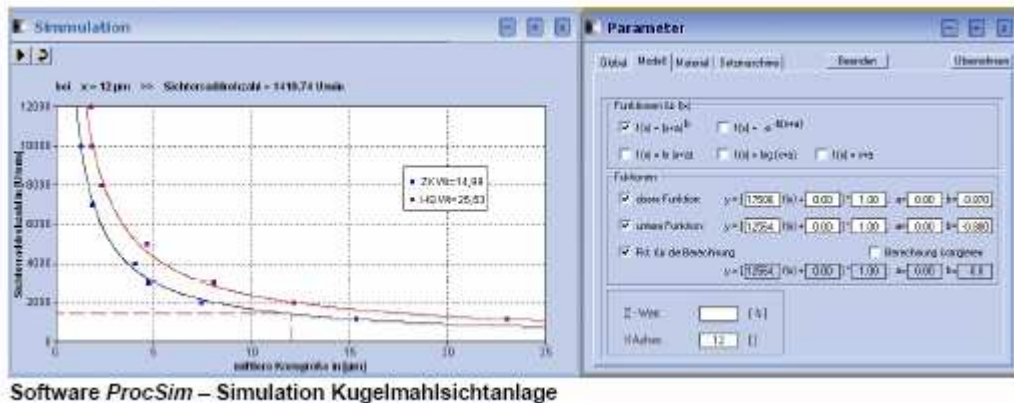
Mit dem derzeitigen Stand der Alpha-Version *ProcSim* können folgende Aufgaben bearbeitet werden:

1. Systematische Speicherung von Messergebnissen
2. Gezielter Abruf von Messdaten
3. Darstellung der Daten in frei definierbaren Diagrammen
4. Festlegen von Trendfunktionen mit variablen Anpassungsfaktoren
5. Analyse und Auswertung der Messdaten
6. Simulation von Prozessen durch empirische Modelle auf der Basis der Trendfunktion

Im ersten Teil des Vortrages soll die Software *ProcSim* und ihre Funktionsweise vorgestellt werden. Dabei wird insbesondere auf die Erstellung von Trendfunktionen einer oder mehrerer Messreihen und auf die Simulation von Prozessen durch empirische Modelle auf Basis der Trendfunktion eingegangen.

Im zweiten Teil soll an einem Beispiel gezeigt werden, wie die Messdatenauswertung von Mahlbarkeitsuntersuchungen mit der Software durchgeführt wird und welche Möglichkeiten diese Methode dabei bietet. Die Mahlbarkeitsuntersuchungen wurden für das Forschungsthema „Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung selbstverdichtender Betone auf der Basis hochfeiner Mineralmehle“ benötigt, um zum

einen die Mahlbarkeit von einzelnen Stoffen zu ermitteln und zum anderen den Mahlergieaufwand, der zum Erreichen einer bestimmten Produktfeinheit erforderlich ist, zu bestimmen.



Software ProcSim – Simulation Kugelmahlsichtanlage

Bild: Beispiel für Software ProcSim

Die Mahluntersuchungen wurden auf einer kontinuierlich arbeitenden Kreislaufmahlanlage (Kugelmühle mit Sieber) durchgeführt.

Bei der Auswertung der Daten mit der Software ProcSim soll gezeigt werden:

- welche Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Parametern bestehen und wie diese für eine spätere Simulation eingesetzt werden können.
- wie der erforderliche Arbeitsaufwand zu berechnen ist, um eine bestimmte Materialfeinheit zu erreichen.
- dass durch die Verwendung von Trendfunktionen Mahlvorgänge mit neuen Anlageparametern simuliert und damit vorhergesagt werden können.

Im Vortrag soll demonstriert werden, dass die Software als ein universelles Hilfsmittel zur Auswertung von Datenmaterial in den unterschiedlichsten Bereichen der Verfahrenstechnik eingesetzt werden kann.

Sollten Sie Interesse an der Software ProcSim haben, so können Sie sich als Betatester unter der E-Mail-Adresse [lars.wienke@epromod.de](mailto:lars.wienke@epromod.de) oder unter <http://www.epromod.de> bewerben.

## Mineralmehlherstellung für selbstverdichtenden Beton: Mahlbarkeit und Mörtelqualität

**Prof. Dr.-Ing. habil. Anette Müller, Dipl.-Ing. Gabi Seifert**

Bauhaus-Universität Weimar

Professur Aufbereitung von Baustoffen und Wiederverwertung

Das Forschungsthema „Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung selbstverdichtender Betone auf der Basis hochfeiner Mineralmehle“ wird im Rahmen des Förderprogramms „Innovationskompetenz“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit gefördert. Die Zielstellung des Forschungsvorhabens ist, überschüssige Sandfraktionen aus der Aufbereitung von Primärrohstoffen oder Bauabfällen zu nutzen. Dafür werden drei Schwerpunkte untersucht:

- Ermittlung der Mahlbarkeit der verschiedenen Materialien
- Untersuchung der Eigenschaften von Betonen mit Mineralmehlzusatz
- Überprüfung der Eignung durch großtechnische Untersuchungen in einem Transportbetonwerk.

Bei der Aufbereitung von Primärrohstoffen fallen ebenso wie bei der Zerkleinerung von mineralischen Bauabfällen zum Teil erhebliche Mengen an Brechsanden an, für die nur wenige Verwertungsmöglichkeiten bestehen. Für diese Sandfraktionen können durch eine Fein- bzw. Feinstzerkleinerung innovative Verwertungswege erschlossen werden, indem die entstandenen Mahlprodukte in Zementkorngröße als Betonzusatzstoff Einsatz finden. In Abhängigkeit von den Eigenschaften der Mahlprodukte und der Zugabemenge können dadurch Verbesserungen der Eigenschaften von traditionellem Beton erreicht werden oder neue Zusatzstoffe für die Herstellung von selbstverdichtendem Beton rekrutiert werden. Beide Optionen tragen dazu bei, die Wirtschaftlichkeit der Betonherstellung zu verbessern und gleichzeitig ökologische Vorteile durch die Verwertung bisher nicht verwertbarer Fraktionen zu erzielen. So sollte es gelingen durch den Einsatz von Gesteinsmehlen die Herstellungskosten von selbstverdichtendem Beton zu senken, um ihn preisgünstiger anbieten zu können und dadurch bessere Marktchancen zu erreichen. Zur Untersuchung der Mahlbarkeit wurde der von Bond entwickelte Mahltest angewandt. Der Mahlbarkeitstest ist ein Verfahren, welches eine Kreislaufmahlung in einer Kugelmühle simuliert (Klassiermahlung). Aus dem experimentell ermittelten Kennwert für die Mahlbarkeit ( $G$  in Gramm/Umdrehung), lässt sich ableiten, ob ein Material leicht oder schwer mahlbar ist. Die Mahlbarkeit bildet die Grundlage für die Ermittlung des spezifischen Energieverbrauchs eines Materials beim Zerkleinerungsvorgang anhand einer von Bond empirisch ermittelten Formel.

$$w_i = \frac{48,95}{x_{\max,P}^{0,23} \cdot G^{0,82} \left( \frac{10}{\sqrt{x_{80,P}}} - \frac{10}{\sqrt{x_{80,A}}} \right)}$$

$w_i$	[kWh / t]	Arbeitsindex nach Bond
$x_{\max,P}$	[ $\mu\text{m}$ ]	festgelegte obere Korngröße des Fertigproduktes (bei Absiebung)
$G$	[g / U]	Mahlbarkeit
$x_{80,P}$	[ $\mu\text{m}$ ]	Korngröße $x$ bei 80 % Durchgang des Mahlproduktes
$x_{80,A}$	[ $\mu\text{m}$ ]	Korngröße $x$ bei 80 % Durchgang des Aufgabegutes

Das Ergebnis, der Arbeitsindex nach Bond ( $w_i$  in kWh/t), drückt aus, wie viel Energie notwendig ist, um eine Tonne eines bestimmten Materials von theoretisch unendlicher Korngröße auf eine gewünschte Feinheit aufzumahlen. Mit Hilfe des

Arbeitsindex ist es möglich, verschiedene Stoffe in Bezug auf ihr Zerkleinerungsverhalten unter bestimmten, einheitlichen Beanspruchungsbedingungen zu beurteilen.

Die Arbeitsindices der insgesamt 12 untersuchten Materialien bewegen sich zwischen 9,8 kWh/t und 25,3 kWh/t. Am oberen Ende dieser Skala liegen Quarzsand, Hüttensand sowie Altbeton. Die untere Grenze wird durch Kalkstein und Dolomit markiert. Die Reihenfolge der Arbeitsindices bestätigt, dass Materialien mit hohem Quarzgehalt schlechter mahlbar sind. Der Quarzgehalt könnte somit als Leitgröße für die Mahlbarkeit angesehen werden.

Die Mineralmehle können nach ihrem Arbeitsindex in drei Gruppen eingeteilt werden. Eine der Grenzen dieser Einteilung orientiert sich dabei an Zementklinker, der bei ca. 15 kWh/t liegt.

#### Einteilung nach Arbeitsindex

Arbeitsindex [kWh/t]	Mineralmehle
bis 12	Kalksteine / Dolomit, Kalkstein
12 – 15	Kalkstein, Grauwacken, Abbruchziegel
über 15	Altbeton mit Zertifikat, Altbeton, Hüttensand, Quarzsande

Um die Übertragbarkeit der Laborergebnisse auf den technischen Maßstab zu überprüfen, wurden im zweiten Schritt Mahlungen in der vorhandenen, kontinuierlich arbeitenden Kreislaufmahlanlage (Kugelmühle mit Sieb) durchgeführt. Es wurden zusätzlich so genannte Mahlkurven ermittelt, um die Abhängigkeit des Mahlenergieaufwandes von der Feinheit des Mahlproduktes zu überprüfen. Aus diesen Mahlkurven können für unterschiedliche Stoffe vergleichende Aussagen zum Zerkleinerungsverhalten, d.h. zur ihrer Mahlbarkeit in Abhängigkeit von der erreichten Dispersität, getroffen werden.

Anhand der Mahlkurven wird deutlich, dass der hier verwendete Altbeton den geringsten spezifischen Energieverbrauch in Abhängigkeit von der erreichten Korngröße hat. Die Ergebnisse der Kreislaufmahlanlage widerspiegeln nicht die Ergebnisse der Arbeitsindices nach Bond.

Im nächsten Schritt soll in betontechnischen Grundlagenuntersuchungen festgestellt werden, welche der RC-Mineralmehle und der Mineralmehle aus Natur- oder Brechsanden sich als Zusatzstoff für selbstverdichtenden Beton eignen. Dazu wird zunächst untersucht wie sich die unterschiedlichen Mehle auf die Verarbeitbarkeit von Mörteln auswirken. Darauf aufbauend werden Rezepturen für selbstverdichtende Betone entwickelt und Betone hergestellt, deren Festigkeiten und Dauerhaftigkeit untersucht werden sollen. Als Ergebnis sollen Kriterien aufgestellt werden, welche Bedingungen die Mineralmehle erfüllen müssen, um als Ausgangsstoff für selbstverdichtenden Beton in Frage zu kommen.

Um die Ergebnisse der Untersuchungen praktisch nutzen zu können, wird die Mineralmehlherstellung und die Einbindung in den Prozess der Betonherstellung großtechnisch erprobt. Die Ergebnisse der Erprobungsversuche bilden zusammen mit den experimentellen Ergebnissen die Grundlage für die ökologische und wirtschaftliche Bewertung.



## Feinsthüttensand - Ein harter Werkstoff mit Potential

Dr.-Ing. A. Ehrenberg

Forschungsgemeinschaft Eisenhüttenschlacken Duisburg

### Ökonomischer Hintergrund

Die Steine- und Erden-Industrie benötigt jährlich ca. 6 % des gesamten deutschen Energiebedarfs, obwohl sie nur 1,8 % Anteil an der Wirtschaftsleistung des erarbeitenden Gewerbes hat. Jährlich entfallen z. B. ca. 1,3 Mrd. kWh (38 %) des Strombedarfs der deutschen Zementindustrie allein auf die Mahlung des Zements; der energiebedingte Kostenanteil liegt bei etwa 30-40 %. Zement kann bis zu 95 M-% Hüttensand enthalten. Die Hüttensandjahresproduktion wird in Deutschland bald 6 Mio. t überschreiten. Üblicherweise wird Hüttensand in großen, energieintensiven Zerkleinerungsaggregaten auf die erforderliche Feinheit eingestellt. Der Anteil der Zerkleinerung auf Zementfeinheit am Energiebedarf von Hüttensand liegt mit 60 % außerordentlich hoch (Bild 1).

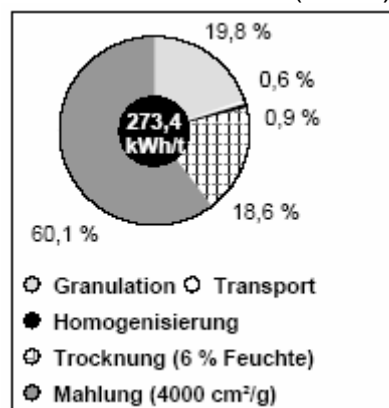


Bild: Energiebedarf (inkl. □)

Üblicherweise ist Eisenhüttensand deutlich schwerer mahlbar als z.B. Portlandzementklinker. Vor dem Hintergrund steigender Strompreise ist es daher aus ökonomischen Gründen für alle bisherigen und mögliche neue Hüttensandanwender zwingend notwendig, den Mahlaufwand zu reduzieren. Das latent hydraulische Potential dieses Werkstoffs und die weitestgehende Substitution von Portlandzementklinker einerseits, der hohe Mahlergiebedarf, weltweit steigende Hüttensandmengen und eine zumindest lokal nur begrenzte Marktaufnahmekapazität für Hüttensandmehl üblicher Feinheit andererseits lassen es notwendig erscheinen, mit Feinst- ( $d' = \text{ca. } 3 \mu\text{m}$ ) und Ultrafeinsthüttensand ( $d = <1 \mu\text{m}$ ) die bisherigen Anwendungen zu erweitern.

### Anwendungsmöglichkeiten:

Die Anwendungsmöglichkeiten richten sich nach dem Grad der energetisch vorteilhaft erreichbaren Feinheit:

- Wird mit neuen oder modifizierten Techniken lediglich Zementfeinheit erreicht ( $d' = \text{ca. } 15 \mu\text{m}$ ), steht die Einsparung von Energiekosten im Vordergrund.
- Wird Feinsthüttensand generiert, bieten sich Möglichkeiten im Bindemittelbereich an: Optimierung hüttensandhaltiger Zemente und Betone, insbesondere im Hinblick auf die Frühfestigkeit, Einsatz in Hochleistungsbetonen an Stelle von inerten Füllern, erweiterter Einsatz von Spezialbindemitteln wie Microdur® oder Microcement®. Dabei steht die erweiterte Anwendung des Hüttensands in Form z. T. hochpreisiger Produkte im Vordergrund.

- Wenn es möglich sein sollte, Hüttensand  $< 1 \mu\text{m}$  herzustellen, sind eine Vielzahl von Anwendungen denkbar, z.B. im Füllstoff- und Beschichtungsbereich. Dabei spielt der energetische Aufwand nur noch eine sekundäre Rolle. Anwendungen im genannten Bereich können spezifische Markterlöse in der Größenordnung des Stahls, des Hauptproduktes der hüttensanderzeugenden Industrie, erzielen.

### **Forschungsbedarf**

Feinst- ( $d' = \text{ca. } 5 \mu\text{m}$ ) und Ultrafeinsthüttensand ( $< 1 \mu\text{m}$ ) sind Werkstoffe mit Zukunft. Bereits jetzt werden im Bindemittelbereich mit Feinsthüttensand hochwertige Spezialprodukte hergestellt, allerdings mit enorm großen Energieaufwand. Anwendungen z.B. in makrodefektfreien Hochleistungsbetonen liegen nahe. Übliche Mahlanlagen sind zur Generierung von Feinsthüttensand ungeeignet. Es ist bekannt, dass in herkömmlichen Mühlen nur maximal 10 % der eingesetzten Energie in Zerkleinerungsarbeit umgesetzt werden und so geht auch die EU-Kommission davon aus, dass *nur* auf der Basis neuartiger Zerkleinerungstechniken etwa 90 % des Mahlenergiebedarfs (theoretisch) eingespart werden können. In diesem Segment liegen für die Anlagenbauindustrie große ökonomische Potentiale, die aber nur mittels einer marktorientierten Forschung erschlossen werden können.

## Recycling-Granulator

**Dipl.-Ing. Klaus Schober**  
Schober Zerkleinerungstechnik, Landau

Das Brechen von Ausbau-Asphalt in definierten Körnungen, bei geringstem Feinanteil und größter Wirtschaftlichkeit, ist nur eines der umgesetzten Ziele unseres Asphalt-Granulators.

Mit dem BENNINGHOVEN-Recycling-Granulator stellen wir unseren Kunden weltweit ein einmalig leistungsfähiges Brechsystem zur Verfügung.

Die Anlage besteht aus einem 1-Wellen-Granulator, einem Magnet-Abscheider, einer 1-Deck-Siebmaschine und einem 2-Wellen-Granulator als Nachbrecher.

Einsatzbereiche:

- Ausbausphalt
- Keramische Industrie
- Ziegel, Backstein, Bims
- Sandstein, Porenbeton
- Salzstein
- Glas
- Kohle, Graphit.

Die Aufgabe des Materials erfolgt über den 1-Wellen-Granulator und wird über ein aktives Zuführsystem dem Brecher aufgegeben. Das gebrochene Material wird über ein Steigeband auf eine Siebmaschine geleitet. Zuvor werden jegliche Metallanteile über einen Magnetabscheider getrennt und separiert. Nach der Fraktionierung erfolgt ein zweiter Brechvorgang durch einen 2-Wellen-Nachbrecher. Dieser ist durch ein variables Welleneinstellungssystem der Garant für eine definierte Körnung.

Das so gewonnene Material entspricht einem hohen Qualitätsniveau und spricht für die wirtschaftliche Verwertung Ihres Ausbau-Asphalts.

Vorteile:

- Ausnutzung beschränkt verfügbarer Ressourcen
- Geringster Personalaufwand
- Geringste Verschleiß- und Brechkosten
- Höchste Wirtschaftlichkeit
- Geringe Staub- und Lärm-Emissionen
- Reduzierung der Feinanteile
- Unempfindlichkeit gegen Eisenanteile.



## **Nagetierzähne als Vorbild für selbstschärfende, schnitthaltige Zerkleinerungswerkzeuge**

**Dipl.-Ing. Marcus Rechberger, Dipl.-Ing. Jürgen Bertling**

(Fraunhofer-Institut Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik UMSICHT, Oberhausen)

Die Zerkleinerung zäher (viskoelastischer) Materialien stellt hohe Anforderungen an die eingesetzten Zerkleinerungstechnologien. Zur Zerkleinerung viskoelastischer Materialien (Gewürze, Holz, Kunststoff, Gummi, Naturfasern etc.) werden auf dem Schneid- und Schermechanismus basierende Maschinen verwendet. Die seitens des Verarbeiters geforderten hohen Feinheiten viskoelastischer Materialien sind nur durch exakte Werkzeuggeometrien in Form von geringen Abständen zwischen Rotor- und Statormessern und scharfen Schnittkanten realisierbar. Dem entgegen steht der Verschleiß an den zerkleinerungswirksamen Bereichen der Werkzeuge. Die Schnitthaltigkeit von Zerkleinerungswerkzeugen bei der Zerkleinerung viskoelastischer Materialien ist somit von zentraler Bedeutung für Maschinenbauer und Anwender.

Zähne bestehen aus weichem Dentin, welches mit einer extrem harten Schmelzschicht ummantelt ist. Beim Schneidezahn von Nagetieren hat sich diese Schmelzschicht im Laufe der Evolution zu einer sehr dünnen Schmelzlamelle an der Vorderseite der Zähne zurückgebildet. Das Dentin ist dadurch der Abrasion durch das Schnittgut ausgesetzt. Aufgrund der unterschiedlichen Materialhärten, der speziellen Zahngeometrie und des permanenten Wachstums der Zähne nutzen sich Schmelz und Dentin derart ab, dass sich dauerhaft eine messerscharfe Schmelzkante an der Kaufläche ausbildet. An der Schmelz-Dentin-Grenzfläche und innerhalb der Schmelzschicht sind Strukturen zur Bruchsicherung der dünnen Schmelzlamelle integriert. Dieses Prinzip ermöglicht dem Nager enorme Schneidleistungen. Im Rahmen einer Designstudie wurde in Kooperation mit einem Industriepartner nach diesem biologischen Vorbild ein selbstschärfendes Werkzeug für Schneidmühlen entwickelt. Ein duktiler Hartmetallgrundkörper wird dabei geometrisch optimiert mit einer 12 µm dicken mehrschichtigen komplexen Keramiklegierung beschichtet. Eine Bruchsicherung der Beschichtung wird durch das spezielle Schichtgefüge und durch die Ausbildung eines Härtegradienten an der Hartmetalloberfläche erreicht. Die angepasste Geometrie des Werkzeugs unterstützt die gezielte Abrasion des Verbundwerkstoffs, so dass ein Selbstschärfungseffekt in Analogie zum biologischen Vorbild erreicht werden kann. Funktion, Randbedingungen und Gütekriterien des technischen Systems entsprechen denen des biologischen Vorbildes »Nagezahn«, womit es sich um eine direkte Umsetzung der evolutionären Lösung im Sinne der Bionik handelt. Es wird erwartet, dass bionische Schneidwerkzeuge eine neue Qualität des Schneidens in technischen Prozessen bieten und somit die Möglichkeit eröffnen, bisher nicht wirtschaftlich zu zerkleinernde Materialien effizient schneiden zu können.

Ausgehend von einer Modifikation des Rotors einer Laborschneidmühle der Fa. RETSCH, wurden in Kooperation mit dem Netzwerkpartner KENNAMETAL WIDIA Messer entworfen, die aus Hartmetall bestehen und partiell mit einer extrem dünnen und gleichzeitig widerstandsfähigen Keramik beschichtet sind. Den Grundkörper bildet ein zähes Hartmetall, welches zu 90% aus Wolframcarbide und zu 10% aus Cobalt besteht. Die Außenseite ist entsprechend der Flugkurve der Messer gewölbt. Die Keramikbeschichtung ist geometrisch auf die Außenfläche begrenzt. Als Beschichtungsmaterial wurde ein Nanowerkstoff auf Basis von Oxidkeramik in Form

einer Multilayer-Composite-Beschichtung ausgewählt. Die Beschichtung setzt sich aus einzelnen Schichten Titannitrid, Titancarbonitrid und einer mit Zirkoniumoxid und Titanoxid verstärkten Aluminiumoxidkeramikschiicht zusammen, welche mittels CVD-Verfahren in einem Arbeitsgang aufgetragen werden (Bild 1 rechts). Somit wird eine extreme Verschleißfestigkeit bei einem gleichzeitig geringen Reibbeiwert der Beschichtung erreicht. Das Verhältnis der Werkstoffhärten beträgt entsprechend dem biologischen Vorbild 1:2 (Hartmetall 1.130 Vickers-Härte, Keramik 2.200 Vickers-Härte). Die Haftung der 12 µm starken Keramikschiicht kann durch Ausbildung eines Härte-Gradienten an der Oberfläche des Hartmetallgrundkörpers verstärkt werden, welcher sich unter speziellen Sinteratmosphären ausbildet (sog. Funktionsgradienten-Hartmetall).

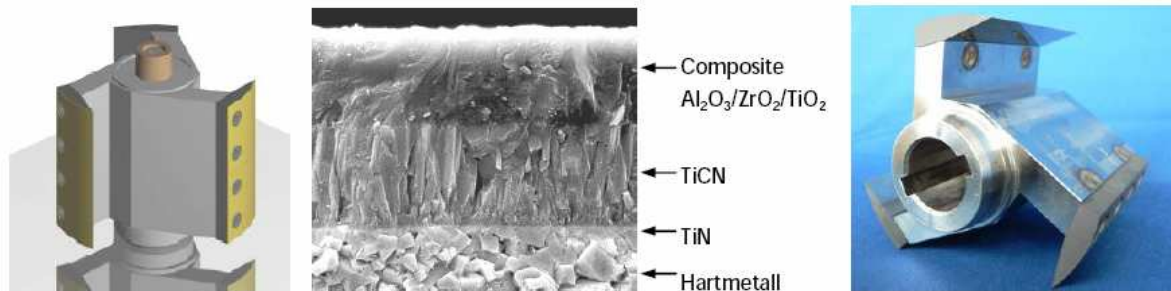


Bild 1: Konstruktionszeichnung Versuchsrotor mit bionischen Schneidwerkzeugen (links), Aufbau der Multilayer-Composite-Beschichtung (mitte), gefertigtes Funktionsmodell (rechts)

Der Selbstschärfungseffekt wird durch die optimierte Messergeometrie und das unterschiedliche Abrasionsverhalten der als Verbund wirkenden Werkstoffe erreicht. Der weichere Grundkörper nutzt schneller ab, so dass sich die dünne Keramikschiicht in Analogie zum biologischen System als scharfe Kante an der Schneidfläche ausbildet. Durch die gebogene Form des Messers bleibt die Größe des Schneidspaltes konstant. Das Messer bleibt somit dauerhaft scharf und schnitthaltig, bis der Werkstoff vollständig aufgebraucht ist. Die Erfindung wurde unter der Bezeichnung »Selbstschärfendes, schnitthaltiges Schneidwerkzeug für Mühlen« (10 2004 052 682.6) beim Deutschen Patentamt angemeldet.

Erste experimentelle Modelle der bionischen Messer wurden von KENNAMETAL WIDIA hergestellt und in eine marktübliche Laborschneidmühle implementiert. Darüber hinaus wurden weitere selbstschärfende Säugetierzähne betrachtet. Demnach können auch Backenzähne (Molaren) von Pferden, Feldhamstern und Elefanten als Vorbild für weitere Werkzeugentwicklungen dienen. Es gilt zu klären, ob anstelle des berührungslosen Zusammenspiels von Statoren und Rotormessern ein kontrolliertes Ineinanderlaufen von Schneidwerkzeugen mit dem Ziel der gegenseitigen Attrition und Schärfung technisch und werkstofftechnisch realisierbar ist. Moderne Steuerungstechniken und Servomotoren bieten diesbezüglich günstige Voraussetzungen. Die Arbeiten sollen in einem nachfolgenden Projektantrag im Rahmen des BMBF-Förderprogramms »Innovationen als Schlüssel für die Nachhaltigkeit in der Wirtschaft« vertieft werden. Hierzu sind vor allem umfassende experimentelle Untersuchungen des Abrasionsverhaltens in Abhängigkeit von der jeweiligen Belastungssituation sowie ein darauf aufbauendes modellbasiertes Prognosetool für das zielgerichtete Bauteildesign erforderlich.

## **Verschleißfestes Blech HARDOX- wichtige Komponente für Recyclingtechnik**

**Dipl.-Ing. Mikael Ringholm, Dr.-Ing. Klaus Hentschel**

SSAB Oxelösund AB, Schweden, Department AC, Application-Engineering

SSAB Oxelösund (Schweden) produziert verschleißfeste Stahlbleche HARDOX in den Härtestufen von 360 bis 600 HBW. Dieses speziellen, Wasservergüteten Grobbleche zeichnen sich durch die Kombination hoher Festigkeiten mit ausgezeichneter Zähigkeit und guten Verarbeitungseigenschaften aus. Eine Vielzahl benötigter geometrischer Formen ist durch den Anwender mit den üblichen Fertigungsverfahren wie z.B. Brennschneiden, Schweißen, Biegen, Bohren, Drehen, Fräsen herstellbar.

Hauptanwendungsfelder sind Verschleißbeanspruchte Konstruktionen, Werkzeuge und Maschinenteile. Es liegen gute Einsatz Erfahrungen für die Beanspruchungsfelder Abrasion oder Schlag vor. Prognosen über relative Verschleißgrößen gehen von diesen Beanspruchungen und den Stahleigenschaften aus.

Für Zerkleinerungsprozesse werden Schläger, Messer, und diverse Schneidwerkzeuge aus HARDOX hergestellt. Beispiele für Einsatzgebiete sind Shredder, Mühlen, Pressen, die bei Schrottverarbeitung, Müllzerkleinerung, Glasbruchaufbereitung, Kunststoffrecycling, Aufbereitung biologischer Reststoffe u. a. verwendet werden.

Zerkleinerungsprozesse sind verknüpft mit Systemen für Lagerung, Stofftransport und für die Klassierung oder Kompaktierung. Auch hierfür gelten Forderungen nach besonderen Werkstoffeigenschaften. HARDOX hat als Blechwerkstoff für Förderrinnen, Trichter, Siebe, Behälter, Transportfahrzeuge ein festes Einsatzfeld gefunden.

Generell sind für die Werkstoffwahl möglichst genaue Kenntnisse aller Prozessparameter wichtig (Temperatur, Stoffbeschaffenheit, Ablaufgeschwindigkeit, chemische Aggression).

Bei der Herstellung von Recyclingtechnik oder von Verschleißteilen aus HARDOX sind die Fertigungsbedingungen den Forderungen nach optimaler Funktionsfähigkeit anzupassen. In diesem Zusammenhang ist beispielsweise die Wärmeeinwirkung von Fertigungsprozessen auf HARDOX-Eigenschaften von Bedeutung.

## Steigerung der Produktionsleistung von Rührwerkskugelmühlen

Prof. Dr.-Ing. A. Kwade

Institut für Mechanische Verfahrenstechnik, Technische Universität Braunschweig,

Mit Rührwerkskugelmühlen werden heute unterschiedlichste Produkte bis in den Nanometerbereich zerkleinert. Eine häufige Problemstellung für den Verfahreningenieur ist dabei, wie die Produktionsleistung bei gewünschter Produktqualität vorausgesagt und optimiert werden kann. Die Produktionsleistung ergibt sich dabei als Quotient aus der Leistung, die im Mahlraum umgesetzt wird, und der spezifischen Energie, die zur Erzeugung der gewünschten Produktqualität erforderlich ist. Im Vortrag wird gezeigt, dass sich die Produktionsleistung durch getrennte Betrachtung von Leistungsaufnahme und spezifischer Energie für einen neuen Betriebspunkt ermittelt und gesteigert werden kann. Die maximale Produktionsleistung liegt vor, wenn die maximale Motorleistung ausgenutzt und die für die Produktqualität erforderliche spezifische Energie durch geeignete Wahl der Betriebsparameter minimiert wird.

Die Leistungsaufnahme von Rührwerkskugelmühlen kann durch das Newton-Reynolds-Diagramm beschrieben werden. Aus dem Zusammenhang zwischen der Newton- und der Reynolds-Zahl kann ein Zusammenhang zwischen der Leistungsaufnahme und wichtigen Betriebsparametern hergeleitet werden, wobei sich die Exponenten aus der Steigung der Leistungskurve ergeben. Da zahlreiche Betriebsparameter die Leistungsaufnahme beeinflussen, gibt es prinzipiell zahlreiche Möglichkeiten, die tatsächliche Leistungsaufnahme der Mühle auf die installierte Motorleistung einzustellen.

Die spezifische Energie, die zum Erreichen einer bestimmten Produktqualität benötigt wird, hängt insbesondere von der eingestellten Beanspruchungsenergie ab. Bei sehr kleinen Beanspruchungsenergien strebt die spezifische Energie zu sehr großen Werten, da die spezifische Energie für eine effektive Zerkleinerung der Partikeln nicht ausreicht. Mit steigender Beanspruchungsenergie wird die Zerkleinerung effektiver und die spezifische Energie erreicht bei der optimalen Beanspruchungsenergie einen minimalen Wert. Wird die Beanspruchungsenergie weiter gesteigert, nimmt der spezifische Energiebedarf auf Grund steigender Energieverluste wieder zu. Ist die Beanspruchungsenergie größer als die optimale Beanspruchungsenergie, kann der Zusammenhang zwischen spezifischer Energie und Beanspruchungsenergie durch einen Potenzansatz beschrieben werden. Der Exponent, im Folgenden als Qualitätssteigerungsrate bezeichnet, legt fest, wie stark sich eine Änderung der Beanspruchungsenergie und damit der Betriebsparameter auf den spezifischen Energiebedarf aufwirken.

Werden die Beziehungen für die Leistungsaufnahme und die spezifische Energie miteinander kombiniert, ergibt sich eine Beziehung für Produktionsleistung. Der Zusammenhang zwischen Produktionsleistung und den Betriebsparametern wird dabei entscheidend durch die Steigung der Leistungskurve und die Qualitätssteigerungsrate festgelegt. Zwei Beispielrechnungen zeigen, dass je nach Zerkleinerungsmaterial und Formulierung verschiedene Betriebsparameter entscheidend für die Steigerung der Produktionsleistung sind.

## Trockene Feinstmahlung mit Mahlkörpermühlen

**Dr.-Ing. Jürgen Stein**

Hosokawa Alpine AG, Augsburg

Für die Zerkleinerung trockener Materialien ist eine Vielzahl verschiedener Technologien entwickelt worden. Auch im Bereich feiner Pulver mit Korngrößen unter 100 µm sind sehr unterschiedliche Verfahren im Einsatz. Die Auswahl des jeweils geeigneten Mühlentyps hängt von den Materialeigenschaften wie Härte, Form und Korngröße ab und wird außerdem durch die Anforderungen an das Endprodukt z. B. bezüglich Feinheit, Kornform, Produktionsleistung und Reinheit bestimmt.

Für die Feinstmahlung trockener Pulver werden industriell überwiegend Rotorprallmühlen und Luftstrahlmühlen für Prallzerkleinerung sowie Wälz- bzw. Mahlkörpermühlen eingesetzt. Mühlen mit Wälzkörpern und Mahlsteinen, meist mit Körperkraft angetrieben, gibt es seit vielen tausend Jahren. Dieselben Mahlmechanismen werden auch heute noch in modernen Wälz- und Mahlkörpermühlen angewandt. Betreibt man Mahlkörpermühlen mit sehr kleinen Mahlkörpern, so können auch bei harten Stoffen feinste Körnungen bis in den Submikronbereich wirtschaftlich vermahlen werden.

Die Zerkleinerung des Mahlgutes erfolgt in Mahlkörpermühlen über eine zusammengesetzte Beanspruchung aus Stoß, Druck und Scherung zwischen den Mahlkörpern untereinander und an der Mahlraumwand. Je nach Bauart und Betriebszustand der Mühle überwiegen einzelne dieser Beanspruchungsarten. Die Mahlkörper sind meist kugelförmig, es werden jedoch auch Stangen und Zylinder eingesetzt. Große Mahlkörper zwischen 10 und 100 mm werden in Schwerkraft-Kugelmühlen verwendet. Aufgrund der höheren Beschleunigungen können Rührwerkskugelmühlen, Planetenmühlen und Schwingmühlen mit kleineren Mahlperlen zwischen 1 und 10 mm betrieben werden.

Daher eignen sich die letztgenannten Bauarten besonders für die Feinstmahlung, da durch sich durch die hohe Anzahl kleiner Mahlkörper die für einen wirtschaftlichen Betrieb notwendige hohe Beanspruchungshäufigkeit erzeugen lässt. Die erforderliche Beanspruchungsintensität entsteht durch die hohe Beschleunigung der Mahlkörper. Rührwerksmühlen arbeiten bei hohem Druck in der Mahlkörperschüttung und bei vergleichsweise niedriger Drehzahl; damit erzeugen sie eine Beanspruchung mit hohem Druck- und Scheranteil. In Vibrationsmühlen mit freier, hochfrequenter Schwingung überwiegt der Prallanteil zwischen den Mahlkörpern. Schwingmühlen mit erzwungener Bewegung bei höheren Amplituden erzeugen eine rollende Mahlkörperbewegung, je nach Betriebspunkt mit überwiegend Scherung oder Prall. Planetenmühlen können durch entsprechende Wahl des Drehzahlverhältnisses eine der Schwerkraftkugelmühle ähnliche Mahlkörperbewegung umsetzen.

Alle Feinstmühlen werden im offenen Kreislauf mit einem Feinstsichter betrieben, seltener als Chargenmühlen. Da diese Mühlen in kleinen Mahlräumen hohe Mahlleistung umsetzen, ist auch die Kühlung von besonderer Bedeutung. Mit der heutigen Mahl- und Sichttechnik können Korngrößenverteilungen mit einem Oberkorn von 2-3 µm hergestellt werden. Bei diesen Feinheiten und ganz besonders auch im Submikronbereich ist der Einsatz von oberflächenaktiven Zusätzen als Mahlhilfsmittel, zur Dispergierung und Stabilisierung der Feinstteilchen unerlässlich.



## Abstimmung von Stiftmühlen auf die Mahlguteigenschaften

Dr.-Ing. Gerd Göll\*, Dr.-Ing. Dietmar Espig, \*\*

\*Halsbrücke, \*\*Technologieberatung Freiberg

Mechanische Feinprallmühlen sind schnelllaufende Zerkleinerungsmaschinen für die Fein- und Feinstzerkleinerung weicher bis mittelharter, bei entsprechender Werkstoffauswahl der aktiven Mahlelemente auch harter Stoffe. Sie werden in der Regel mit Mahlraumdurchmessern von 200 mm bis 1200 mm geliefert, erreichen Beanspruchungsgeschwindigkeiten bis zu 220 m/s und werden je nach Art der eingesetzten aktiven Mahlelemente als Schlagstiftmühlen, Schlagnasen- oder Schlagkreuzmühlen, Turborotor- und Hammerrotormühlen bzw. Riffelscheibenmühlen bezeichnet.

Neben einer Vielzahl stofflicher und maschinentechnischer Parameter hat vor allem die Rotorumfangsgeschwindigkeit einen feinheitsbestimmenden Einfluss. Hohe Rotorumfangsgeschwindigkeiten führen in der Regel unabhängig von den stofflichen Parametern des Aufgabegutes zu feindispersen Mahlproduktverteilungen mit Medianwerten  $d_{50} < 40 \dots 50 \mu\text{m}$ . Die Rotorumfangsgeschwindigkeit und die erreichbare Mahlproduktfeinheit werden dabei durch die Festigkeits- und Verschleißigenschaften der aktiven Schlagelemente begrenzt.

Im vorliegenden Beitrag werden Schlagstifte mit unterschiedlichen Werkstoffeigenschaften (z. B. vergütete Stahlstifte, Hartmetall-, Si-Nitrid- und Keramikstifte) mittels Pendelschlagwerk festigkeitsmäßig untersucht. Aus den Wahrscheinlichkeitsverteilungen der erhaltenen Schlagfestigkeiten resultieren die  $W_{20}$ -Kennwerte für die kritische Stift-Teilchen-Prallenergie.  $W_{20}$  liegt je nach Werkstoff zwischen 0,14 J und 2,8 J. Der Wert entspricht der übertragbaren kinetischen Energie und bildet die Bemessungsgrundlage für die zulässige Rotorumfangsgeschwindigkeit einer gegebenen Schlagstiftmühle. Höhere Rotorumfangsgeschwindigkeiten führen durch große Teilchen im Aufgabegut mit einer Wahrscheinlichkeit  $P > 0,8$  zum Bruch der Schlagstifte und bedingen deshalb eine Vorzerkleinerungsstufe bzw. den Einsatz schlagfesterer Mahlstifte.

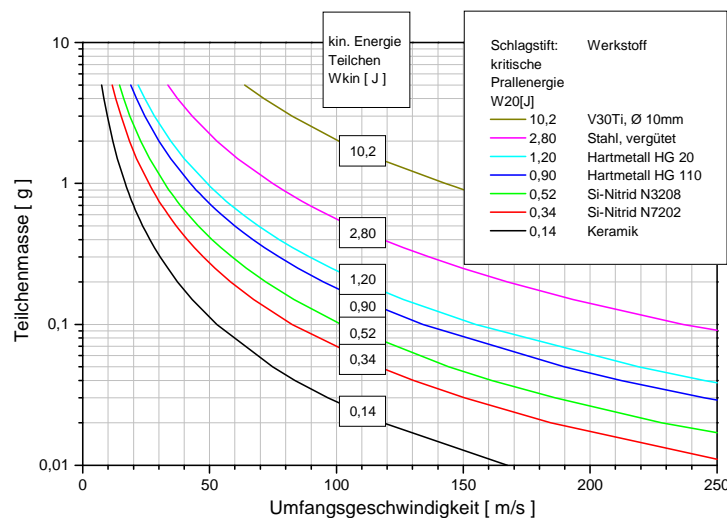


Bild: Kritische Prallenergie  $W_{20}$  eines Schlagstiftes und kinetische Energie eines Teilchens. Die Zusammenhänge werden im Bild veranschaulicht. Im Beitrag wird dieser Sachverhalt an Beispielen erläutert und mit den Mahlguteigenschaften und Stiftmühlenparametern in Verbindung gebracht. Abschließend werden Ergebnisse von Verschleißuntersuchungen an Schlagstiften in Abhängigkeit der Stoffparameter und der Beanspruchungsgeschwindigkeit dargestellt und zerkleinerungstechnisch bewertet.

## **Aufbereitungstechnologien zum Recycling moderner Batterien**

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

Die Verbreitung moderner technischer Kommunikationsgeräte hat sich in den letzten Jahren explosionsartig entwickelt. Die fortschreitende Miniaturisierung und die wachsenden Verbraucheransprüche waren die Triebkraft für die Entwicklung immer leistungsfähigerer wieder aufladbarer Batteriesysteme (Sekundärsysteme). Zu diesen Systemen gehörten die Ni-Cd-Batterien mit einem Boom Anfang der 90er Jahre des vorigen Jahrhunderts, die Ni-Metallhydrid-Batterien mit einem Boom um 2000 und neuerdings die Li-Ion-Batterien mit ständig steigenden Produktionszahlen.

Die technische Nutzungsdauer der Batterien beträgt je nach Anwendung zwischen 2 und 7 Jahren. Der tatsächliche zeitliche Verbleib beim Nutzer verzögert sich durch den Hoardingeffekt auf 4-10 Jahre. Nach dieser zeitlichen Verzögerung tauchen die Altbatterien im Abfallstrom auf, wobei durch die Batterieverordnung und EU-Richtlinien die Batterieindustrie zur Verwertung verpflichtet ist. Das Ziel staatlich geförderter Forschungsprojekte besteht darin, abfallarme, innovative Verfahren für eine wirtschaftliche Rückgewinnung von in den Altbatterien enthaltenen Wertstoffen im produktionsnahen Maßstab zu entwickeln. Während Ni-Cd-Batterien in Deutschland bereits industriell aufbereitet werden, konzentrierten sich die weiteren Arbeiten auf Ni-Metallhydrid-Batterien und gegenwärtig auf Li-Ion-Batterien. Bei Ni-Metallhydrid-Batterien sind die Wertmetalle Nickel, Kobalt sowie SE-Metalle und bei Li-Ion-Batterien hochwertige organische Produkte und Kobalt bei weitgehender Verwertung der übrigen Batteriekomponenten zu gewinnen. Insbesondere Kobalt zählt zu den strategischen Metallen, deren jährliche Primärgewinnung beschränkt ist.

Das von den Projektpartnern IME RWTH Aachen, Accurec Mühlheim und UVR-FIA Freiberg entwickelte Konzept der Verwertung der verbrauchten Batterien besteht in einer effektiven Verknüpfung von thermischer und mechanischer Aufbereitung sowie von Pyro- und Hydrometallurgie. Im Vortrag wird insbesondere über das Aufgabengebiet von UVR-FIA Freiberg berichtet. Dies betrifft:

- Zerkleinerung mit weitgehendem Aufschluss der thermisch oder vakuumthermisch vorbehandelten Batterien in die Einzelkomponenten, Auswahl und Erprobung der geeigneten Zerkleinerungsprinzipien
- Trockenklassierung und Sortierung mit stofflicher Bewertung der Anreicherung der Komponenten in einzelnen Fraktionen
- Kompaktierung der kohlenstoffhaltigen Konzentrate mit den Wertkomponenten Ni, Co und Seltene Erden bzw. Co und Li für die metallurgische Weiterverarbeitung
- Separation und Kompaktierung von Stahl, Aluminium und Kupfer aus den Batterieumhüllungen und den Elektrodenfolien
- mechanische und chemische Aufbereitung der bei metallurgischer Weiterverarbeitung anfallenden Schlacken zur Gewinnung von Seltenen Erden und Lithium.

Die für beide Batterietypen zutreffenden Gemeinsamkeiten der Aufbereitungsverfahren aber auch die spezifischen Besonderheiten werden diskutiert.

Der Schwerpunkt der Arbeiten und gleichzeitig der innovative Kern der erarbeiteten Lösungen liegt darin, die wirtschaftlichen Verfahren der mechanischen Aufbereitung in Kombination mit den metallurgischen Verfahren bevorzugt einzusetzen und aufwändige thermische und nasschemische Verfahrensstufen weitgehend zu vermeiden.

## **Wirtschaftliche Vorteile durch die Brikettierung von Metallspänen und Metallschleifschlämmen**

### **A. Jeßberger**

Fa. RUF GmbH & Co. KG, Zaisertshofen

Die Firma RUF GmbH & Co. KG baut Stempelpressen (Brikettieranlagen) für verschiedene Einsatzbereiche. Mittlerweile sind weltweit über 1.500 Anlagen im Einsatz.

Die Haupteinsatzgebiete sind

- im Metallbereich: Eisenspäne, Gussspäne, Aluminium, Metallschleifschlämme
- Stäube: Filterstäube
- organische Materialien: Holzspäne, Papier.

Die Anlagen werden von uns entwickelt und gebaut. Die verschiedenen Kunden betreiben die Anlagen in ihren Werken vor Ort. Die Durchsätze gehen von ca. 30 kg bis 2,5 to je Stunde.

Die Anwendungen im Metallbereich bringen verschiedene Vorteile, die der Vortrag näher erläutert. Dazu gehören:

- Rückgewinnung von teuren Kühlschmierstoffen (z. B. Eisenspäne, Schleifschlamm)
- Ermöglichung der Materialverwertung (z.B. Schleifschlamm)
- Volumenreduzierung und Erleichterung des handlings (z.B. Späne)
- Reduzierung der Logistikkosten (z.B. Späne)
- Verminderung der zu entsorgenden Mengen (z.B. Schleifschlamm)
- Entfernen des Gefahrenpotentials (z.B. Filterstaub)
- Steigerung der Materialerlöse (z.B. Aluminiumspäne, Schleifschlamm)

Die Vorteile werden anhand von verwirklichten Projekten erläutert. Materialproben illustrieren das Verfahren der Brikettierung. Die Amortisation der Anlagen ist in vielen Fällen in weniger als einem Jahr gegeben. Beispielhafte Amortisationsrechnungen verdeutlichen den wirtschaftlichen Nutzen.

## **Auswahlkriterien für die Verwendung von Trommeltrocknern oder Fließbett-Trocknern**

**Dr.-Ing. Mathias Trojosky**

ALLGAIER Werke GmbH, Göppingen

Verschiedene Lieferanten von Trocknungsanlagen bewerben in teilweise scharfem Wettbewerb jeweils die Techniken ihres eigenen Lieferprogramms. Das hat bei den Anwendern zu Verunsicherungen bei der Auswahl des richtigen oder optimalen Trocknungssystems geführt.

Insbesondere steht häufig die Frage für oder wider die Anwendung von Trommeltrocknern oder Fließbett-Trocknern (Wirbelschicht-Vibrations-Trocknern).

Während sich in vielen Fällen die beiden Techniken in Ihrer Anwendbarkeit überschneiden, so gibt es doch eine Reihe von Entscheidungskriterien, welche den einen oder den anderen Trocknertyp für die jeweilige Anwendung favorisieren.

ALLGAIER verfügt durch sein breites Lieferprogramm unterschiedlicher Trocknungstechniken über die Möglichkeit, sowohl Fließbett-Trockner als auch Trommeltrocknungsanlagen verschiedener Bauart zu liefern. Aus der Erfahrung vieler Referenzanwendungen können den Anwendern der Mineralrohstoffindustrie und keramischen sowie Baustoff- Industrie wie auch interessierten Anlagenbauern somit Empfehlungen für eine optimale und auf den speziellen Anwendungsfall zugeschnittene Trocknungstechnik gegeben werden.

Im Vortrag werden die wichtigsten Auswahlkriterien für diese Entscheidung zusammengetragen und diskutiert. Es werden außerdem Hinweise gegeben, wann zweckmäßigerweise Mehrzug-Trommeltrockner, kombinierte Trocken- und Kühltrommeln sowie verschiedene Sonderanwendungen zum Einsatz kommen.

## **Einfluss der Partikelform auf die Charakterisierung von Partikelgrößenverteilungen**

**Prof. Dr. Klaus Husemann\***, **Prof. Dr. Wolfgang Näther\*\***

TU Bergakademie Freiberg, \*Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik, \*\*Institut für Stochastik

Schon bei der Zerkleinerung einer Kugel infolge Druckbeanspruchung entstehen Bruchstücke, die sich in Größe und Form stark unterscheiden. Die Charakterisierung eines Zerkleinerungsproduktes wird deshalb durch Partikelgrößenverteilungen vorgenommen. Sie beschreiben den Anteil (z.B. Masse oder Anzahl), mit dem die einzelnen Bruchstücke einer Partikelgröße im Haufwerk (d.h. der Gesamtheit der Bruchstücke) vertreten sind. Die Ermittlung der Partikelgrößenverteilung mittels Partikelgrößenanalysemessmethoden (z.B. Siebung, Sedimentation, Laserbeugung) gelingt exakt nur bei der gleichen regelmäßigen Form für alle Partikel (in der Regel Kugelform). Darauf wird im Vortrag anhand vieler praktischer Beispiele eingegangen.

Aus der Literatur ist bekannt und durch eigene Untersuchungen wurde bestätigt, dass eine von der Kugel abweichende Partikelform bzw. Partikelformverteilung sich auf alle partikelgrößenabhängigen Eigenschaften der Partikel und insbesondere auf das Ergebnis der Messung der Partikelgrößen bzw. -verteilung auswirkt.

Beispiel Siebklassierung: Hier wird das Haufwerk durch Siebe verschiedener Maschenweiten in Partikeln verschiedener Größe getrennt und damit die Partikelgrößenverteilung bestimmt. Nun hat ein Sieb nicht nur gleiche Maschenweiten, sondern auch die gleiche Maschenform (z.B. Quadratmaschen). Eine exakte Zuordnung von Maschenweite und Partikelgröße ist nur dann möglich, wenn jedes Partikel die gleiche regelmäßige Form (ideal ist Kugelform) mit den gleichen Hauptabmessungen besitzt.

Beispiel Sedimentation und Laserbeugung: Für die unregelmäßig geformten Partikeln werden so genannte Äquivalentdurchmesser verwendet, d.h. Durchmesser von Kugeln, die bei der Analyse denselben Messwert liefern wie das unregelmäßige Partikel (z.B. sinkgeschwindigkeits- bzw. beugungsäquivalenter Kugeldurchmesser).

Damit beeinflusst die Form des Realpartikels den Messwert der Partikelgrößenanalyse. Nur im Fall von Kugeln können deshalb verschiedene Analysenmethoden denselben Messwert liefern.

Im Vortrag werden die daraus folgenden Probleme und versuchstechnischen und theoretischen Lösungsmöglichkeiten dargestellt. Vom Prinzip her sollen Partikelgröße und Partikelform durch unscharfe Mengen charakterisiert und mit Hilfe von Methoden der FUZZI-Theorie der Stochastik beschrieben bzw. quantifiziert werden. Ziel ist eine Art formsensible (genauer: partikelformabhängige) Partikelgrößenverteilung. Damit werden nicht nur Partikelgrößenverteilungen aussagefähiger, sondern auch die Ergebnisse verschiedener Partikelgrößenmessverfahren vergleichbarer sowie und letztendlich die Ergebnisse von Zerkleinerungsprozessen genauer charakterisierbar.

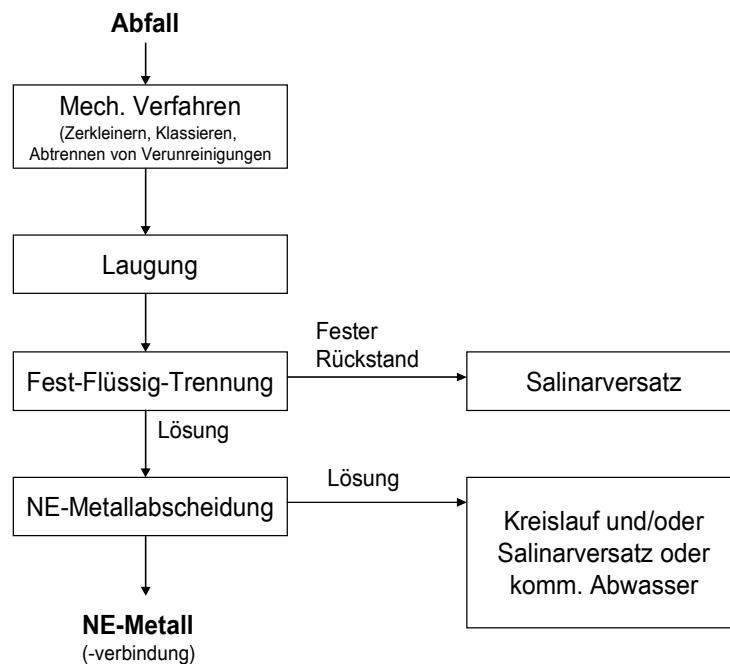
## Recycling von NE-Metallen durch elektrolytische Abscheidung

Dr.-Ing. Henning Morgenroth\*, Prof. Dr. Dieter von Borstel \*\*

\*UVR-FIA GmbH Freiberg, \*\*Fachhochschule Nordhausen

An der Fachhochschule Nordhausen, Fachbereich Flächen- und Stoffrecycling, erfolgen gegenwärtig Untersuchungen zur elektrolytischen Abscheidung von NE-Metallen, insbesondere von Nickel und Kobalt aus sulfatischen Lösungen. Diese Arbeiten sind Teil des von der Landesregierung Thüringens für die Jahre 2004 und 2005 geförderten F&E-Vorhabens: „Wertstoffextraktion aus nichtmetallischen, NE-metallhaltigen Abfällen unter Ausnutzung synergetischer Effekte zur Erzeugung von Versatzmaterialien“. Dieses Projekt wird gemeinsam mit der Fa. Kali-Umwelttechnik (K-UTEC) Sondershausen durchgeführt.

Im Rahmen des F&E-Vorhabens werden Verfahren untersucht und entwickelt, die durch eine Kombination aus der Rückgewinnung von Wertmetallen aus Abfällen und der möglichen baustofflichen Verwertung der anfallenden festen und flüssigen Prozessrückstände im Salinarversatz in der regionalen Wirtschaftsstruktur Nordthüringens einsetzbar sind. Aus diesem Grunde wurden thermische und pyrometallurgische Verfahren ausgeschlossen und das folgende, auf hydrometallurgischen Technologien beruhende, Verfahrensschema festgelegt:



Als Laugungsverfahren wurde die schwefelsaure Laugung ausgewählt. Die Untersuchungen dazu werden von K-UTEC Sondershausen durchgeführt.

Von den für die Abscheidung der gelösten NE-Metalle aus den sulfatischen Lösungen der Laugungsstufe und die Herstellung eines vermarktungsfähigen Produktes bekannten hydrometallurgischen Verfahren wurden die Kristallisation und die Elektrolyse ausgewählt. Die entsprechenden Labor- und kleintechnischen Untersuchungen zur elektrolytischen Metallgewinnung erfolgen an der Fachhochschule Nordhausen.

### Experimentelle Lösung

Für die Lösung der experimentellen Aufgabenstellung fanden wir in der EUT Eilenburger Elektrolyse- und Umwelttechnik GmbH einen kompetenten und innovativen Industriepartner. EUT entwickelte eine neue Generation von Elektrolysezellen -

ROTAPULS - mit rotierenden Kathoden, die sich nun schon mehrere Jahre im industriellen Einsatz befinden [2]. Obwohl mit normalen Gleichstrom betrieben, nutzen Elektrolysezellen mit rotierenden Kathoden die Vorteile eines pulsierenden Elektrolysestromes aus und ermöglichen somit eine Metallrückgewinnung auch aus Prozesslösungen und Abwässern, bei denen auf Grund zu geringer Metallkonzentrationen die Verwendung von Zellen mit stationären Kathoden nicht effektiv möglich ist [3].

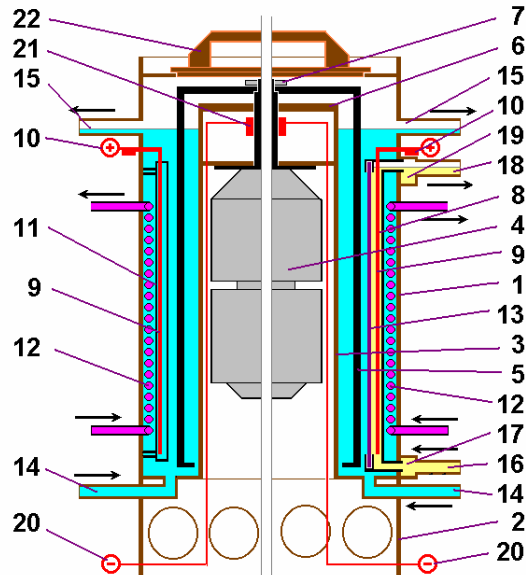


Bild 1: Aufbau der ROTAPULS – Elektrolysezelle (linke Hälfte ungeteilte Zelle, rechts: geteilte Zelle)

- 1 – Elektrolytbehälter
- 3 – Innenraum für Antrieb
- 4 – Antrieb
- 5 – Zylinderkathode
- 9 – Streifenanode
- 11 – Anodentasche
- 13 – Ionenaustauschermembran/Separator
- 14-15 – Katolytein- und -austritt
- 16-19 – Anolytein- und -austritt

In Bild 1 ist der Aufbau einer ROTAPULS-Elektrolysezelle dargestellt. Die rotierende Zylinderkathode (5) befindet sich in dem feststehenden, zylinderförmigen Elektrolytbehälter (1), an dessen Innenwand in Taschen (8/11) die Streifenanoden (9) angebracht sind. Dieser Aufbau ermöglicht eine breite Variation der Prozessparameter und damit eine sehr gute Anpassung an die konkreten Anwendungen.



Bild 2: Versuchsanlage ROTAPULS 300



Bild 3: Laborzelle ROTAPULS 16

Wie aus Bild 1 ersichtlich ist, kann durch Anzahl, Anordnung und Ausbildung der Anoden sowie der Rotationsgeschwindigkeit die Form und Frequenz der kathodischen Stromimpulse variiert werden. Durch Einbauten und die variable Rotationsgeschwindigkeit kann der Stofftransport beeinflusst werden. Unterschiedliche Anodenmaterialien sowie der mögliche Einsatz als geteilte Zelle lassen eine Anpassung an spezielle Reaktionen und Stoffe zu.

An der Fachhochschule Nordhausen wird für Laboruntersuchungen eine ROTAPULS 16 Elektrolysezelle (Bild 3) verwendet. Sie hat ca. 2 l Elektrolytvolumen, eine nutzbare Kathodenoberfläche von 0,05 m<sup>2</sup> und einen max. Kathodenstrom von 16 A. Für kleintechnische Versuche steht eine Versuchsanlage mit einer ROTAPULS 300 (Bild 2) zur Verfügung. Das Elektrolytvolumen beträgt ca. 80 l, die nutzbare Kathodenoberfläche ca. 0,8 m<sup>2</sup> und der max. Kathodenstrom 300 A. Die Versuchsanlage ist mit Anolyt- und Katolytkreislauf mit je 200 l Elektrolytbehälter, sowie einer Abluftanlage und einem Hebezeug versehen. Elektrolyseanlagen dieser Baugröße sind schon zur Metallgewinnung aus Prozesslösungen im industriellen Einsatz.

### **Ergebnisse**

Mit der Laborzelle Rotapuls 16 wurde der Einfluss des pH-Wertes (1 bis 10), der Metallkonzentration des Elektrolyten (5 – 100 g/l) und der Stromdichte (20 – 300 A/m<sup>2</sup>) auf die Abscheidung von Kobalt und Nickel aus Ni/Co-Sulfat- sowie aus Ni/Co-Ammonium-Sulfat-Lösungen untersucht. Entscheidend für das Abscheideergebnis war die Einhaltung eines optimalen pH-Wertes (Kobalt: >3,5 – 5; Nickel: 2 – 2,5). Weiterhin erwies sich für die Kobaltelektrolyse eine ungeteilte Elektrolysezelle als ungeeignet, da sich an der Anode Kobaltoxid bildete und als schwarzer Schlamm ablagerte. Als optimale Stromdichte konnte 100 – 120 A/m<sup>2</sup> ermittelt werden. Im gesamten untersuchten Konzentrationsbereich gelang eine Metallabscheidung. Allerdings verschlechterte sich bei sehr niedrigen Konzentrationen der Wirkungsgrad deutlich. Eine Abreicherung der Lösungen auf einen Metallgehalt unter 10 g/l ist jedoch möglich.

Bei Untersuchungen an Badkonzentraten der Galvanotechnik konnte aus entsprechenden Kupfer- und Nickellösungen die Wertmetalle abgeschieden werden. Aus einer weiteren sulfatischen Prozesslösung, die neben Co- und Ni-Ionen auch Fe- und Al-Ionen enthielt, konnte dagegen keinerlei elektrolytische Metallabscheidung erreicht werden.

Die Versuchsergebnisse sollen zusammen mit den Untersuchungen der anderen Verfahrensstufen sowohl verfahrenstechnisch als auch wirtschaftlich bewertet werden. Darauf aufbauend wird ein Verfahrensvorschlag für die Gewinnung von Wertmetallen aus Abfällen und der Verwertung der festen und flüssigen Prozessrückstände im Salinarversatz erarbeitet werden.

### **Literatur**

- [1] Hartinger, L.: Handbuch der Abwasser- und Recyclingtechnik für die metallverarbeitende Industrie. Carl Hanser Verlag, München Wien 1995.
- [2] Thiele, W.; Wildner, K.; Heinze, G.: Vorrichtung zur Rückgewinnung von Metallen mit pulsierenden kathodischen Strömen, auch in Kombination mit anodischen Oxidationsprozessen. DE G 201 06 335.2 (2001) und DE 101 12 075 (2002).
- [3] Thiele, W. u.a.: Innovative Elektrolysetechnik – nicht nur zur effektiveren Rückgewinnung von Metallen aus Prozesslösungen und Abwässern. Galvanotechnik Nr. 8/2002, S. 1983 – 1991.



## **Aufbereitung von Feststoffen mit Hilfe schnell fließender Strömungen**

**PD Dr.-Ing. habil. Andreas Momber**

RWTH Aachen, Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik

Der Vortrag beschreibt Möglichkeiten des Einsatzes von Hochgeschwindigkeitswasserstrahlen, Tropfenströmungen und kavitierenden Strömungen beim Agglomerieren, Flotieren, Reinigen und Zerkleinern. Es werden zunächst die Grundlagen der Beanspruchung von Feststoffen durch schnell fließende Strömungen besprochen, wobei besonderer Wert auf die selektive Wirkungsweise der Beanspruchung gelegt wird. Im zweiten Teil wird im Detail über Untersuchungen zum selektiven Zerkleinern mineralischer Baustoffe berichtet und es wird eine quantitative Beurteilung der Ergebnisse auf der Basis von Bond-Wang-Diagrammen vorgenommen. Weiterhin werden Ergebnisse aus Versuchen zum Separieren von Kunststofffasern aus Textilverbunden und zum schichtweisen Trennen von mehrlagigen Werkstoffverbunden sowie eine entsprechende Prototypanlage vorgestellt. Im abschließenden Teil wird ein Überblick über mögliche Anwendungen beim Agglomerieren und Flotieren gegeben.

## Wirtschaftliche Aufbereitung von Stoffgemischen mit dem HAVER-Hydro-Clean

Dipl.-Ing. Metodi Zlatev

HAVER & BOECKER Geschäftsbereich Aufbereitungstechnik, Münster

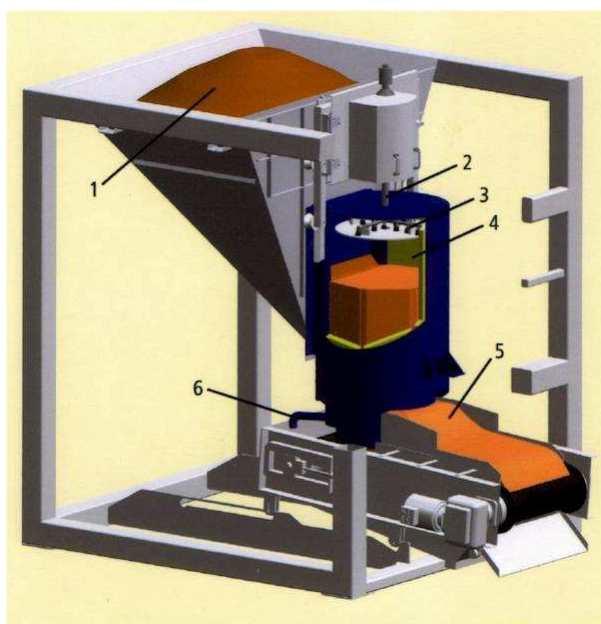
### Einführung

Produzenten von Zuschlagstoffen für die Bau- und Grundstoffindustrie müssen zunehmend Rohstoffqualitäten verarbeiten, deren Verschmutzungsgrad den Einsatz von Nassverfahren erzwingt. Dieser Schritt wird in der Regel von einem dramatischen Anstieg der Kosten für die gesamte Wasserhaltung, wie auch für die energetische Seite begleitet. Der Umweltaspekt kommt verstärkend hinzu, da unter den heutigen Bedingungen eine großzügige Entnahme von Frischwasser in den seltensten Fällen möglich ist.

HAVER & BOECKER engagiert sich seit Jahren mit seiner Siebtechnik auf dem Gebiet der Aufbereitungstechnik sowohl im Trocken- als auch im Nassbereich. Mit unserer Entwicklung HAVER-Hydro-Clean stellen wir eine Technik vor, mit der die Abreinigung aller Rohstoffgemische im Kornband 0-80 mm von anhaftenden tonigen, lehmigen und anderen Verschmutzungen kostengünstig und umweltbewusst möglich ist. Die Haupteinsatzbereiche dieser Technik sind in der Sand-, Kies-, Naturstein- und Recyclingindustrie. Derzeit sind 16 Einheiten weltweit im Einsatz, wobei der Absatz eine sehr positive Entwicklung zeigt.

### Verfahrensbeschreibung

Das Material wird kontinuierlich über einen Aufgabetrichter dem Hochdruckwäscher zugeführt (siehe Bild). Im HAVER-Hydro-Clean tritt es seitlich in die Waschkammer ein. Kernstück der Hochdruckwascheinheit ist der über einen Getriebemotor angetriebene Waschrotor mit seinen Hochdruckdüsen. Über die variablen Anstellwinkel der Düsen und den Abstand zum Waschbett kann eine optimale Abstimmung auf das Material erfolgen.



- 1 - Aufgabematerial
- 2 - Waschrotor
- 3 - Hochdruckdüsen
- 4 - Waschkammer
- 5 - Materialaustrag
- 6 - Schmutzwasser

**Bild: Aufbauschema der Hochdruckwaschanlage HAVER-Hydro-Clean**

In der Hochdruckwascheinheit erfolgt eine intensive Bebrausung des Materials bei einem Betriebsdruck von 40 bis zu 200 bar. Entwässerungssiebelemente sorgen für eine zuverlässige Entwässerung des Arbeitsraumes und damit für die volle Wirksamkeit der Wasserstrahlen. Die intensive Beanspruchung des Materials führt zur Abreinigung der Körner von anhaftenden Verunreinigungen und zur Auflösung von Agglomeraten. Reib- und Scherkräfte durch Materialverwirbelungen in der Waschkammer wirken dabei unterstützend auf den Reinigungseffekt. Die gelösten Bestandteile werden gemeinsam mit dem Waschwasser ausgetragen oder über das Austragsorgan (z.B. Transportband) den nachgeschalteten Aggregaten zur Klassierung aufgegeben.

Die Durchsatzleistung der Anlage hängt vom Verschmutzungsgrad des Materials ab und kann über die Austragsgeschwindigkeit stufenlos eingestellt werden. Füllstandssonden im Bereich der Materialzuführung liefern exakte Daten für die Steuerung des Materialflusses durch die Anlage und gewährleisten konstante Betriebsbedingungen.

### **Vorteile des Verfahrens**

Der HAVER-Hydro-Clean benötigt pro Tonne Waschgut lediglich 0,15 - 0,20 m<sup>3</sup> sauberes Frischwasser bei einem Energiebedarf von ca. 0,25 - 0,40 kW/h. Er erfüllt damit die Forderung des Umweltschutzes nach einem sparsamen Umgang mit Wasser in hervorragendem Maße. Die hohe Reinigungsleistung lässt eine Reduzierung des Brausewasserverbrauchs der nachgeschalteten Klassiersiebmaschinen und damit eine Mengen- und Kostenreduzierung in allen Bereichen der Primärwasserversorgung von Aufbereitungsanlagen erwarten.

Neben diesen günstigen Betriebsbedingungen arbeitet der HAVER-Hydro-Clean sehr verschleißarm und wartungsfreundlich. Im eigentlichen Waschprozess stehen keine Teile in ständigem Kontakt mit dem Waschgut. Die Wasserstrahlen des Waschkopfes stützen sich gegen das Materialbett ab. Waschgutberührende Rutschflächen des HAVER-Hydro-Clean sind ausreichend verschleißgeschützt. Man kann unter diesen Bedingungen je nach Materialabrasivität für die laufende Instandhaltung und Reparaturrückstellungen des HAVER-Hydro-Clean von einem Kostensatz von 0,025 - 0,05 EUR/t ausgehen.

# Mechanische Separation mit Russell Finex Sieben und Filtern

**Hartwig Peschken**

Russell Finex NV, Mechelen, Belgien

## 1. Einführung

Warum und in welchen Bereichen wird Separationstechnologie eingesetzt?

## 2. Siebung von Feststoffen/Granulaten/Pulvern, sowie Flüssigkeiten

Vorstellung der unterschiedlichen Maschinentypen für unterschiedliche Aufgabenstellungen:

- Compact-Serie
- Finex Separator-Serie
- Finex 22/36-Serie

## 3. Anwendungsbeispiele für Siebungen aus den Industriebereichen

- Lebensmittel
- Futtermittel
- Metallpulver
- Pulverlack
- Chemie
- Keramik
- Abwasserbehandlung

## 4. Siebabreinigungs-Systeme

- mechanische Systeme
- Ultraschall-Siebabreinigung mit Vibrasonic® 2000

## 5. Scale-up von Siebmaschinen

## 6. Filtration von Flüssigkeiten und Pasten

Vorstellung der unterschiedlichen Maschinentypen für unterschiedliche Aufgabenstellungen:

- Selbstreinigende ECO-Filter®
- Liquid Solid Separator

## 7. Anwendungsbeispiele für Filtration aus den Industriebereichen

- Lacke + Farben,
- Chemie
- Lebensmittel
- Abwasserbehandlung

## Logioblock-System

Hänzka, Heike

Abbruch- und Recycling GmbH „Roter Granit“, Meißen

Beim Produkt **Legio@block** handelt es sich um einen Schwergewichtsbetonstein, der sich hervorragend zum Bau von Lagerboxen oder Trennwänden eignet und gegenüber den bisher verwendeten Winkelstützelementen aus Stahlbeton deutliche Vorteile aufweist.

**Legioblock®**-Wände haben z. B. keinen störenden Fuß, der entweder umfahren oder versenkt werden muss. Da diese Wände in Trockenbauweise errichtet werden, können sie jederzeit problemlos nachgerüstet, ergänzt oder auch vollständig umgesetzt werden. Fundamente sind nicht erforderlich. Einzige Voraussetzung ist ein geebener tragfähiger Untergrund.

Das System ist flexibel und universell einsetzbar (Trenn- oder Außenwand, Schallschutz-, Brandschutz- oder Stützmauer zur Böschungssicherung) und aufgrund seiner uneingeschränkten Wiederverwendbarkeit sehr preisgünstig.

In Kombination mit dem Legio@block bietet die **Legio@platte** die ideale Lösung für die Errichtung von soliden Lager- und Umschlagplätzen auf unbefestigten tragfähigen Flächen, wobei die Legio®-Flexibilität auch hier problemlos Änderungen und Ergänzungen ermöglicht.

Weitere detaillierte Informationen sowie Referenzobjekte sind auf unserer Homepage unter [www.legioblock.de](http://www.legioblock.de) zu finden.





## Rattenscharfe Zähne

Dipl.-Ing. Marcus Rechberger

Fraunhofer-Institut Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik UMSICHT, Oberhausen

**stets**  
**rattenscharfe**  
**Messer**

Nagetierzähne als Vorbild für selbstschärfende,  
schnitthaltige Zerkleinerungswerkzeuge



Dipl.-Ing. Marcus Rechberger  
Tel.: 02 08 95 08 - 14 05  
marcus.rechberger@umsicht.fhg.de

Dipl.-Ing. Jürgen Bertling  
Tel.: 02 08 95 08 - 11 58  
juergen.bertling@umsicht.fhg.de

Fraunhofer-Institut für  
Umwelt-, Sicherheits- und  
Energietechnik UMSICHT  
Otterfelder Straße 3  
46047 Oberhausen

© Fraunhofer UMSICHT, 2005

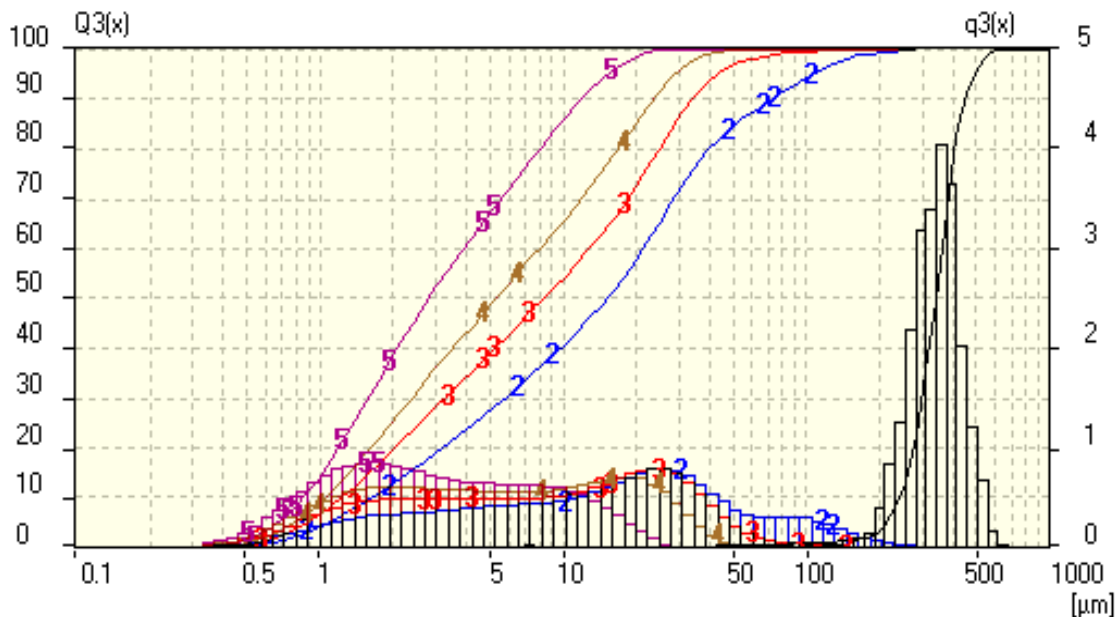
## Vom „Felsbrocken“ zum Nano-Teilchen

Dipl.-Chem. Wieland Hopfe  
FRITSCH GMBH Idar-Oberstein

Mittelharte bis harte Materialien mit Kantenlängen bis 95 mm lassen sich mit dem FRITSCH-Backenbrecher „pulverisette 1“ so vorzerkleinern, dass in vielen FRITSCH-Mühlen eine weitere Feinzerkleinerung stattfinden kann. Dafür wären zu nennen

- ▲ Mörsermühle „pulverisette 2“
- ▲ Scheibenmühle „pulverisette 13“
- ▲ Vibrations-Mikromühle „pulverisette 0“
- ▲ Scheiben-Schwingmühle „pulverisette 9“
- ▲ Mini-Mühle „pulverisette 23“
- ▲ Planeten-Kugelmühlen „pulverisette 4“, „pulverisette 5“, „pulverisette 6“ und „pulverisette 7“

Mit all diesen Geräten ist mehr oder minder schnell Material auf „Analysenfeinheit“, sprich unter 63  $\mu\text{m}$  zu zerkleinern. Um deutlich feinere Materialien als Ausgangsstufe zur Erzeugung von Nano-Pulvern zu erhalten, scheidet die beiden erstgenannten Geräte aus.



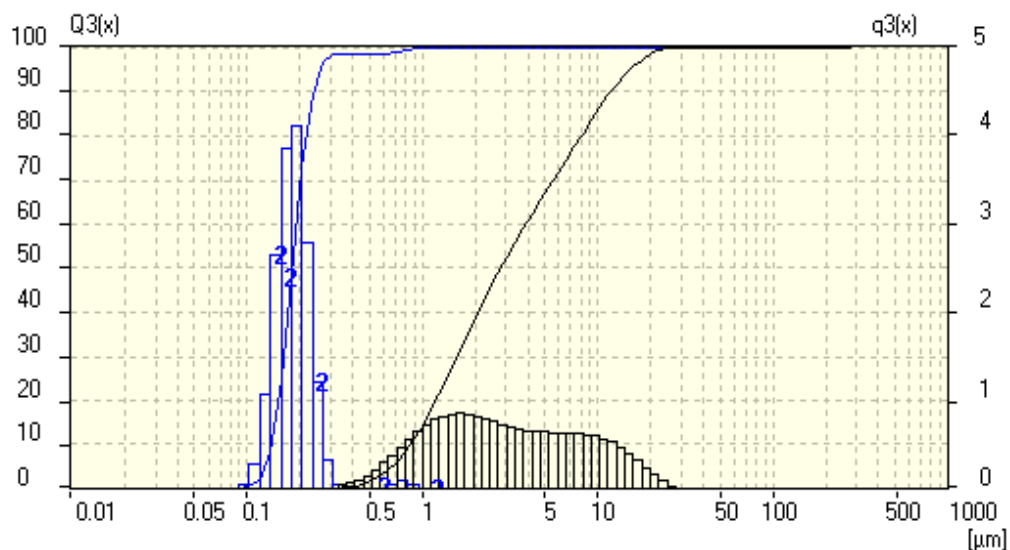
1 4 Quarzsand Ausgangsprodukt für die Versuche zur Erzeugung von Nano-Partikeln  
2 2 Quarzsand 5min p-6, Trockenmahlung, 250ml ZrO<sub>2</sub>-Becher, 20mm Kugeln, Mittelwert  
3 3 Quarzsand 10min p-6, Trockenmahlung, 250ml ZrO<sub>2</sub>-Becher, 20mm Kugeln, Mittelwert  
4 31 Quarzsand 15min p-6, Trockenmahlung, 250ml ZrO<sub>2</sub>-Becher, 20mm Kugeln, Mittelwert  
5 43 Quarzsand 30min p-6, Trockenmahlung, 250ml ZrO<sub>2</sub>-Becher, 20mm Kugeln, Mittelwert

Die Herstellung von Partikeln unter 1  $\mu\text{m}$  mit Mühlen aus unserem Sortiment ist bisher nur mit Planeten-Kugelmühlen gelungen. Deshalb wurde mit der Planeten-Monomühle „pulverisette 6“ Quarzsand als Modell-Substanz solange gemahlen, wie dies ohne Zusatz von Flüssigkeit sinnvoll erscheint. Wenn das Material an der Becherwandung und den Kugeln klebt wird allgemein vom Endpunkt der „Trockenmahlung“ gesprochen. Für die Versuchsserie wurde ein 250 ml Mahlbecher aus Zirkonoxid und 20 mm Mahlkugeln gleichen Materials eingesetzt. Bereits nach 10 Minuten (**Kurve 3**) ist das Material fein genug für normale analytische Aufgaben; die so genannten „Analysenfeinheit“ ist erreicht. Mit  $x_{10\%} < 0,8 \mu\text{m}$  -  $x_{50\%} < 2,8 \mu\text{m}$  -  $x_{90\%} < 11,9 \mu\text{m}$  steht nach 30 Minuten (**Kurve 5**) ein Material zur Verfügung, das für weitere Versuche zur Erzeugung von Nano-Pulvern die geeignete Korngröße hat.

Bei Versuchen mit der Planeten-Mikromühle „pulverisette 7“ wurde festgestellt, dass die Verlängerung der Mahldauer über 60 Minuten hinweg bis zu 240 Minuten kaum noch eine weitere Steigerung der Feinheit des Mahlgutes bringt. Durch Tausch der für diesen Versuch verwendeten Mahlkugeln von 10 mm Durchmesser gegen ca. 1 mm große Kugeln wurde nach kurzer Zeit eine deutliche Steigerung der Mahlfeinheit erreicht.

Diese Erfahrungen waren Grundlage für die Weiterführung des Versuches. Genutzt wurde wieder die Planeten-Monomühle „pulverisette 6“ und ein 250 ml Becher aus Zirkonoxid. Anstatt der Kugeln mit 20 mm Durchmesser, wurden jetzt Mahlperlen aus Zirkonoxid deutlich unter 1 mm Durchmesser eingesetzt. Zur Ermittlung der notwendigen Menge wurden die 20 mm Kugeln gewogen und von den Mahlperlen eine äquivalente Menge eingesetzt. 50 g Modell-Substanz aus dem ersten Versuch und 100 ml Wasser wurden verwendet.

Nach 120 Minuten Bearbeitungszeit wurde mit dem Laser-Partikel-Sizer „analysette 22“ NanoTec die Korngrößenverteilung (**Kurve 2**) bestimmt.



1 43 Quarzsand 30min p-6, Trockenmahlung, 250ml ZrO2-Becher, 20mm Kugeln, Mittelwert  
2 221 Quarzsand 120min p-6, Naßmahlung, 2. Schritt, 250ml ZrO2-Becher, 320g Kugeln 0,4mm Zirkonoxid -+3. Versuchsserie Mittelwert

Mit  $x_{10\%} < 140 \text{ nm}$  -  $x_{50\%} < 180 \text{ nm}$  -  $x_{90\%} < 240 \text{ nm}$  wurde ein sehr überzeugendes Ergebnis erzielt. Damit konnte gezeigt werden, dass mit Planeten-Kugelmühlen der Firma FRITSCH GmbH problemlos Nano-Partikel erzeugt werden können. Eine Zwischenprobe nach 30 Minuten zeigte mit  $x_{10\%} < 180 \text{ nm}$  -  $x_{50\%} < 250 \text{ nm}$  und  $x_{90\%} < 580 \text{ nm}$  dass in 1 Stunde aus einem „Felsbrocken“ mit FRITSCH-Technik Nano-Partikel herstellbar sind.

Entscheidende Einflussfaktoren zur Erzeugung von Nano-Partikeln sind

- ▲ die Materialeigenschaften des Mahlguts
- ▲ die Materialeigenschaften der Mahlwerkzeuge
- ▲ die Kugelgröße
- ▲ der maximal mögliche Energieeintrag durch die Mühle
- ▲ das Verhältnis Menge Mahlgut zu Menge Mahlkugeln und zu Menge Flüssigkeit

Die patentierte Planeten-Kugelmühle „pulverisette 6“ zeichnet sich neben einem hervorragenden Preis-Leistungs-Verhältnis durch das optimale Drehzahlverhältnis Sonnenscheibe zu Mahlgarnitur aus, das mit den daraus resultierenden Trajektorien durch das radiale Auftreffen der Kugeln auf die Becherwandung den Eintrag der maximal möglichen Schlagenergie garantiert.



# Planetenmühlen



sehr effektiv für  
Ihre Probenvorbereitung  
zerkleinert  $< 1 \mu\text{m}$   
sehr hohe  
Mahlenergie  
große Auswahl  
an Mahlbechern

w w w . f r i t s c h . d e

**FRITSCH**

FRITSCH GMBH  
Laborgerätebau  
Industriestraße 8  
55743 Idar-Oberstein  
Germany  
Telefon: +49 6784 70 0  
E-Mail: [info@fritsch.de](mailto:info@fritsch.de)  
Internet: [www.fritsch.de](http://www.fritsch.de)

## **Erschließung wirtschaftlicher Reserven durch Wiederverwendung gebrauchter Bauteile - Wertschöpfung und Werterhaltung contra Deponierung**

**Dipl.-Ing. Birgit Rebel**

Institut für Fertigteiltechnik und Fertigbau Weimar e. V.

Die Erschließung wirtschaftlicher Reserven durch Wiederverwendung gebrauchter Bauteile stellt einen Schwerpunkt der wissenschaftlichen Untersuchungen am Institut für Fertigteiltechnik und Fertigbau Weimar e.V. dar. Vor dem Hintergrund knapper Kassen und flächendeckender Leerstandssituation gewinnt Ressourcen schonendes und energieökonomisches Bauen im Sinne der Kreislaufwirtschaft immer mehr an Bedeutung.

Im Rahmen der städtebaulichen Umgestaltung von Plattenbausiedlungen fallen durch selektive Rückbaumaßnahmen schon heute ohne zusätzliche Aufwendungen Stahlbetonelemente an, die bei ordnungsgemäßer Instandhaltung gebrauchsfertige Bauteile darstellen. Die vorhandenen Betonfertigteil-Konstruktionen der Plattenbauwohngebäude mit ihrer gleichen modularen Ordnung bieten eine Fülle von Ansatzpunkten für die Suche nach Alternativen zum bisher vorwiegend praktizierten Betonrecycling und den verbundenen steigenden Deponie- und Recyclingkosten.

Die Einsatzmöglichkeiten spannen sich dabei vom Wohnungs- und Gewerbebau über Bauten für technische, universelle und kulturelle Zwecke bis hin zu Bauten für den ruhenden Verkehr. Die Auseinandersetzung mit dem Plattenbau im Rahmen des Stadtumbaus Ost dokumentiert heute vielerorts die Wandlungsfähigkeit der Platte und ihre Zukunftsträchtigkeit. Und gerade vor dem Hintergrund sozialer und ökonomischer Krisen gewinnt der Pragmatismus im Umgang mit der Bausubstanz wieder an Bedeutung. Neben ästhetischen Qualitäten rücken die Fragen nach Werten, Kosten und Funktionen zunehmend in den Vordergrund. Und während dem „Negativimage der Platte“ durch positive Umgestaltungsmaßnahmen entgegengetreten wird, bleiben die Chancen für ein energieökonomisches und ressourcensparendes Bauen und wirtschaftlicher Nachhaltigkeit weitestgehend ungenutzt.

Der IFF Weimar e. V. ist mit der Umsetzung eines Pilotprojektes seiner Zielstellung, neue Verwertungsstrategien für gebrauchte Bauteile im Sinne des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes zu entwickeln, ein Stück näher gekommen.

Unter dem Titel „Aus Alt mach´ Neu“ wurde mit dem Neubau einer Trauerhalle in Mellingen das erste aus demontierten Stahlbetonelementen errichtete Gebäude in Thüringen als Pilot- und Demonstrationsobjekt übergeben.

Zur Durchsetzung der Vermeidungs- und Verwertungsgrundsätze gemäß Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz initiierten nachstehende Unternehmen das Gemeinschaftsprojekt Baustoff- und Bauteilbörse Thüringen

[www.bauteilboerse-thueringen.de](http://www.bauteilboerse-thueringen.de)

- Institut für Fertigteiltechnik und Fertigbau Weimar e. V.,
- KTW-Kunststoff-Technik GmbH Weimar,
- SWE Stadtwirtschaft GmbH Erfurt und dem
- Verband Thüringer Wohnungswirtschaft e. V.

Die Baustoff- und Bauteilbörse Thüringen ist als Officebereich rund um das Thema Kreislaufwirtschaft zu verstehen. Sie wurde vor dem Hintergrund flächendeckender Leerstandssituationen in den Plattenbausiedlungen und damit notwendiger Wohnungsabriss in Ostdeutschland initiiert. Unter dem Motto „Wiederverwendung

und Verwertung statt Deponierung“ wurde ein Instrumentarium geschaffen, welches sowohl der Erfassung des Aufkommens von Abbruch- und Demontagevorhaben als auch der Erfassung und besonders der Vermittlung wieder verwendbarer Bauteile, Baustoffe und Gegenstände der bau- und ausrüstungsseitigen Ausstattung deutschland- und europaweit eine Plattform bietet.

Die Internetplattform bietet Möglichkeiten zu konkreten Informationen, Beratungen und Aktivitäten mit den Schwerpunkten:

- Rückbau / Recycling
- Remontage / Wiederverwendung
- Projekte / Börse



Bauelemente

Ausrüstungs- und  
Ausstattungsgegenstände

Recyclingmaterial

## **Recycling von Photovoltaik-Dünnschichtmodulen mit nassmechanischen Verfahren – Ergebnisse des EU LIFE Projektes RESOLVED**

**Adam, C.<sup>1</sup>, Giese, L.B.<sup>1</sup>, Segebade, C.<sup>2</sup>, Steglich, H.-E.<sup>1</sup>; Weimann, K.<sup>1</sup>**

BAM – Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin, <sup>1</sup> Fachgruppe IV.3;  
<sup>2</sup> Fachgruppe I.4

Die Photovoltaik zählt zu den wichtigsten Technologien zur Nutzung regenerativer Energiequellen und basiert somit auf dem Grundprinzip der Nachhaltigkeit. Um diesem Anspruch gerecht werden zu können, müssen Herstellungsprozess, Betrieb und „end-of-life-cycle“ von Photovoltaikmodulen insbesondere auf ihre Nachhaltigkeit hin überprüft und entsprechend optimiert werden. Im Vordergrund stehen hierbei energetische Aspekte z.B. in Form der so genannten „energy pay-back time (EPBT)“. Insbesondere bei den neueren CdTe- und CIS-Dünnschichtmodulen spielen jedoch auch stoffliche Aspekte bei der Betrachtung der Nachhaltigkeit eine gewichtige Rolle. Zum einen werden endliche Ressourcen wie Indium und Tellur eingesetzt, was bei den prognostizierten Wachstumsraten des Marktes schon in absehbarer Zeit zu Produktionsengpässen führen kann. Zum anderen weisen CdTe-Module aufgrund ihres Cd-Gehaltes von etwa 900 mg/kg ein Umweltrisiko bei der Entsorgung auf, wenn kein geeigneter Recyclingvorgang vorgesehen ist. Auch CIS-Module enthalten Cadmium, jedoch in deutlich geringeren Konzentrationen (~20 mg/kg). Eine Ablagerung auf Deponien ist für diese Module nicht als geeigneter Entsorgungsweg anzusehen.

Trotz der erwähnten Nachteile, die der Einsatz von Cadmium in Photovoltaik-Modulen mit sich bringt, wird der CdTe- und der CIS-Dünnschichttechnologie ein wachsender Markt vorausgesagt. Dies liegt vor allem an guten ökonomischen und technischen Perspektiven.

Es wird deutlich, dass der zukünftige Erfolg der CdTe- und CIS-Dünnschichttechnologie nicht unbedeutend von einer geeigneten Recyclingstrategie zur Vermeidung von Umweltbelastungen und der Schonung von Ressourcen abhängt. Die Entwicklung und Demonstration einer solchen Technologie ist Gegenstand des EU LIFE Projektes RESOLVED. Die Ziele des angestrebten Verfahrens sind (i) die Aufkonzentrierung und Aufreinigung des Halbleitermaterials (CdTe oder CIS), sowie (ii) die Dekontamination der Hauptmassen (Glas und Kunststoff). Das aufkonzentrierte Halbleitermaterial ist der wesentliche Wertstoff und muss den Anforderungen eines Wiedereinsatzes im Produktionsprozess genügen, um in diesen direkt zurückgeführt werden zu können. Sollte die Qualität des aufbereiteten Halbleitermaterials nicht den Anforderungen der Produktion entsprechen, so müsste es einer weiteren Feinreinigung unterzogen oder könnte lediglich der Metallverhüttung zugeführt werden, was zwar das stoffliche Recycling beinhaltet, jedoch z.B. die erneute energieintensive Synthese von CdTe erfordert. Die Hauptmassefraktion Glas muss derart dekontaminiert werden, dass sie unproblematisch im Glasrecycling eingesetzt werden kann. Der Kunststoff Ethylvinylacetat (EVA) kann einer thermischen Verwertung zugeführt werden.

Es werden erste Ergebnisse von Laborversuchen zum nassmechanischen Aufschluss des PV-Materials sowie zur Aufreinigung des separierten Halbleiterkonzentrates mittels Flotation vorgestellt.

## Recycling edelmetallhaltiger Katalysatoren: Rückgewinnung von Edelmetallen und keramischem Träger

**Dr. Rainer Wegner**

Firmengruppe Drochow, ReMetall Drochow GmbH, Drochow

Das Verfahren zur Rückgewinnung von Platingruppenmetallen (PGM) aus Katalysatormaterial (Monolith und Washcoat) lässt sich in drei Schritte einteilen:

1. Optimale Trennung und Erfassung des PGM-haltigen Materials aus Keramik- und Metallkatalysatoren
2. Aufkonzentrieren der PGM (Abtrennung der Keramik)
3. Separation und Rückgewinnung der Edelmetalle

Der erste Schritt wird von unserer Firma seit langem erfolgreich betrieben, wobei die Maschinen und Anlagen von unserer Schwesterfirma Europarts Drochow GmbH gefertigt werden. Verfahren für die beiden ausstehenden Stufen sind in der Entwicklung. Dabei wird von den gängigen pyrometallurgischen Verfahren abgewichen, um das keramische Trägermaterial (Cordierit) ebenfalls zurückzugewinnen und wieder zu verwenden. Das Bild zeigt den generellen Ablauf eines Verfahrens zur Rückgewinnung der Edelmetalle mit Weiterverwendung des keramischen Trägermaterials.

Im Poster werden verschiedene Ansätze der Realisierung vorgestellt.

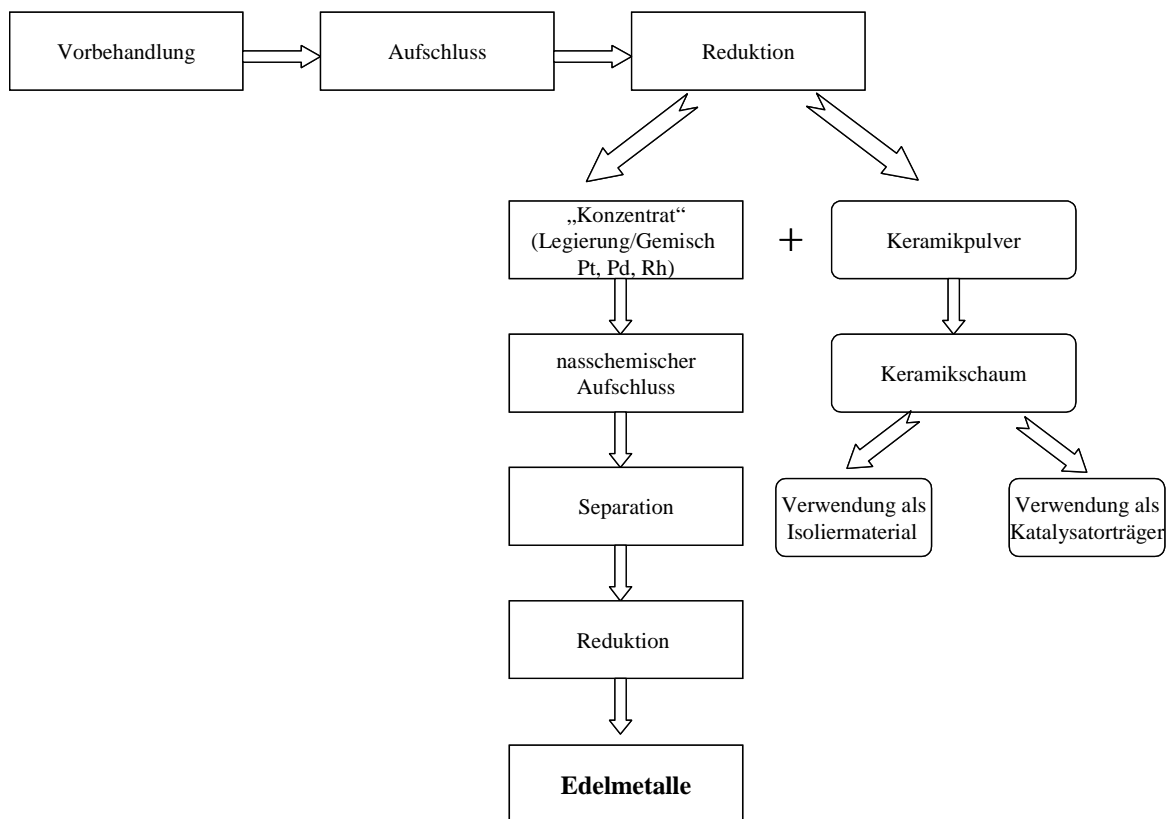


Bild: Ablauf der Stufen 2 und 3 der Edelmetallrückgewinnung

## Maschinen der Fa. Gebr. Pfeiffer AG - Fortschritt aus Tradition

Dipl.-Ing. Thomas Wittig

(Gebr. Pfeiffer AG, Abtlg. TV, Kaiserslautern)

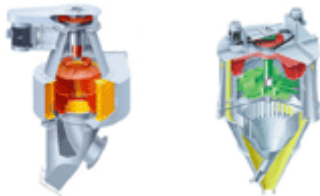
Folgende Poster werden auf der Tagung vorgestellt:

### MPS-WALZENSCHÜSSELMÜHLE



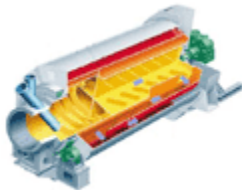
- Rohmaterialvermahlung
- Kohlevermahlung
- Zementmahlung
- Kalksteinmehle und -sande
- Weißfeinkalk und Kalkhydrat

### SICHTER



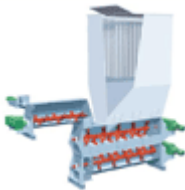
- Kalksteinmehle
- Kalkhydrat

### TRT-TRIPLEXTROCKNER



- Schlacken
- Kalkstein

### KLV KALKLÖSCHMASCHINE



- Weißfeinkalk
- Branntkalk

## Setzmaschinen-Generation Triple

Dipl.-Ing. Strangalies

AGS Anlagen + Verfahren GmbH, Raisdorf

Setzmaschine  
Triple A 

**AGS**  
Anlagen + Verfahren GmbH

### Naßmechanische Aufbereitung trennschwieriger Roh- und Reststoffe



#### Höchstmögliche Trennschärfe bei:

- Reststoffe
- Sand und Kies
- Erzen/Mineralien
- Straßenkehrriecht
- Industrie-Abfälle
- Schlacken

**Durchsatz-Leistung:**  
1,5-25 t/h

**Korn-Größen:**  
0-12 mm ( max.35 mm)

- minimale Investitionskosten
- minimale Personalkosten
- minimale Verschleißkosten
- individuellen Anwendungen entsprechend konfigurierbar



## Alotec® Werkstoffe als Verschleißschutz, Konstruktionskeramik oder Verbundsystem

Dipl.-Ing. Bernd Ebertz  
 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.

ETEC 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"**

### **Prof. Dr.-Ing. Thomas Pretz**

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

### **Dr.-Ing. Jens Löwe**

SBM Wageneder Ges.mbH, Arbeiterheimstr. 46, A-4663 Laakirchen, loewe@sbm-wageneder.at

### **Prof. Dr. rer. nat. habil. Hanspeter Heegn**

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

### **Dr. Marcus Zumdick**

Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Institutsteil Dresden, Winterbergstr. 28, o1277 Dresden, zumdick@epw.ifam.fraunhofer.de

### **Dr. Regine Sojref**

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

### **Dr. Hagen Jeschke, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Tomas**

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

### **Prof. Dr. Anette Müller, Dipl.-Ing. Gabi Seifert, Dipl.-Ing. Lars Wienke**

Bauhaus-Universität Weimar, Professur Aufbereitung von Baustoffen und Wiederverwertung, Coudraystrasse 7, 99421 Weimar, anette-m.mueller@bauing.uni-weimar.de, gabi.seifert@bauing.uni-weimar.de, lars.wienke@bauing.uni-weimar.de

### **Dr.-Ing. Andreas Ehrenberg**

Forschungsgemeinschaft Eisenhüttenschlacken, Bliersheimer Str. 62, 47229 Duisburg-Rheinhausen, a.ehrenberg@fehs.de

### **Dipl.-Ing. Klaus Schober**

Schober Zerkleinerungstechnik, Kanalweg 22, 76829 Landau, klaus-schober@t-online.de

### **Dipl.-Ing. Marcus Rechberger**

Fraunhofer-Institut Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik UMSICHT, 46047 Oberhausen, Osterfelder Str. 3, marcus.rechberger@umsicht.fhg.de

### **Dipl.-Ing. Mikael Ringholm, Dr.-Ing. Klaus Hentschel**

SSAB Oxelösund AB, Schweden, Department AC, Application-Engineering, SE-61380 Oxelösund, Sweden, mikael.ringholm@ssabox.com, klaus.hentschel@ssabox.com

**Prof. Dr.-Ing. A. Kwade**

Institut für Mechanische Verfahrenstechnik, Technische Universität Braunschweig,  
Volkmaroder Str. 4, 38106 Braunschweig, e-mail: [a.kwade@tu-bs.de](mailto:a.kwade@tu-bs.de)

**Dr.-Ing. Jürgen Stein**

Hosokawa Alpine AG, Peter-Doerfler-Str. 13-25, 86199 Augsburg,  
[j.stein@alpine.hosokawa.com](mailto:j.stein@alpine.hosokawa.com)

**Dr. Gert Göll**

Albert-Funk-Straße 10, D-09633 Halsbrücke

**Dr. Dietmar Espig**

Technologieberatung Freiberg, Chemnitzer Str. 103, 09599 Freiberg,  
[espig.dietmar@vdi.de](mailto:espig.dietmar@vdi.de)

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

UVR-FIA GmbH, Chemnitzer Str. 40, 09599 Freiberg, [rutz@uvr-fia.de](mailto:rutz@uvr-fia.de), [heegn@uvr-fia.de](mailto:heegn@uvr-fia.de), [kamptner@uvr-fia.de](mailto:kamptner@uvr-fia.de)

**Dipl.-Ing. Andreas Jeßberger**

Fa. RUF GmbH & Co.KG, Hausener Str. 101, 86874 Zaisertshofen,  
[jessberger@brikettieren.de](mailto:jessberger@brikettieren.de)

**Dr.-Ing. Mathias Trojsky**

ALLGAIER Werke GmbH, Adolf-Safft-Str. 10, 73037 Göppingen,  
[mathias.trojsky@allgaier.de](mailto:mathias.trojsky@allgaier.de)

**Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Husemann**

TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und  
Aufbereitungstechnik, Agricolastr. 1, 09599 Freiberg  
[klaus.husemann@mvtat.tu-freiberg.de](mailto:klaus.husemann@mvtat.tu-freiberg.de)

**Dr.-Ing. Henning Morgenroth**

UVR-FIA GmbH, Chemnitzer Str. 40, 09599 Freiberg, [morgenroth@uvr-fia.de](mailto:morgenroth@uvr-fia.de)

**Prof. Dr. Dieter von Borstel**

Fachhochschule Nordhausen, Weinberghof 4, 99734 Nordhausen,

**PD Dr.-Ing. habil. Andreas Momber**

RWTH Aachen Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik, Brunsstraße 10,  
21073 Hamburg, [andreas.momber@t-online.de](mailto:andreas.momber@t-online.de)

**Dipl.-Ing. Metodi Zlatev**

HAYER & BOECKER Geschäftsbereich Aufbereitungstechnik, Carl-Haver-Platz, D-  
59282 Oelde, [d.brinkmann@haverboecker.com](mailto:d.brinkmann@haverboecker.com)

**Hartwig Peschken**

Russell Finex NV, Mechelen, Belgien, Büro Deutschland: Offenbachstr. 8, 53173  
Bonn,  
[hp@russellfinex.be](mailto:hp@russellfinex.be)

**Heike Hänzka**

Jansen Beton- und Granitwerke GmbH, Steinweg 17, 01662 Meißen, post@roter-granit.de

**Dipl.-Ing. Marcus Rechberger**

Fraunhofer-Institut Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik UMSICHT, 46047 Oberhausen, Osterfelder Str. 3, marcus.rechberger@umsicht.fhg.de

**Dipl.-Chem. Wieland Hopfe**

FRITSCH GMBH • Laborgerätebau, Industriestraße 8, 55743 Idar-Oberstein, info@fritsch.de

**Dipl.-Ing. Birgit Rebel**

Institut für Fertigteiletechnik und Fertigbau Weimar e. V., Cranachstraße 46, 99423 Weimar  
b.rebel@iff-weimar.de

**Dr.-Ing. Christian Adam**

BAM – Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung Fachgruppe IV.3 Berlin, Unter den Eichen 87, 2207 Berlin, Christian.Adam@bam.de

**Dr. R. Wegner**

Firmengruppe Drochow, ReMetall Drochow GmbH, Hauptstr. 2a, 01994 Drochow, remetall@ecom-parts.com

**Dipl.-Ing. Thomas Wittig**

Gebr. Pfeiffer AG, Abtlg. TV, Barbarossastr. 50-54, 67655 Kaiserslautern, wittig@gpag.com

**Dipl.-Ing. Walter Strangalies**

**AGS Anlagen + Verfahren GmbH**, Lise-Meitner-Str. 1 – 7, D-24223 Raisdorf  
Mp@AGSEngine.de

**Dipl.-Ing. Bernd Ebertz**

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

## **Aktuelle Arbeitsgebiete der UVR-FIA GmbH**

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

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

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

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

Neben der Bearbeitung von Projekten, die von BMBF, BMWI, Bundesumweltstiftung und anderen Projektträgern finanziert werden, bestehen eine Vielzahl von Industriebeziehungen, so dass ein Großteil der Forschungsarbeiten über AIF oder direkt von der Industrie finanziert wird.

## **Vorankündigung der Jahrestagung 2006**

Die nächste Vortragsveranstaltung unter dem Leitthema:

### **Aufbereitung und Recycling**

findet voraussichtlich am 8. und 9. November 2006

im GIZEF Freiberg statt.

#### Terminplan

- Ende April 2006: **Einladung mit der Aufforderung zur Voranmeldung und zur aktiven Teilnahme mit Vorträgen**
- Ende Juli 2006: **Registrierung der Voranmeldungen und Fertigstellung des Tagungsprogramms**
- Ende August 2006: **Versand der Einladung mit Tagungsprogramm und der Anmeldung für Poster und Präsentationen**
- Ende September 2006: **Schlusstermin der Einreichung der Vortragskurzfassungen**

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

#### **Veranstalter:**

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

und

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

#### **Tagungsorganisation:**

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