



Aufbereitung und Recycling

09. und 10. November 2011

Freiberg

Veranstalter:

Gesellschaft für Verfahrenstechnik UVR-FIA e. V. Freiberg

Tagungsorganisation

UVR-FIA GmbH

Chemnitzer Str. 40, 09599 Freiberg

Telefon 03731 1621256

Fax 03731 1621299

E-Mail: info@uvr-fia.de

www.uvr-fia.de

Tagung Aufbereitung und Recycling 2011 Inhaltsverzeichnis

Vortragsprogramm	Seite 1- 4
Kurzfassungen der Vorträge	Seite 5- 44
Poster und Präsentationen	Seite 45-62
Adressen der Autoren der Tagung „Aufbereitung und Recycling“	Seite 63-66
Präsentation von UVR-FIA GmbH	Seite 67-68
Vorankündigung der Tagung „Aufbereitung und Recycling 2012“	Seite 69

Vortragsprogramm

Mittwoch 09.11.2011

Vortragsreihe A: 09.00 - 11.00 Uhr

Begrüßung

Morgenroth, Henning*; **Ebert, Wolfgang**** (*UVR-FIA GmbH, Freiberg, **Erzgebirgische Fluss- und Schwerspatwerke GmbH, Oberwiesenthal):
Bergevorabscheidung mittels automatischer Klaubung

Birtel, Sandra; Sandmann, Dirk; Gutzmer, Jens (TU Bergakademie Freiberg - Inst. f. Mineralogie): Geometallurgie: vom Erz zum Konzentrat - Pilotstudie an der hydrothermalen Goldlagerstätte Cavanacaw, Nordirland

Leißner, Thomas; Howell, John; Jäckel, Hans-Georg; Peuker, Urs A. (TU Bergakademie Freiberg - Inst. für MVAT): Aufbereitung Zinnwaldit-haltiger Greisen

Trinkler, Michael (Erz & Stein Gesellschaft für Lagerstätten- und Rohstoffberatung bR, Bobritzsch): Bedeutung der mineralogischen Begleitung von Gewinnungs- und Aufbereitungsprozessen

Vortragsreihe B: 11.30 - 13.00 Uhr

Sandmann, Dirk; Gutzmer, Jens (TU Bergakademie Freiberg - Inst. f. Mineralogie): Geometallurgische Untersuchungen an komplexen Kupferoxiderzen ("black copper ores") mittels Mineral Liberation Analyser (MLA)

Bohle, Bernd (Multotec Process Equipment (Pty) Ltd. Kempton Park, Südafrika): Neuartige Entwicklungen von Cleaner-Sortierspiralen für die Spezialsand- und Schwermineralien-Industrie

Bauer-Vasko, Christine*; **Nilica, Roland ****; **Flachberger, Helmut *** (*Montanuniversität A-Leoben - Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung; **RHI AG, A-Leoben): Untersuchungen zur Aufbereitbarkeit von Bauxiten für den Einsatz der Refraktärindustrie

Landmann, Mirko*; **Müller, Anette***; **Leydolph, Barbara***; **Schnell, Alexander****; **Seifert, Gabi****; **Liebezeit, Steffen***; **Schäler, Holger *** (*IFF Weimar e. V., **Bauhaus-Universität Weimar): Aufschlussverfahren zur Trennung von Verbundkonstruktionen im Mauerwerksbau

Vortragsreihe C: 14.00 - 15.30 Uhr

Thomé-Kozmiensky, Karl (Nietwerder): Recycling und Verbrennung bedingen einander

Schade-Dannewitz, Sylvia* ; **Poerschke, Jürgen***; **Rutz, Michael***, **Barnstedt, Dirk**** (*FH Nordhausen, **Schulz & Berger Luft- und Verfahrenstechnik GmbH, Altenburg): Aufbereitung von Leichtstoffen mit dem Doppeltrommelunterdrucktrenner

Schockert, Yvonne (RWTH Aachen – I.A.R): Sortierung dunkler Polymere mittels aktiver Thermografie

Vortragsreihe D: 16.00 - 18.00 Uhr

Linß, Elske; Schnellert, Thomas (Bauhaus Universität Weimar - F.A.-Inst.): Entwicklung eines Verfahrens zur automatischen Sortierung mineralischen Recyclingmaterials

Lehmann, Thilo; Obst, Volkmar (LEHMANN Maschinenbau GmbH, Jocketa): Durch Recycling wird Abfall zum Wertstoff

Omarow, Asamat*, Ospanow, Assan, Tomas, Jürgen*** (*Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg – Inst. Mechanische Verfahrenstechnik, **Technologische Universität Almaty, Kasachstan): Reinigung des Getreides mit Hilfe unharmonischer Drehschwingungen

Trojosky, Mathias; Hesse, Jens (ALLGAIER Process Technology GmbH, Göppingen): Trocknung und Reinigung von Glasscherben im Trommeltrockner

Dill, Stefan (Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH & Co. KG, Hardheim): Innovative Aufbereitungstechnologien für Trockenpress-, Extrusions- und Gießmassen

Abendveranstaltung: 18.15 – 22.00 Uhr**Donnerstag 10.11.2011****Vortragsreihe E: 08.00 - 10.00 Uhr**

Stein, Jürgen (Hosokawa Alpine AG, Augsburg): Mahlen und Energiesparen - ein Widerspruch? - Aspekte zur energieeffizienten Aufbereitung feiner Partikel

Mütze, Thomas (TU Bergakademie Freiberg – Inst. für MVAT): Selbstähnlichkeit bei der Gutbettzerkleinerung

Pohl, Markus*; Obry, Christophe** (*Dyckerhoff AG Wiesbaden; **Buzzi Unicem): Optimierung von Vertikalmühlen, Vertiefung des Prozessverständnisses

Klöpffer, Johannes (REMA Tip Top GmbH, Poing): Remamill Mühlenpanzerungen aus Spezialgummi

Seifert, Gabi; Müller, Anette (Bauhaus Universität Weimar - F.A.-Inst.): Mahlbarkeit von mineralischen Bauabfällen

Vortragsreihe F: 10.30 - 12.30 Uhr

Thümmler, Silke; Kamptner, Andre; Heegn, Hanspeter (UVR-FIA GmbH, Freiberg): Erprobung von Zerkleinerungsverfahren für metallisches Eisen zur Präparation von Dispersionen für die Bodensanierung

Dardemann, Frank; Gerold, Carsten (Loesche GmbH, Düsseldorf): Einsatz der Loesche Wälzmühle zur Vermahlung von Erzen und Stahlwerksschlacken

Schiffers, Andreas; Jungmann, Andreas; (CALA – Aufbereitungstechnik GmbH & Co. KG, Herzogenrath): Trockenaufbereitung von Stahlwerksschlacke mit maximaler Metallausbringung und hochwertiger Verwertung der mineralischen Fraktion

Cirar, Kristin*, Brunnmair, Erwin Flachberger, Helmut*** (*Montanuniversität Leoben - Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung, **Binder+Co AG, A-Gleisdorf): Weiterentwicklung des GIB-Prozesses zur Herstellung neuartiger geschlossenzellig geblähter Perlit-Produkte

Schmidt, Elisabeth*, Peuker, Urs A.*; Schmidt, Frank **(*TU Bergakademie Freiberg - Inst. f. MVAT, **Siemens AG, Industry Sector, Erlangen): Aufbereitung kanadischen Ölsands durch ein nichtwässriges Alternativverfahren

Vortragsreihe G: 13.30 - 15.30 Uhr

Becker-Kaiser, Rudolf; Ulbricht, Axel (Eurofins Umwelt GmbH, Hamburg, Freiberg): Analytik strategischer Metalle als Dienstleistung in Recyclingprozessen und Rohstofferschließung

Bohling, Christian; John, Andreas; Cordts, Lothar (SECOPTA GmbH, Berlin): Optische Sensorik erhöht die Wertschöpfung bei der Rohstoffgewinnung - Beispiele zum Einsatz der Laserinduzierten Breakdownspektroskopie (LIBS)

Hanisch, Jens (FAM Magdeburger Förderanlagen und Baumaschinen GmbH, Magdeburg): Zerkleinerungstechnologie für Petrolkoks

Bräumer, Michael (Fa. Bräumer, Bendorf): Rollattrition

Seidemann, Marko; Müller, Anette (Bauhaus Universität Weimar - F.A.-Inst.): Gezielte Karbonatisierung von rezyklierten Zuschlägen aus Altbeton

Posterausstellung

Morgenroth, Henning; Schaefer, Juliane (UVR-FIA GmbH, Freiberg): Aufbereitung von Mansfelder Haldenmaterial

Maul, Anja; Jansen, Michael; Pretz, Thomas (Institut für Aufbereitung und Recycling RWTH Aachen): Sensortechnik als Instrument einer nachhaltigen Rohstoffwirtschaft

Reinsch, Edith; Frey, A.; Peuker, Urs A. (Institut MVT/AT TU Bergakademie Freiberg); **Albrecht, Victoria; Simon Frank** (Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden): Der Einfluss von Füllstoffen und Additiven in Kunststoffen auf die Elektrosortierung

Ostheeren, Katrin; Ludwig, Horst-Michael (Bauhaus Universität F.A.-Inst. Weimar): Quantifizierte Kornformeinflüsse auf die Verarbeitungseigenschaften von Basismörtel selbstverdichtender Betone

Weiß, Adriana; Müller, Anette(Bauhaus Universität F.A.-Inst. Weimar): Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung von Schwergewichtssteinen unter Maximierung des Anteils an Recycling-Baustoffen als ressourcensparende Verwertungslösung

Wilkens, Markus; Reinsch, Edith; Peuker, Urs A. (Institut MVT/AT TU Bergakademie Freiberg): Recycling von Epoxid-Kompositen durch mechanische Trennung

Schmatz, C.; Lindner, M.; Jäckel, Hans-Georg; Peuker, Urs A. (Institut MVT/AT, TU Bergakademie Freiberg): Charakterisierung des Gefährdungspotentiales bei der Zerkleinerung Li-haltiger Batterien und Akkumulatoren

Gellner, Martha *; Schwarz, Simona*; Petzold, Gudrun*; Paleit, Annett** (*Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V., **UVR-FIA GmbH Freiberg): Verfahrensentwicklung zur Aufbereitung von schwermetallhaltigen Abwässern mittels selektiv wirkender Polyelektrolyte

Schwarz, Simona*; Ponce-Vargas, Sandra; Licea, Angel****(*Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V., **Instituto Tecnológico de Tijuana, Centro de Graduados e Investigación, Mexico): Kombination von Flockungsmitteln mit thermosensitiven Polymeren zur Bildung kompakter Sedimente

Firmenpräsentationen

Änderungen nach Redaktionsschluss – Stand: 10.11.2011

Cement and Mining Processing (CMP) AG – Dessau Roßlau

Derrick Corporation, Industrievertretung Europa Dipl.-Ing. Uwe Bruder Hirschau

Eirich, Industrievertretung Ingenieurbüro Dipl.-Ing. Stefan Dill - Jena

EUROFINS Umwelt Ost GmbH Niederlassung Freiberg

Fagus-GreCon Greten GmbH & Co. KG - Alfeld

Mogensen GmbH & Co. KG – Allgaier Group - Wedel

Multotec Process Equipment (Pty) Ltd. Kempton Park Südafrika

SECOPTA laser based sensor systems – Berlin

Bergevorabscheidung mittels automatischer Klaubung

Morgenroth, Henning*; Ebert, Wolfgang**

*UVR-FIA GmbH Freiberg, ** Erzgebirgische Fluss- und Schwerspatwerke Oberwiesenthal

Die Erzgebirgische Fluss- und Schwerspatwerke GmbH erschließen gegenwärtig eine Fluss- und Schwerspat-Lagerstätte in Niederschlag in der Nähe von Bärenstein. 2012 soll die Förderung und Aufbereitung von ca. 150.000 t/a Rohspat beginnen.

Die Aufbereitung des Rohspates wird an 2 Standorten erfolgen:

- Untertageanlage Niederschlag (Vorzerkleinerung und Bergevorabscheidung)
- Aufbereitungsanlage Aue (Mahlung, Flotation und Entwässerung).

Der Transport von Aufbereitungsprodukten zwischen beiden Anlagen und der Abtransport der Produkte erfolgt mit LKW.

Die UVR-FIA GmbH arbeitet im Auftrag der EFS GmbH an der Verfahrensentwicklung und ist Verfahrensgeber bei der Anlagenplanung.

Im Anlagenteil Niederschlag ist eine Bergevorabscheidung vorgesehen, um Nebengestein, dass durch den Abbau mit in den Rohspat gelangte, auszusortieren. Dadurch wird einerseits der Transportaufwand vermindert und andererseits können grobe Berge als Versatz in der Grube bleiben.

Aufgrund der örtlichen Rahmenbedingungen kann in Niederschlag nur ein „trockenes“ Sortierverfahren eingesetzt werden.

Hierfür bot sich die automatische Klaubung an, die in neuerer Zeit als „sensorgestützte Sortierung“ auch auf dem Gebiet der Mineralaufbereitung eine merkliche Weiterentwicklung erfuhr.

Im Beitrag wird über Untersuchungen berichtet, die mit und bei namhaften Herstellern für Anlagen zur sensorgestützten Sortierung durchgeführt wurden.

Es wurden zwei Technologien getestet:

- Sortierung auf Grundlage unterschiedlicher chemischer Oberflächeneigenschaften die durch NIR-Spektroskopie ermittelt werden
- Sortierung durch Messung der Dichte mittels Röntgendurchstrahlung

Die Ergebnisse zeigen, dass mit beiden Technologien erfolgreich eine Bergevorabscheidung im Korngrößenbereich >15 mm erreicht werden kann. Der Verlust an Wertmineral war gering.

Eine Sortiermaschine mit einer Arbeitsbreite von 1,5 bis 2 m kann einen Massenstrom von 35 bis 40 t/h mit einem Nebengestein-Anteil von ca. 20 bis 30 % sortieren.

Geometallurgie: vom Erz zum Konzentrat - Pilotstudie an der hydrothermalen Goldlagerstätte Cavanacaw, Nordirland

Birtel, Sandra; Sandmann, Dirk; Gutzmer, Jens

Institut für Mineralogie, TU Bergakademie Freiberg

Geometallurgie ist eine interdisziplinäre Forschungsrichtung im Schnittfeld der Geowissenschaften, Ingenieurwissenschaften, Werkstoffwissenschaften und Ökologie, um den Fluss relevanter Daten von der Exploration über den Abbau, die Aufbereitung bis hin zur Deponierung zu gewährleisten. Weiterhin findet eine stochastische und wirtschaftliche Analyse und Bewertung von Daten und Prozessen statt. Durch die nahtlose Kommunikation zwischen den einzelnen Prozessschritten bei gleichzeitiger Verfügbarkeit aller relevanten Daten kann die optimale Nutzung des Wertstoffinhaltes einer Lagerstätte erreicht werden. Ein wesentlicher Aspekt der geometallurgischen Bewertung ist die Quantifizierung von Mineralogie und Gefüge des Ausgangsmaterials und nicht wie meist üblich nur des ‚grade‘ (chemische Zusammensetzung). Diese Information soll dazu dienen, die Aufbereitungsschritte optimal auf den zu verarbeitenden Rohstoff anzupassen.

In einer Pilotstudie wurden zwei Reicherzproben und zwei erzführende hydrothermal alterierte Nebengesteinsproben (Armerz) aus dem derzeitigen Abbaubereich des Tagebaus der Cavanacaw Goldmine (Omagh Minerals Ltd.) entnommen und mit vier flotierten Konzentratproben verglichen; die drei Probenotypen (Reicherz, Armerz und Konzentrat) wurden geometallurgisch bewertet. Die Proben enthalten Pyrit, Galenit, Arsenopyrit, Chalkopyrit, Elektrum, Ankerit, Baryt, und die Silikate Quarz, Muskovit und Chamosit. Von den Erzproben wurden je zwei polierte Dünnschliffe präpariert, von den Konzentraten wurden Körnerpräparate angefertigt. Die Konzentrate wurden nicht nach Korngrößen getrennt, sondern im ‚Istzustand‘ präpariert. Im Gegensatz zu konventionell chemischen Analysen geben Messungen mittels Mineral Liberation Analyser (MLA) quantitative Informationen über Mineralogie und Gefüge, insbesondere Mineralassoziation, Liberationsgrad, Korngrößenverteilung etc. Aus diesen Daten kann dann auch die chemische Zusammensetzung (‚grade‘) errechnet werden. Der Vergleich von Erzproben und Konzentraten soll Auskunft über die Effizienz der Aufbereitung geben, mögliche mikrostrukturell oder mineralogisch bedingte Verluste hervorheben und damit zu einer Optimierung der Aufbereitung beitragen.

Die Bewertung der in der Pilotstudie erzielten Resultate belegt, dass bei einer Beschränkung von mineralogischen und gefügekundlichen Untersuchungen auf aufbereitetes (zerkleinertes, konzentriertes) Material wichtige Information verloren geht. So erwies sich die durchschnittliche Goldkonzentration in den Reicherz-Dünnschliffen mit 130 ppm doppelt so hoch wie die im Konzentrat ermittelten Konzentrationen. Hier ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Probenahme bei der durchgeführten Pilotstudie nicht repräsentativ war, die entnommenen Proben nicht exakt dem Material entsprechen, aus dem das Konzentrat gewonnen wurde und das Mischungsverhältnis von Reicherz und Armerz zu eben dieser Abreicherung im Vergleich zum Erz führen kann. Die Größenordnung des Konzentrationsunterschiedes bleibt jedoch bemerkenswert und muss weiter untersucht werden. Weiterhin war auffällig, dass in unzerkleinerten Reicherzproben relativ große Elektrumkörner (100x20 µm) auftraten. Diese fanden sich im Konzentrat nicht wieder. Dies führt zu dem Schluss, dass solch grobe Elektrumkörner

wahrscheinlich nicht durch die Aufbereitung erfasst werden. Auch fand sich Pyrit im Flotationskonzentrat abgereichert, während Galenit angereichert wurde. Auch dies ist eine wichtige Beobachtung, da Pyrit im Erz ein bevorzugtes Wirtsmineral für Einschlüsse von Elektrum ist und weiterhin signifikante Mengen von Au im Pyritgitter substituiert sind (Parnell et al., 2000). Beide Beobachtungen deuten auf einen signifikanten Verlust von Au während der derzeit angewandten Aufbereitungsstrategie hin. Es wird daher erwartet, dass eine Verbesserung der Konzentratqualität über eine Optimierung der Aufbereitungsprozesse bedeutende wirtschaftliche Auswirkungen für die Cavanacaw Goldmine haben wird.

Literatur:

Parnell J, Earls G, Wilkinson JJ, Hutton DHW, Boyce AJ, Fallick AE, Ellam RM, Gleeson SA, Moles NR, Carey PF, Legg I, Carey PF (2000): Regional Fluid Flow and Gold Mineralization in the Dalradian of the Sperrin Mountains, Northern Ireland: *Econ Geol* 95:1389-1416.

Zur Bedeutung der mineralogischen Begleitung von Gewinnungs- und Aufbereitungsprozessen

Trinkler, Michael

Erz&Stein, Bobritzsch

Nach wie vor wird weltweit die Bedeutung mineralogischer Untersuchungen im Rohstoffsektor als Bindeglied und Vermittler zwischen dem geologischen Bearbeitungsobjekt d.h. dem Erz und der technologischen Nutzbarmachung unterschätzt. Häufig werden die z. T. hoch komplexen Fragestellungen der Erzkonsistenz außer Acht gelassen, da davon ausgegangen wird, dass alle Wege bekannt und gut ausgetreten sind.

Dabei wird oft billigend in Kauf genommen, dass Begleitrohstoffe ungenutzt im Berg verbleiben oder durch ein unvollständiges Ausbringen Wertkomponenten mit den Taillings verkippt werden.

Mit dem weltweit steigenden Rohstoffbedarf werden zunehmend erzhaltige Gesteine bauwürdig, die hinsichtlich ihrer Wertstoffgehalte, Korngrößen und Verwachsungsverhältnissen bislang uninteressant waren. Damit steigen die Anforderungen, die an die Verarbeitung dieser Erze gestellt werden.

Zunächst sollen an verschiedenen Beispielen die Problematiken komplizierter Verhältnisse in erzführenden Gesteinen und anderen nutzbaren Materialien dargestellt werden. Dabei geht es um sehr kleine bzw. stark wechselnde Erzkorngrößen, innige Verwachsungen und um eingewachsene oder getarnte Fremdmineralphasen. Aber auch die Fragen, an welches Mineral ist meine Komponente gebunden, oder ist die Komponente getarnt bzw. diffus verteilt oder sind die Nutzminerale von Phasenumwandlungen betroffen, die zu veränderten Eigenschaften führen, können von großer Bedeutung sein. Dies betrifft nicht nur Erze im klassischen Sinne, sondern auch Steine-Erden-Rohstoffe und Industriemineralien. Mineralogische Phänomene können sogar die Ursache von Störungen bei der Produktion von Industriegütern sein.

An ausgewählten Beispielen soll erläutert werden, wie Lösungen und Prozessgestaltungen auf der Grundlage mineralogischer Untersuchungen aussehen bzw. aussehen können.

Damit können im Vorfeld von Untersuchungen zur Aufbereitbarkeit eines Erzes wichtige Fragen für die weitere Prozessgestaltung beantwortet werden. Dazu gehört auch die komplexe Betrachtung störender oder möglicherweise umweltschädlicher Komponenten. Daneben sollte bereits im Gewinnungsprozess die mögliche gemeinsame Gewinnung von nutzbaren Komponenten, aber auch die getrennte Gewinnung einander störender bzw. gezielte Nichtgewinnung von schädlichen Komponenten berücksichtigt werden.

Darüber hinaus sind mineralogische Untersuchungen auch bei etablierten Aufbereitungstechnologien geeignet, Fragen von Rohstoffverlusten zu klären bzw. Möglichkeiten der Prozessverbesserung aufzuzeigen.

Aufbereitung Zinnwaldit-haltiger Greisen

Leißner, Thomas; Howell, John; Jäckel, Hans-Georg; Peuker, Urs

TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und
Aufbereitungstechnik

Im Zuge des Ausbaus der Elektromobilität und der damit verbundenen Nachfrage nach Energiespeichern wird mittelfristig mit einer Verknappung von Rohstoffen für die Akkumulatorenfertigung gerechnet. Dies betrifft im Wesentlichen Lithiumcarbonat LiCO_3 , welches für den Einsatz in Energiespeichern vorwiegend in den Salzlagerstätten Südamerikas gewonnen wird. Das Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik der TU Bergakademie Freiberg befasst sich im Rahmen des BMBF Projekts Hybride Lithiumgewinnung unter anderem mit der trockenen Aufbereitung Lithium-haltiger Erze. Hierbei handelt es sich um den einheimischen Rohstoff Zinnwaldit aus der Lagerstätte Altenberg.



Abbildung: Links: Greisen der Korngröße um 30 mm, Mitte: Konzentrat < 1 mm,
Rechts: Berge < 1 mm.

Der Zinnwaldit ist ein Silikatglimmer, der in einem Greisenerz mit Quarz, Topas, Muskovit und anderen Mineralien verwachsen ist. Diese gilt es durch verschiedene Zerkleinerungs- und Anreicherungs-schritte vom Wertmineral zu trennen und ein Glimmerkonzentrat zu erzeugen, welches sich als Ausgangsstoff zur Produktion von LiCO_3 eignet.

Der Vortrag stellt erste Ergebnisse der Zerkleinerungsuntersuchungen am Greisenerz sowie der Klassier- und Sortiersversuche an den Zerkleinerungsprodukten dar.

Geometallurgische Untersuchungen an komplexen Kupferoxiderzen („black copper ores“) mittels Mineral Liberation Analyser (MLA)

Sandmann, Dirk; Gutzmer, Jens

Institut für Mineralogie, TU Bergakademie Freiberg

Durch das Instituto de Geología Económica Aplicada (GEA) der Universidad de Concepción, Chile wurden 9 Proben von Kupferoxiderzen einer chilenischen supergenen Kupferlagerstätte zur Verfügung gestellt. Kupferoxiderze (sog. black copper ores, copper wad, copper pitch) zeigen im Allgemeinen ein geringes Ausbringen bei der Haufenlaugung. Um diese Laugungsprozesse besser verstehen und letztendlich optimieren zu können, ist es wichtig, die komplexen Erz- und Gangart-Phasen detailliert zu charakterisieren. Erschwert wird die Bewertung dieser Erze durch das Auftreten von z.T. kolloidalen Phasen und die große Variabilität der Mineralvergesellschaftungen. Weiterhin ist dieser Erztyp durch einen hohen Anteil an Tonmineralphasen charakterisiert, die oft Kupfer führend sein können.

Die 9 analysierten Proben stammen aus Laugungsexperimenten und sind Körnerpräparate, die vom GEA, Concepción in Epoxidharz eingebettet, angeschliffen und poliert wurden. Je vier Proben gliedern sich in Aufgabe-Material („head“) und Rückstand („residue“). Eine Probe liegt nur als Rückstandsprobe vor. Zu den Abläufen der Laugung kann keine Aussage getroffen werden, da diese direkt am GEA, Concepción durchgeführt wurde und keine Angabe bei der Übersendung der Proben dazu erfolgte. Deshalb liegt der Schwerpunkt der mit der MLA durchgeführten Analysen auch nicht in der Beurteilung der Laugungseffektivität, sondern bei der möglichst optimalen Charakterisierung der komplex aufgebauten Kupferoxiderze.

Die für die Bearbeitung der Proben genutzte MLA-Technik kombiniert die Methoden der Rückstreuielektronen-Bildanalyse (BSE) und der energiedispersiven Röntgenspektroskopie (EDX), um eine automatisierte quantitative Charakterisierung der modalen Mineralogie, Mineralassoziationen, Korngrößenverteilungen, Mineralfreisetzungsgraden und anderen aufbereitungstechnisch relevanten Parametern zu ermöglichen (Fandrich et al. 2007).

Während dieser Studie wurden die Körnerpräparate mit vier verschiedenen MLA-Messtechniken (XBSE, XMOD, GXMAP, SPL_GXMAP) und vier verschiedenen Vergrößerungsstufen des BSE-Bildes (200 x, 400 x, 750 x, 1000 x) analysiert. Insgesamt wurde jede Probe mit acht unterschiedlichen Messprogrammen untersucht. Je nach gewähltem Messprogramm, gewählter Vergrößerung sowie vorgewähltem Zeitlimit wurden einige Proben komplett und andere nur teilweise (3-10 % der Schliifffläche) analysiert. Trotz dieser Unterschiede zeigen sich an den meisten Proben keine signifikanten Unterschiede der kalkulierten Elementzusammensetzung, sowie nur geringe Unterschiede der erfassten Korngrößen-Verteilungen (je größer die Vergrößerung, umso kleinere Korngrößen werden zusätzlich registriert) und des modalen Mineralbestandes.

Die Ergebnisse der Messprogramme zeigen, dass die vier Proben der Aufgabe-Erze Kupfergehalte von etwa 0,8 bis 3,4 Gew.-% und die vier Proben der Rückstands-Erz Gehalte von 0,5 bis 1,9 Gew.-% Cu aufweisen. Dabei sind die Kupfergehalte hauptsächlich an Atacamit, CuFeMnAlSiO- und CuFeMgAlSiO-Phasen, kupferhaltigen Kryptomelan, sowie Eisen-Kupfer-führende Tonminerale gebunden. Die Auswertung der Mineralassoziationen zeigte eine signifikante und komplexe Verwachsung der verschiedener Minerale und Mineralphasen, sowie daraus resultierend geringe Freisetzungsgrade einzelner Wertminerale.

Literatur:

Fandrich, R., Gu, Y., Burrows D., Moeller, K. (2007): Modern SEM-based mineral liberation analysis. Int. J. Miner. Process. 84, 310–320.

Neuartige Entwicklungen auf dem Gebiet der Cleaner – Sortierspiralen für die Spezielsand- und Schwermineralien-Industrie

Bohle, Bernd

Multotec Process Equipment (Pty) Ltd, Kempton Park, Südafrika

Die gravimetrische Filmdichtesortierung auf Sortierspiralen ist eine der ältesten und bis zum heutigen Tag eine der wirtschaftlichsten Methoden in der Mineralienaufbereitung.

Eine wichtige Veränderung z.B. in der Herstellung durch REICHERT Mitte der 50er Jahre des letzten Jahrhunderts basierte auf der Einführung leichter Werkstoffe wie gummierte glasfaserverstärkte Kunststoffe (GFK) oder im „umgekehrten“ Sprühverfahren hergestellte GFK-Wendeln mit Polyurethan-Innenbeschichtung. Doch auch die Anforderungen der Betreiber von Sortierspiralen, was deren vom Endkunden geforderte Produktqualität betrifft, sind in den letzten Jahrzehnten mehr und mehr anspruchsvoller geworden. Ist dann die herkömmliche Sortierspirale als „wendelförmige Goldwäscherpfanne“ noch im neuen Jahrtausend der Aufbereitungstechnik als zeitgemäß anzusehen?

Die folgende Präsentation beschreibt Ergebnisse einer wesentlichen Weiterentwicklung auf dem Gebiet der Hochanreicherungsverfahren, die mit einer neuartigen Cleaner-/ Re-Cleaner-Spirale erreicht werden.

Ein Wendelscheidersystem besteht aus dem Aufgabeverteiler, der Aufgabebox am Beginn des Spiralentroges, der Spirale mit ihrem wendelförmigen Trog, der Produktsplitterbox am Ende des Spiralentroges sowie dem Halterahmen, der internen Verrohrung und den Produktrinnen.

Im Folgenden werden die wichtigsten Betriebsparameter einer Wendelscheideranlage zusammengefasst:

Die volumetrische Durchflussmenge und Strömungsgeschwindigkeit einer vorbehandelten Trübe ist der wichtigste unabhängige Parameter für die Aufbereitungsleistung einer Sortierspirale. Daher ist es unbedingt notwendig, diesen Parameter während des Betriebes stets konstant zu halten.

Der Effekt und die korrekte Beurteilung unterschiedlicher volumetrischer Trogladeverhältnisse führen zur Festlegung der optimalen Beschickungsmenge pro Trog in Bezug auf die Trenneffizienz und den jeweiligen Spiralentyp.

Erfahrungen auf dem Gebiet der Schwermineralienproduktion haben gezeigt, dass neben der Erkenntnis der Korngrößenbegrenzung von etwa -1,5 mm bis + 0,04 mm die optimale Trenneffizienz für den Körnungsbereich – 850µm bis + 53 µm liegt.

Bei konstanter volumetrischer Beschickung der Spiralen hat der prozentuale Feststoffanteil der Beschickungskonzentration, solange er sich in einem realistischen Rahmen bewegt, einen relativ geringen Effekt auf den Trenneffekt der Spiralen. Der optimale Feststoffgehalt liegt erfahrungsgemäß bei 30 bis 40 Gew.-%, wobei unter 25 Gew.-% und über 45 Gew.-% die Trenneffizienz dramatisch nachlässt.

Die Weiterentwicklung der Cleaner-Spirale

Aus den jahrelangen Erkenntnissen und Erfahrungen im Einsatz von Cleaner-Spiralen in der Schwermineralienindustrie konnten die folgenden wesentlichen apparativen Weiterentwicklungen abgeleitet und realisiert werden:

Aufgabebox

Hier ist die Ausfächerung der Trübe unmittelbar nach dem Verlassen der Aufgabebox ein wichtiger verfahrenstechnischer Vorgang; das alte Aufgabebox-Design beschickt den Trog mit einer Ausfächerung innerhalb der nächsten 360 grad Wendelumdrehung, die Verbesserung der Beschickung innerhalb 110 grad erlaubt eine größere Verweilzeit und damit verbesserte Ausfächerung um mehr als eine halbe Wendelumdrehung.

Zwischensplitter und Repulper

Die Zwischensplitter wurden in ihrem herkömmlichen Design geändert und in ihrer Länge, Position zur Mittelsäule und Anzahl modifiziert.

Vor allem durch die unterschiedliche Positionierung und Erhöhung der Anzahl von 3 auf 7 Zwischensplitter auf der Cleaner-Spirale kann nun mehr Konzentrat in den Konzentratkanal abgeleitet werden.

Die Möglichkeit der nachträglichen Installation eines Repulpers nach dem Zwischensplitter im Mittelbereich der Spiralenlänge erlaubt ein zusätzliches erneutes Umschichten der Trübe und die erneute Ausfächerung der Feststoffe innerhalb 110 Grad ohne Trogbreitenverlust. Dieser Repulper ist auswechselbar und an unterschiedlichen Positionen auf dem Wendelweg nach unten zu Optimierungszwecken zu installieren.

Komplett überarbeitetes Trog-Profil

Computersimulationen mit nuklear-optischen Messverfahren (CFD) erlauben heute die Partikel mit unterschiedlichem spez. Gewicht exakt auf ihrem Weg über die Wendel nach unten zu verfolgen.

Das alte leichtrunde Trogdesign wurde in drei Bereiche mit definierten unterschiedlichen Winkeln und Gefällen aufgeteilt. Eine nahezu gerade Linienausrichtung im Trogquerschnitt wurde errechnet und erlaubt nun zudem eine vereinfachte und kostengünstigere Herstellung, vor allem der Mutterformen.

Verändertes Troggefälle

Das herkömmliche Troggefälle bei Cleaner-Spiralen mit 18 Grad wurde um 2 Grad auf nun 20 Grad erhöht; in Kombination mit dem neuen Trog-Profil konnte mit dem neuartigen Spiralentyp **SC20/7/A/4LG** ein mehr sauberes Konzentrat erreicht werden.

Modifiziertes Produkt-Splitterbox-Design

Ein für die Herstellung vereinfachtes und kostengünstigeres Design vermeidet bei mehrfachen Spiralen die ansonsten produktschädlichen Rückvermischungen durch ein spezielles Dichtlippen-Stufensystem.



Bild 1: Ansicht einer Sortierspiralen-Bank



Bild 2: Die neue Cleaner Spirale im Betrieb

Untersuchungen zur Aufbereitbarkeit von Bauxiten für den Einsatz in der Refraktärindustrie

Bauer-Vasko, Christine *; Nilica, Roland **; Flachberger, Helmut *

* Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung, Montanuniversität Leoben, Österreich

** RHI AG, Leoben, Österreich

Bauxit wird zum größten Teil durch den Bayer-Prozess chemisch aufbereitet. Durch dieses bewährte, aber auch energie- und damit kostenintensive Verfahren wird hochreines Aluminiumoxid-Trihydrat für die unterschiedlichsten industriellen Anwendungen hergestellt. Es dient als Ausgangsprodukt für Aluminiummetalle und für die Herstellung qualitativ hochwertiger Produkte der Refraktär-, Schleifmittel-, Zement- und chemischen Industrie. In einigen Sonderanwendungen kann Bauxit auch ohne chemische Aufbereitung zur Herstellung von Produkten mit geringeren Qualitätsanforderungen eingesetzt werden. Bislang werden zu diesem Zweck Lagerstätten mit günstiger chemischer Zusammensetzung herangezogen, welche durch einfache Aufbereitungsschritte – wie Läutern, Entschlämmen und Klassieren – ausreichend angereichert werden können. Da diese Lagerstätten nur begrenzt vorliegen bzw. mittlerweile auch Lagerstättenbereiche geringerer Qualität abgebaut werden müssen, ist bei gleichbleibenden Anforderungen an die Produkte eine Erhöhung des Aufbereitungsaufwandes unumgänglich und damit gewinnen klassische, physikalischen Grundprinzipien folgende Sortierverfahren an Bedeutung. Für die praktischen Untersuchungen zur Prüfung auf Aufbereitbarkeit wurden Sammelproben von vier Bauxit-Lagerstätten unterschiedlicher Herkunft einer umfangreichen aufbereitungstechnischen Rohgutcharakterisierung unterzogen. Dazu wurden die in Kornklassen aufgegliederten Sammelproben anhand der Merkmale „Dichte“ – mittels Schwimm-/Sink-Analyse – und „Suszeptibilität“ – mittels Frantz-Scheidung – sortiert. Zusätzlich wurden gröbere Fraktionen anhand ihrer optischen Eigenschaften ausgeklaut.

Wie sich während der Untersuchungen gezeigt hat, musste der Probenvorbereitung besondere Bedeutung beigemessen werden. Durch Läutern, Entschlämmen und Klassieren konnte nicht nur eine erste Anreicherung der Wertminerale erreicht werden, sondern konnten nur diese ausreichend gewaschenen Proben in den nachfolgenden Sortierprozessen erfolgreich aufbereitet werden.

Auf Basis der Rohgutcharakterisierung wurden anschließend folgende Sortierversuche durchgeführt:

- Versuche zur Dichtesortierung mittels Schwertrübescheidung sowie Setzarbeit
- Versuche zur Magnetscheidung
- Versuche zur sensorgestützten Sortierung nach optischen Eigenschaften

Die Beurteilung der Untersuchungsergebnisse erfolgt nach der Eignung des Konzentrats als Rohstoff für die Feuerfestindustrie. Die in Bilanztafeln dargestellten Ergebnisse werden im Rahmen des Vortrags dem interessierten Fachpublikum dargelegt.

Aufschlussverfahren zur Trennung von Verbundkonstruktionen im Mauerwerksbau

Landmann, Mirko^{*}; Müller; Anette^{*}; Leydolph, Barbara^{*}; Schnell, Alexander^{}; Seifert, Gabi^{**}; Liebezeit, Steffen^{*}; Schäler, Holger^{*}**

^{*}IFF Weimar e. V., ^{**}Bauhaus-Universität Weimar

Die EU-Abfallrahmenrichtlinie vom 12. Dezember 2008 (2008/98/EG) mit seiner Umsetzung im neuen nationalen Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 30. März 2011 sieht eine Verwertungsquote von mindestens 70 Masseprozent der anfallenden, ungefährlichen Bau- und Abbruchabfälle bis zum Jahre 2020 vor. Hierbei ist eine strenge Abfallhierarchie zu befolgen, bei der RC-Baustoffe einem möglichst höherwertigen Recycling, beispielsweise für konstruktive Zwecke, zugeführt werden sollen. Zwar können mineralische Bauabfälle weiterhin als Verfüllmaterialien im Erd- und Deponiebau genutzt werden, jedoch sind auch diese Einsatzzwecke für viele Mauerwerkverbundbaustoffe aufgrund der mangelnden mechanischen Festigkeit, den chemischen Bestandteilen und aus Gründen der Dauerhaftigkeit begrenzt.

Zwar liegt die Verwertungsquote von Bauabfällen bereits seit einigen Jahren in Deutschland bei etwa 70 Masseprozent, jedoch ist aufgrund der zunehmenden Heterogenität durch die Verwendung vielfältiger Baustoffe (Gipsputze, Wärmedämmstoffe, etc.) die Verwertungsquote von Mauerwerkbruch sinkend (Tabelle 1). Dies ist vor allem auf unzureichende Kenntnisse bezüglich des Aufbereitungsverhaltens von Mauerwerkverbundbaustoffen und demzufolge einer geringen Sortenreinheit zurückzuführen. Viele anhaftende Fremd- und Störstoffe behindern den Einsatz dieser Materialien im konstruktiven Bereich des Bausektors, da sie zu negativen Folgeerscheinungen (Gipstreiben) führen können.

Tab. 1: Verwertungsquoten für Bauabfälle [1. bis 5. Monitoring-Bericht Bauabfälle]

Verwertungsquote [%]	Jahr	1996	1998	2000	2002	2004
Bauschutt aus dem Hochbau		70,1	70,9	74,5	68,5	61,6
Straßenaufbruch		79,0	85,6	85,7	85,5	93,4
Baustellenabfälle		53,8	30,0	14,4	27,9	4,5

Um den Anforderungen der Gesetzgebung gerecht zu werden, wurde seitens der AiF-Forschungsvereinigungen Kalk-Sand e. V., Leichtbetonindustrie e. V., Porenbeton e. V., Ziegelindustrie e. V. sowie Recycling und Wertstoffverwertung im Bauwesen e. V. das Forschungsvorhaben „Stoffkreisläufe im Mauerwerksbau“ initiiert. Als Teilvorhaben unter dem Titel „Aufschlussverfahren zur Trennung von Verbundkonstruktionen im Mauerwerksbau“ werden zwischen dem Institut für Fertigteiletechnik und Fertigtbau Weimar e. V. und der Bauhaus-Universität Weimar Aufschlussversuche von Mauerwerkkonstruktionen durchgeführt, die aus den verschiedenen Wandbaustoffarten Porenbeton, Leichtbeton, Kalksandstein und Ziegel zuzüglich Mörtel und Putz bestehen. Zusätzlich wurden mit Wärmedämmstoffen ausgerüstete Konstruktionen betrachtet.

Im Baubereich werden hauptsächlich Backenbrecher und Prallbrecher für die Aufbereitung und Zerkleinerung von Bauabfällen verwendet, da sie durch ihre effiziente und einfache Arbeitsweise wirtschaftlich eingesetzt werden können. Zur Erhöhung der Sortenreinheit sind sie nur bedingt einsetzbar, zudem Prallbrecher

auch einen hohen Anteil an feinen Körnungen produzieren, die im Baubereich nur schlecht wiederverwendet werden können.

Zu den Versuchen zum Aufschlussverhalten wurde neben dem Backenbrecher und dem Prallbrecher auch der Flachkegelbrecher näher zur gezielten Korngrößenreduktion betrachtet, bei dem neben Druck auch zusätzlich Scherbeanspruchungen eingetragen werden. An den zerkleinerten Mauerwerkstrukturen werden die jeweils erreichte Korngrößenreduktion und der Aufschlussgrad in Abhängigkeit der Partikelgröße bestimmt.

Zur weiteren Erhöhung der Sortenreinheit sollen alternative Techniken untersucht werden, die das Material abrasiv von noch anhaftenden Partikeln befreien. Hierunter zählt die Aufbereitung mit Hilfe einer Attritionstrommel, einem Schwingsieb sowie Nassaufschlussversuche in einer Waschtrommel mit Hochdruckwasserstrahl.

Das Projekt befindet sich bis Ende Juni 2012 in Bearbeitung. Ziel ist die Erweiterung der Kenntnisse bezüglich des Aufbereitungsverhaltens von Mauerwerksverbundbaustoffen, um die Qualität dieser RC-Materialien erhöhen zu können. Insofern eine wirtschaftlich und technisch geeignete Aufbereitungsmethodik zur Erhöhung der Sortenreinheit festgelegt werden kann, können geeignete Einsatzgebiete dieser hochwertigen Mauerwerks-RC-Materialien näher untersucht werden, um das Konzept des höherwertigen Recyclings erfüllen zu können.

Recycling und Verbrennung bedingen einander

Thomé-Kozmiensky, Karl J.

Nietwerder

Das Wort Kreislaufwirtschaft vermittelt, dass alle Stoffe ohne Verlust im immer währenden Kreislauf geführt werden und nur der zusätzliche Bedarf durch primäre Rohstoffe gedeckt wird. Durch Aufbereitung, Verarbeitung, Konsum und häufig bei der Bereitstellung für die Abfallsammlung werden die Stoffe vermischt und kontaminiert. Schad- und Störstoffe dürfen nicht im Kreislauf geführt werden. Daher eignen sich einige Abfälle nicht für das Recycling, andere nur bedingt. Hauptsächliche Entscheidungskriterien sind verfügbare Techniken, Qualität des In- und Outputs des Recyclingprozesses und Wirtschaftlichkeit. Verbrennungsanlagen sind für organische und Deponien für anorganische Schadstoffe geeignete Senken. Der gesamte Recyclingprozess muss umweltverträglich, zuverlässig und kostengünstig sein. Ökologische, hygienische, logistische, technische und rechtliche Grenzen sowie Normen und Richtlinien für die Verwertung sekundärer Rohstoffe sind zu beachten, die mit primären Rohstoffen hinsichtlich Qualität und Kosten konkurrieren.

Für zahlreiche Stoffe wurden Recyclingprozesse etabliert, die laufend optimiert werden. Entwicklungsbedarf gibt es für die Gewinnung hochwertiger kleiner und kleinster Stoffmengen.

Zwangsläufig zurückbleibender Restabfall ist heterogen, physikalisch und chemisch schwer zu beschreiben. Steht kein geeignetes Recyclingverfahren zur Verfügung, sind Schadstoffsinken unabdingbare Alternativen. Mit der seit mehr als hundert Jahren entwickelten Abfallverbrennung werden das Volumen und die Reaktionsfähigkeit der Abfälle reduziert, organische Schadstoffe zerstört, anorganische konzentriert ausgeschleust. Die Schadstoffemissionen liegen deutlich unter den gesetzlichen Grenzwerten. Menschen und Schutzgüter werden nicht geschädigt. Ein Restnutzen der nicht stofflich verwertbaren Abfälle wird aus dem Abfall durch Erzeugung von Strom und Wärme gezogen. Großtechnisch brauchbare Alternativen zur Verbrennung gibt es nicht.

Aufbereitung von Leichtstoffen mit dem Doppeltrommelunterdrucktrenner

**Schade-Dannewitz, Sylvia* ; Poerschke, Jürgen* ; Rutz, Michael*,
Barnstedt, Dirk****

*FH Nordhausen; **Schulz&Berger GmbH Altenburg

Die FH Nordhausen entwickelt aktuell im Rahmen eines Verbundvorhabens mit dem Maschinenbauunternehmen Schulz&Berger aus Altenburg ein neues Verfahren zur effektiven Abtrennung von flächigen Materialien aus Abfall- und Reststoffströmen.

Versuchsmaterialien sind insbesondere getrennt gesammelte Wertstoffe aus dem DSD. Bei diesen handelt es sich in der Regel um mehr oder minder sortenreine Fraktionen mit guten Vereinzelungseigenschaften, so dass eine effiziente automatisierte Sortierung hierdurch prinzipiell gut möglich ist. In der Praxis ist allerdings die manuelle Sortierung noch in vielen Anlagen Bestandteil der Aufbereitungstechnologie, um z.B. den geforderten Trenngrad von 92 % für Folie zu erreichen. Die händische Sortierung durch vollautomatisierte Technologien abzulösen und sogleich das Masse- sowie Wertstoffausbringen zu erhöhen sind somit wesentliche Zielstellungen der Maschinenentwicklung.

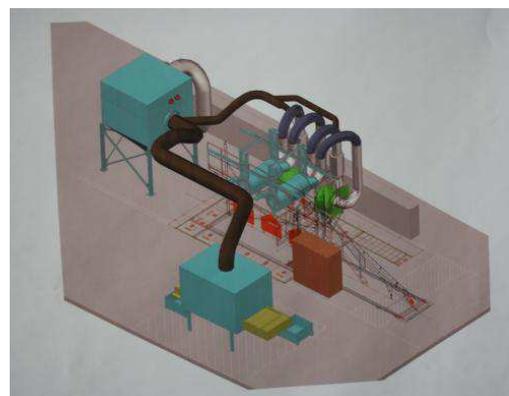
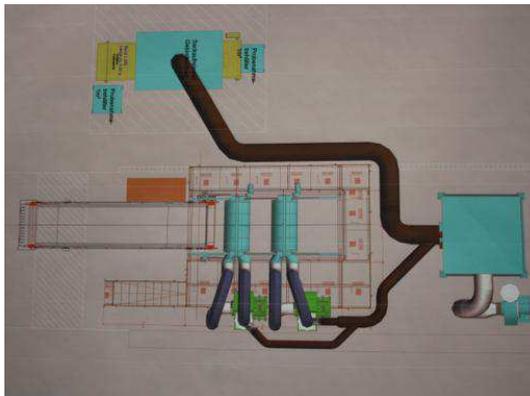
Mit dem Doppeltrommelunterdrucktrenner kann eine Abtrennung / Sortierung von Folien (bzw. anderen flächigen Materialien) aus dem Abfallstrom über zwei rotierende Trommeln mit einem Unter- und einem Überdruckbereich erfolgen. Der Materialstrom wird unmittelbar an eine erste perforierte und axial rechtwinklig zur Förderrichtung angeordnete Trommel geführt. An deren Innenseite sind Unterdruckdüsen angeordnet, die die flächigen Bestandteile ansaugen und tangential auf der Trommelaußenseite bis zur gegenüberliegenden Seite mitführen. Dort werden die flächigen Bestandteile durch den Innendruckbereich der ersten Trommel abgestoßen und vom Saugbereich der zweiten gegenüberliegenden Trommel angezogen. Dabei wird das Material, im Gegensatz zu den bekannten Prozessschritten, die nur mit einer perforierten Trommel und Unterdruck arbeiten, vorteilhafterweise gewendet, so dass sich noch anhaftende stückige Bestandteile dieser Fraktion von den flächigen lösen und durch den Spalt zwischen beiden Trommeln nach unten fallen. Durch die drehende Umwälzung der Folien fallen die gelösten feineren und schwereren oder nichtflächigen Partikel in den Spalt zwischen den beiden Trommeln. Das ist eine zusätzliche Gelegenheit zum Austrag der Störstoffe neben der sonst üblichen Bandübergabe auf die einzelne Trommel.

Im Gegensatz zu bisher zum Einsatz kommenden Systemen soll somit ein höherer Trenngrad sowie einen höherer Durchsatz (Quantität) der Stoffströme ermöglicht werden und die Trenngüte (Qualität) der auszusortierenden Stoffe wie Folien bzw. andere flächige Materialien wesentlich erhöht werden.

Optimierungsuntersuchungen betreffen u.a. den Abstand der beiden Trommeln, die Trommelgeschwindigkeiten, die Variation der Drücke im Unter- und Überdruckbereich, die Perforierung des Trommelmantels in Abhängigkeit des zu trennenden Materials.

Der Vortrag beinhaltet erste Untersuchungsergebnisse.

Bilder der Versuchsanlage des Doppeltrommelunterdrucktrenners



Sortierung dunkler Polymere mittels aktiver Thermografie

Schockert, Yvonne

RWTH Aachen, Institut für Aufbereitung und Recycling

Die Sortierung von dunklen Materialien stellt eine der größten Herausforderungen im Bereich der Abfallaufbereitung dar. Konventionelle Techniken trennen Materialien zwar unabhängig von ihren Farben, sie scheitern jedoch, wenn Materialeigenschaften, wie z.B. die Dichte, nahezu identisch sind. Aus diesem Grund können einige Materialien nicht unterschieden und somit nicht sortiert werden.

Der Einsatz von Sensoren hat in den letzten zwei Jahrzehnten die Abfallaufbereitung revolutioniert. Mit ihnen ist es möglich, Materialeigenschaften als Sortierkriterien zu nutzen, die dem menschlichen Auge verborgen sind und von konventionellen Trenntechnologien nicht erfasst werden können. Trotz dieser neuen Sortiertechnologien und intensiver Forschungsarbeiten ist es bis heute nicht gelungen, eine zufriedenstellende Lösung für die Sortierung dunkler und schwarzer Materialien zu finden.

Eine gezielte Veränderung von Materialeigenschaften durch äußere Einwirkung bietet sich im Bereich der sensorgestützten Sortierung als möglicher Lösungsweg an. In wenigen Anwendungsfällen der sensorgestützten Sortierung wird diese Möglichkeit bereits angewendet. Materialeigenschaften bzw. Materialverhalten werden dabei gezielt durch äußere Einwirkungen erzeugt, wie z.B. Fluoreszenz nach Anregung mit hochenergetischer Strahlung.

Weitere Eigenschaften, die durch Einwirkung von außen erzeugt und als Sortierkriterien eingesetzt werden können, sind spezifische Verhaltensweisen im Rahmen einer aktiven Thermografie. Die aktive Thermografie wurde an der RWTH Aachen University am Institut für Aufbereitung und Recycling (I.A.R.) im Rahmen diverser Forschungsarbeiten eingesetzt. Dabei kamen unterschiedliche Anregungsquellen wie Halogenstrahler und Mikrowellen zum Einsatz.

Die ersten Ergebnisse dieser Versuche zeigen, dass eine Sortierung dunkler Polymere mittels aktiver Thermografie grundsätzlich möglich ist. Der Einfluss von Umgebungsbedingungen auf das Aufheizverhalten und die konkreten Anforderungen an das Material bedürfen jedoch weiterer, intensiver Forschungsarbeit.

Durch Recycling wird Abfall zum Wertstoff

Lehmann, Thilo; Obst, Volkmar

LEHMANN Maschinenbau GmbH, Jocketa-Pöhl

Abfall wird zu Wertstoff, unter der Voraussetzung, dass geeignete Recyclingverfahren eingesetzt werden. Folgende Verfahren sollen vorgestellt werden:

- Hausmüllsortieranlage mit mechanisch-biologischer Abfallbehandlung
Die Anlage dient zur Aufbereitung und Sortierung von Hausmüll nach wertstofflichen Zielstellungen des Kunden. Die Anlage dient zum Recycling von Papier, Kunststoffen, Textilien und Metallen, zur Gewinnung von heizwertreichen Fraktionen sowie zur Kompostierung von biogenen Reststoffen. Zur Gewinnung der Wertstoffe trägt die mechanisch-biologische Trocknung bei, damit Wertstoffe mit feuchten Bestandteilen angetrocknet und so in einen sortierfähigen Zustand versetzt werden.
- Recycling von Kunststoffen zur Herstellung von
 - Platten
 - Profilen
 - Spänen (Pelletierung)
 - Papier-, Holzrecycling (Verpackungslieferanten)
- Vom Bioabfall zum Kompostierung
Die thermo-mechanische Behandlung biogener Abfälle erfolgt mit Hilfe des Maschinensystems zur Zerkleinerung und Kompaktierung (MSZK) nach vorangegangener Aufbereitung und Sortierung. Ausgangstoffe können Abfälle der Biotonne (Küchenabfälle, Speisereste, Knochen), Garten-, Park- und Grünabfälle (Strauch- und Baumschnitt, Wurzelstöcke, Laub, Stroh u.a.), Rest- und Althölzer, Klärschlämme oder Rechengut sein. Durch das Verfahren sind folgende Endprodukte möglich: ein vollständig homogenisierter und hygienisierter Frischkompost zur Aufbringung auf landwirtschaftlich genutzte Flächen oder im Landbau bzw. Fertigkompost mit dem Rottegrad IV, Holzfasernstoffe als Torfersatz bzw. Kultursubstrate und Deckschichten.
- Biogasgewinnung aus Abfällen
Neben dem Aufschluss von Feldfrüchten, Stroh, Gras und Landschaftspflegematerial sowie Mist werden auch Biomüll, nasse Abfälle, eingeweichter Mist, Schlamm, Altkartoffeln, Äpfeln, strukturreiche wässrige Materialien wie Fleischabfälle, Knochen und kommunale Abfälle durch das weiterentwickelte Bioextrusionsverfahren aufgeschlossen und stehen der Fermentation **bei verbesserter Abbaurate** und **wesentlicher Biogassteigerung** zur Verfügung.
- Innovativer Anlagenbau

Entwicklung eines Verfahrens zur automatischen Sortierung mineralischen Recyclingmaterials

Linß, Elske; Schnellert, Thomas

Bauhaus-Universität Weimar, F.A. Finger-Institut für Baustoffkunde, AG
Partikeltechnologie

Bau- und Abbruchabfälle stellen den größten Abfallstrom in Deutschland dar. Nach den Angaben des Statistischen Bundesamtes (ausgewertet im letzten Monitoring-Bericht „Bauabfälle“ des Kreislaufwirtschaftsträgers Bau 2007) fielen im Jahr 2004 72,1 Mio. t Bau- und Abbruchabfälle an, von denen 49,6 Mio. t recycelt wurden, was einer Recycling-Quote von ca. 70 % entspricht. Allerdings sind die Verwertungsquoten in Abhängigkeit von der stofflichen Zusammensetzung des Materials ganz unterschiedlich. Zu beobachten ist hierbei eine signifikante Abnahme der Recyclingquote mit wachsender Heterogenität des zu rezyklierenden Materials. Am Ende dieser Kette stehen der Mauerwerkbruch und die Baustellenabfälle mit mineralischen Beimengungen, deren Recyclingquote gering und die Verwertung äußerst schwierig ist.

In der Baustoffrecyclingbranche dominieren die einfachsten Technologien, z.B. eine einstufige Zerkleinerung mit Vorabsiebung und Abtrennung von Bewehrungsseisen mittels Überbandmagnet. Diese Technologien sind nicht in der Lage die anfallenden Stoffgemische zu trennen. Sie sind in keiner Weise auf „neue Baustoffe“ einschließlich Verbundbaustoffe, die zunehmend im Hochbau Eingang finden, eingerichtet und versagen hier vollständig.

Bei der Bauschuttzubereitung wird die Sortierung bisher nur für die Abtrennung von Leichtbestandteilen eingesetzt. Eine wirkliche Trennung der mineralischen Komponenten wird nicht vorgenommen. Als Folge werden die Recyclinggemische aus Mauerwerkbruch, wenn überhaupt, überwiegend im Erd- und Landschaftsbau eingesetzt.

Um eine zuverlässige, technisch anspruchsvolle Verwertung von Mauerwerkbruch zu etablieren, ist die Trennung der Gemische unabdingbar. Nur dann können spezifische Produkte für bestimmte Einsatzgebiete erzeugt werden, die auf den Stärken des jeweiligen Materials aufbauen bzw. es kann, soweit technisch möglich, eine Rückführung des sortenreinen Materials als Sekundärrohstoff in den Herstellungsprozess des jeweiligen Primärbaustoffs erfolgen.

Mit Hilfe der Nahinfrarottechnik, die beispielsweise bei der Trennung von Kunststoffen den Stand der Technik darstellt, sollen auch mineralische Baurestmassen sortenrein getrennt werden. Hierfür werden zunächst Referenzspektren an Primärbaustoffen aufgenommen. Es konnte gezeigt werden, dass sich alle üblichen mineralischen Baustoffe mit Hilfe ihrer NIR-Spektren unterscheiden lassen.

Der Beitrag soll den momentanen Stand des Recycling von gemischtem Mauerwerksbruch verdeutlichen. Nach einem kurzen Exkurs in die Nahinfrarottechnik sollen die Ergebnisse der spektralen Aufnahmen von mineralischem Abbruchmaterial mittels Nahinfrarot gezeigt werden. Die hieraus entstehende Datenbank kann einen Beitrag leisten, der zur Identifizierung und stofflichen Sortierung von Bauschutt führen soll.

Mit der automatischen Sortierung von RC-Gemischen zu sortenreinen RC-Aggregaten können nachhaltige Stoffkreisläufe geschlossen werden. Stärken, wie beispielsweise Wärmedämmvermögen bei Porenbeton oder hohe Kornfestigkeiten von Altbeton können herausgestrichen werden. Die Stoffkreise werden für jede Stoffkomponente intern geschlossen.

Reinigung des Getreides mit Hilfe unharmonischer Drehschwingungen

Omarow, Asamat *; Ospanow, Assan **; Tomas, Jürgen *

* Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Mechanische Verfahrenstechnik,

** Technologische Universität Almaty, Kasachstan

Die Reinigung und Sortierung von Getreide nimmt gegenwärtig an Bedeutung in der Landwirtschaft und in der Verarbeitungsindustrie zu. Z. B. in der Agrarindustrie Kasachstans werden ca. 30 Millionen Tonnen Getreide verarbeitet. Weltweit werden jährlich rund 2,5 Milliarden Tonnen Getreide geerntet. Aber die bereits in der Landwirtschaft existierenden Maschinen sind nicht effektiv genug, um immer die notwendige Reinheit des Produkts zu erzielen. Die Trennschärfe bei der Weizensortierung ist oft unzureichend. Außerdem ist der Energieverbrauch während der Getreidesortierung relativ groß und kann verringert werden.

In der wissenschaftlichen Arbeit wurde die Sortierung und Trennung des Weizens von Verunreinigungen (Besätze: Unkrautsamen, Fremdgetreide, Schmachtkörner usw.) an einer horizontalen Sieboberfläche untersucht, die mit unharmonischen Drehschwingungen beaufschlagt wurde.

Betrachtet wird die Dynamik des Einzelkorntransports auf einem schwingenden Ringsieb unter Einwirkung unharmonischer Drehschwingungen. Die Partikelbewegung auf der Sieboberfläche und der Durchgang der Partikel durch die Sieböffnungen wurden modelliert und mit den Experimenten verglichen und bewertet. Dazu wurde eine Getreidereinigungsmaschine im Pilotmaßstab für die Beaufschlagung unharmonischer Drehschwingungen entwickelt und gebaut. Es wurden die optimalen Prozessgrößen und Schwingungsparameter, optimale Größen der Sieböffnungen und Breite der Überlauföffnungen bestimmt.



Trocknung und Reinigung von Glasscherben im Trommeltrockner

Trojosky, Mathias; Hesse, Jens

ALLGAIER Process Technology GmbH

Öffentlich eingesammelter Glasbruch ist ein wertvoller Rohstoff für die Herstellung von neuem Glas. Im Recyclingprozess zur Aufbereitung von aus Altglas gewonnenem Glasbruch bzw. Glasscherben werden neben verschiedenen Standardverfahren zur Siebung und Klassierung auch moderne Maschinen zur optischen Sortierung nach Farben, zur Aussortierung von Metallen und sogenannten KSP-Materialien (Keramik, Steine, Porzellan) bis hin zu röntgen-basierten Verfahren zur Erkennung und Aussortierung von Thermoglas und Bleiglas eingesetzt.

Die genannten Verfahren zur Klassierung und Sortierung bzw. die dazu eingesetzten Maschinen funktionieren dann besser, wenn das Altglasmaterial zuvor sowohl getrocknet wurde als auch bestmöglich von Verunreinigungen sowie von auf dem Glas verbliebenen Etikettenresten befreit wurde.

Ein Lösen der Etiketten und Verunreinigungen von den Oberflächen der Glasscherben ist effektiv meist nur im noch feuchten Zustand der Scherben möglich.

Vielfach wurden dazu bisher sogenannte „Schwertwäscher“ eingesetzt, die im Glasrecycling auch als „Etikettenentferner“ oder „label remover“ bekannt geworden sind. Nachfolgend wird der vorbehandelte Glasbruch in einen Trockner und von da in eine Siebmaschine oder in ein sonstiges Klassiergerät geführt.

Sowohl der Schwertwäscher als auch die notwendigen Fördereinrichtungen und auch die unvermeidbare Fallhöhe in den nachfolgenden Trockner bewirken einen hohen apparativen Aufwand, einen starken Verschleiß der Ausrüstungen sowie nicht zuletzt einen Bruch der Glasscherben. Übermäßiger Materialbruch der Scherben ist unerwünscht, da er die Funktion insbesondere der optischen Geräte zur Farbsortierung aber auch von Siebmaschinen stört oder erschwert bzw. deren Durchsatzleistung verringert.

Im Vortrag wird ein kombiniertes Verfahren zum Reinigen und Entfernen der Etiketten vom Glasbruch sowie zum unmittelbar nachfolgenden Trocknen der Scherben in einem kombinierten und im Gegenstrom betriebenen Trommeltrockner vorgestellt. Die im Bereich Glasrecycling neuartige und zum Patent angemeldete Lösung zeichnet sich durch eine speziell wegen der im Gegenstrom betriebenen Trocknung sowie wegen der bekanntermaßen geringen Druckverluste von Trommeltrocknern energetisch besonders effiziente Betriebsweise aus.

Die Glasscherben werden im Bereich des in den Trockner integrierten Etikettenentferners zwar schonend aber dennoch so intensiv und mit relativ langer Verweilzeit umgewälzt, dass sich Schmutz und Etikettenreste durch die gegenseitige Reibung wirkungsvoll von den Scherben lösen. Nachfolgend tritt das Glas in die Trocknungszone der Drehtrommel ein. Die Scherben werden mittels Heißgas im Gegenstrom getrocknet, wobei durch eine spezielle Gestaltung der Trocknereinbauten auf die Besonderheiten verschiedener Qualitäten des dem Recycling zugeführten Glasbruches Rücksicht genommen werden kann. Insbesondere ist es möglich, einen minimalen zusätzlichen Bruch der Scherben sicher zu stellen. Vom Glas abgelöste Etikettenreste sowie aus den Verunreinigungen gebildeter Staub werden teilweise mit der Trocknerabluft aus der Drehtrommel abgeführt oder können nach dem Trockner mittels Siebmaschinen oder Absaugvorrichtungen aus dem Produktstrom entfernt werden.

Im Ergebnis der kombinierten Reinigung und Trocknung steht ein für die optische Sortierung nach Farben oder für eine Röntgensortierung optimal aufbereitetes Produkt zur Verfügung. Der Vortrag stellt am Beispiel von ausgeführten industriellen Anlagen die Vorteile der neuen Technik vor und gibt einen Überblick über Energieverbräuche auch im Vergleich mit anderen Verfahren und ähnlichen technischen Lösungen.

Innovative Aufbereitungstechnologien für Trockenpress-, Extrusions- und Gießmassen

Dill, Stefan

Ingenieurbüro Dill Misch- und Verfahrenstechnik Jena; Eirich-Vertretung

Die Maschinenfabrik Gustav Eirich sieht sich als Technologieführer im Bau von Industriemischern und ist aktuell mit den Produkten R- und D-Mischer in nahezu allen Branchen der Mineralstoffindustrie (außer Lebensmittel / Pharmazie / reine Kunststoffverarbeitung) zu finden.

Diese Branchen sind

- Baustoffe (hochwertige Betonerzeugnisse, Kalksandstein, Trockenmörtel),
- Keramik (Baukeramik, Technische Keramik, Fliesen, Feuerfestprodukte, Schleifmittel, Graphitelektroden)
- Glas (Gemengeaufbereitung, Emaille)
- Metallurgie (Eisenerz; Nickelerz, Zinkrecycling, Metallstaubreycling; Hartmetalle)
- Gießerei (Grünsandaufbereitung)
- Chemie (Düngemittel, Katalysatoren, Batteriemassen, Futtermittel)
- Umwelt (Schlacken, Stäube, Schlämme, Suspensionen, Gips)

Das einzigartige Mischprinzip ist dabei, trotz vielfältiger Modifikationen, immer konsequent beibehalten worden.

Nach Erfindung und Bau der weltweit ersten Ringtrog- und Planetenmischer vor über 100 Jahren, welche vornehmlich auf dem Betonsektor Einsatz fanden, hat sich die Eirich-Mischtechnologie permanent weiterentwickelt. Damit konnte man auf die sich ständig verändernden Anforderungen der Wirtschaft mit maßgeschneiderter Performance reagieren, aber auch neue Aufbereitungstrends setzen.

Mit Entwicklung des Eirich-Mischprinzips in 1924 (langsam rotierender Behälter + feststehendes, rotierendes Werkzeug) eröffneten sich außerordentliche Einsatzmöglichkeiten für Industriemischer, welche durch stetiges Weiterentwickeln von Konstruktion und Verfahrenstechnik bei gleichzeitig intensiver Interaktion mit dem Kunden, erkannt und qualifiziert wurden. Diese Entwicklungen gehen ständig weiter.

Modifizierte Verfahrenstechnik und Betriebszustände, andere Motorengenerationen und neue Werkzeuggeometrien erlauben den Einsatz des Eirich-Mischprinzips in Bereichen der Stoffaufbereitung, die traditionell anderen Technologien zugeordnet werden (z.B. Knetprozesse oder Sprühtrocknung). Die in umfangreichen Untersuchungen erarbeiteten und bereits teilweise in der Praxis erwiesenen Vorteile für den Anwender liegen in deutlicher Energie- und Zeitersparnis bei mindestens gleicher Aufbereitungsqualität.

Mahlen und Energiesparen - ein Widerspruch ? - Aspekte zur energieeffizienten Aufbereitung feiner Partikel

Stein, Jürgen

Hosokawa Alpine AG Augsburg

Im Blickpunkt aktueller Diskussionen über Energieeffizienz in allen Bereichen des Lebens und der Industrie erscheinen Mühlen mit ihren bekannt niedrigen Wirkungsgraden geradezu archaisch. Bei der Feinzerkleinerung werden oft weniger als 1% der eingebrachten Energie tatsächlich für das Brechen der Partikel umgesetzt. Der Rest verschwindet hauptsächlich in Wärme, Verschleiß und Antriebsverlusten. Nun ist es natürlich nicht so einfach möglich eine "energieeffiziente Mühle" zu bauen. Betrachtet man jedoch den Gesamtprozess, bietet sich eine Vielzahl einzelner Maßnahmen an, mit denen die Aufbereitung feiner Partikel aus energetischer Sicht optimiert werden kann.

Dazu ist allerdings eine fundierte Kenntnis der Maschinen- und Anlagentechnik, der Mahl- und Klassiermechanismen und der Materialeigenschaften des zu erarbeitenden Produktes erforderlich. Nur eine ganzheitliche Betrachtung und gegenseitige Abstimmung aller Einflussgrößen des Prozesses führen zu einem signifikanten Energiesparpotential.

Grundsätzlich kann eine Aufbereitung in drei Bereiche aufgeteilt werden, die alle Ansätze zur Optimierung bieten: die Maschinenteknik, die Prozessführung und das Mahlgut. Auf der Seite der Mühlen und Klassierer eröffnet sich nur ein begrenzter Teil des Einsparpotentials. Selbstverständlich sind zeitgemäße Antriebskonzepte und strömungsoptimierte Geometrien. Ausgehend von den Materialeigenschaften des zu verarbeitenden Produkts haben die Auswahl der Mühle zur Umsetzung des geeigneten Beanspruchungsmechanismus und die korrekte Ermittlung der optimalen Betriebsparameter eine große Bedeutung. Hierbei spielt auch die Anwendung von Simulationstechniken wie DEM, CFD oder die Anlagenmodellierung eine zunehmend wichtige Rolle. Neben der korrekten Umsetzung des Aufbereitungsverfahrens ist auch die Überwachung und Regelung der Prozessanlage wichtig, um Instabilitäten, Fehlchargen und Havarien zu vermeiden. Hierfür gibt es zahlreiche Möglichkeiten für Diagnosesysteme bis hin zur In-Line-Messtechnik. Das Produkt selbst bietet ebenfalls Potential zur Reduzierung des Energiebedarfs. Die Brucheigenschaften können durch eine geeignete Temperaturführung verändert werden. Mit zunehmender Feinheit spielen Wechselwirkungskräfte zwischen den Partikeln und damit verbunden der Einsatz oberflächenwirksamer Additive eine wichtige Rolle.

Durch grundlegendes Verständnis von Mahlmechanismen und die Unterstützung durch Simulationstechniken konnten beispielsweise mit einer neuen Rührwerksmühle oder einem strömungsoptimierten Sichter Maschinen zur energieeffizienten Aufbereitung feiner Partikel entwickelt werden. Aber erst durch die Optimierung und Steuerung des Gesamtprozesses unter Berücksichtigung der Produkteigenschaften erschließt sich das gesamte Potenzial zur Reduzierung des Energiebedarfs von Mahlanlagen.

Selbstähnlichkeit bei der Gutbettzerkleinerung

Mütze, Thomas

TU Bergakademie – MVAT, Freiberg

Der Zerkleinerungsfortschritt in Gutbetten wurde bereits vielfach mit Hilfe des spezifischen Oberflächenzuwachses und der Energieausnutzung sowie des Bruchanteils und der Bruchfunktion beschrieben. Die prinzipiellen Zerkleinerungsmechanismen sind daher bekannt. Alle vier Kenngrößen verbindet ein gemeinsamer Nachteil: Das Verhalten eines breit verteilt vorliegenden, feinkörnigen Ausgangsmaterials lässt sich mit ihnen nur eingeschränkt darstellen. Als Alternative bleibt, den Zerkleinerungsfortschritt zu beschreiben mit

- den Partikelgrößenverteilungen vor und nach der Beanspruchung oder
- der Kornanreicherungskurve [1], welche diese beiden Zustände zusammenfasst.

Liegt ein selbstähnliches Bruchverhalten der Partikel (kurz: Selbstähnlichkeit) vor, kann der Zerkleinerungsfortschritt vereinfacht über den Zusammenhang zwischen einer Bezugspartikelgröße und der Beanspruchungsintensität beschrieben werden [2]. Selbstähnlichkeit bedeutet für eine Beanspruchungssituation und Beanspruchungen bis zum Bruchpunkt bei geometrisch ähnlichen Partikeln gleicher Festigkeit selbstähnliche Bruchfunktionen. Selbstähnliche Bruchfunktionen zeigen durch das Normieren der Bruchstückgröße x auf eine Bezugspartikelgröße x_{Norm} trotz unterschiedlicher Beanspruchungsintensitäten den gleichen Verlauf.

Während dieses Verhalten für die Einzelkornzerkleinerung mehrfach und zweifelsfrei nachgewiesen wurde, gehen die Literaturangaben für den Bereich der Gutbettzerkleinerung auseinander. Im Rahmen einer Forschungsarbeit am Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik der TU Bergakademie Freiberg wurde aus diesem Grund die Selbstähnlichkeit bei der Gutbettzerkleinerung systematisch untersucht. Mit Hilfe einer hydraulischen Presse wurden neben Kalkstein und Quarz auch Siliziumkarbid und Glaskugeln untersucht. Der Partikelgrößenbereich umfasst monodisperse Fraktionen zwischen 1 und 1000 μm , aus diesen Fraktionen hergestellte bimodale Mischfraktionen sowie eine polydisperse Kalksteinfraktion.

Im Vortrag wird gezeigt, dass bei Glaskugeln, Quarz und Siliziumkarbid offensichtlich kein selbstähnliches Bruchverhalten vorliegt. Ungleich schwieriger sind Aussagen zur Selbstähnlichkeit bei Kalkstein: Hier zeigt nur ein Teil der untersuchten Fraktionen ein ähnlich klares, nicht-selbstähnliches Verhalten. Besonders feinkörnige, eng klassierte Ausgangsmaterialien sowie bimodale Mischungen, die mit Pressdrücken oberhalb von 200 MPa beansprucht wurden, ergeben augenscheinlich selbstähnliche Verläufe.

Unter Berücksichtigung der Messgenauigkeit der Partikelgrößenanalyse erklärt sich das Zusammenfallen der Kurven dadurch, dass die Zerkleinerung oberhalb von 200 MPa nahezu zum Erliegen kommt. An diesem Punkt wird im Gutbett der aus der Literatur bekannte hydrostatische Spannungszustand erreicht, der keine weiteren Bruchvorgänge bewirkt.

Insgesamt wurde für die untersuchten Materialien nachgewiesen, dass bei ihrer Zerkleinerung im Gutbett kein selbstähnliches Bruchverhalten vorliegt. Eine Ursache für die in der Literatur abweichenden Befunde liegt darin, dass nach der Gutbettzerkleinerung nebeneinander drei Arten von Partikeln vorliegen:

- Partikel, die bis unterhalb ihres Bruchpunkts,
- Partikel, die genau bis zum Bruchpunkt und
- Partikel, die über ihren Bruchpunkt hinaus belastet wurden.

Bei der Einzelkornzerkleinerung können diese drei Arten von Partikeln unterschieden und voneinander getrennt betrachtet werden. Bei der Gutbettzerkleinerung ist diese Unterscheidung, vor allem bei Ausgangsmaterialien mit einem breiten Spektrum von Partikelgrößen, praktisch unmöglich, weshalb der Zerkleinerungsfortschritt hier somit nicht anhand einer einzelnen charakteristischen Partikelgröße beschrieben werden kann.

Literatur

- [1] D. Espig, V. Reinsch: Die Kornanreicherungskurve - ein wertvolles Hilfsmittel für die Partikeltechnologie. Freiburger Forschungshefte **A 841** (1998) 118-131
- [2] H. Rumpf: Physikalische Aspekte des Zerkleinerns, Ähnlichkeitsgesetz der Bruchmechanik und die Energieausnutzung der Einzelkornzerkleinerung. Aufbereitungstechnik **14** (1973) 2, 59-71

Optimierung von Vertikalmühlen, Vertiefung des Prozessverständnisses

Pohl, Markus; Matheis, R.; Goedecke, B.

Dyckerhoff AG, Wiesbaden

Obry, Christophe

Buzzi Unicem

Vertikalmühlen für die Aufbereitung von Hüttensand und für die Fertigmahlung von Zement sind den traditionell verwendeten Zerkleinerungsverfahren (Kugelmühle, Kombi-Mahlanlagen aus Gutbettwalzenpresse und Kugelmühle) energetisch überlegen. Stand der Technik ist, derartige Mahlanlagen mit einer Brüdenrezirkulation auszustatten und als Heißgasquelle zur Mahltrocknung entweder Abluft aus dem Brennprozess (Klinkerkühlerabluft, Abgas nach Wärmetauscherturm) und/oder einen In-Line Brenner (Öl- oder Kohlebrenner) zu verwenden. Die Verweilzeit- in der als geschlossenes System zu betrachtenden Mahlanlage aus Zerkleinerungszone (Mahlwalzen, Mahlteller, Staurand) und interner dynamischer Sichter - ist ungleich kürzer als bei Mahl-Sicht-Kreisläufen mit einer Kugelmühle, dementsprechend wirken sich Störungen im Materialtransport und bei der Stabilisierung des Gutbettes unmittelbar auf die Verfügbarkeit der Anlage aus, mit der Folge, dass mitunter häufige Wiederanfahrvorgänge den spezifischen Energieverbrauch erhöhen und sich die Mahlanlage aus dem energetischen Optimum entfernt. Als Anlagenbetreiber ist man daher im besonderen Maße interessiert, den Prozess sehr nahe am energetischen Optimum zu betreiben.

Im Konzern Buzzi Unicem / Dyckerhoff werden Vertikalmühlen unterschiedlicher Baugrößen von 3,5 bis 5,6 Meter Mahltellerdurchmesser der Firma Loesche GmbH für die Hüttensand- und Zementmahlung verwendet.

Im Beitrag werden Ergebnisse zur Zement- und Schlackemahlung vorgestellt und diese im Hinblick auf qualitätsrelevante Einflussfaktoren diskutiert. In diesem Zusammenhang konnte beobachtet werden, dass sich beim Wechsel des Zerkleinerungsverfahrens - ausgehend von der Mahlung auf der Kugelmühle über Kombi - Kreisläufe (Hochdruckwalzenpresse mit Kugelmühle) hin zur Vertikalmühle - eine Änderung in der Partikelmorphologie einstellt.

Der Überblick schließt mit einem Ausblick zur weiteren Optimierung der Mahlung mit Vertikalmühlen.

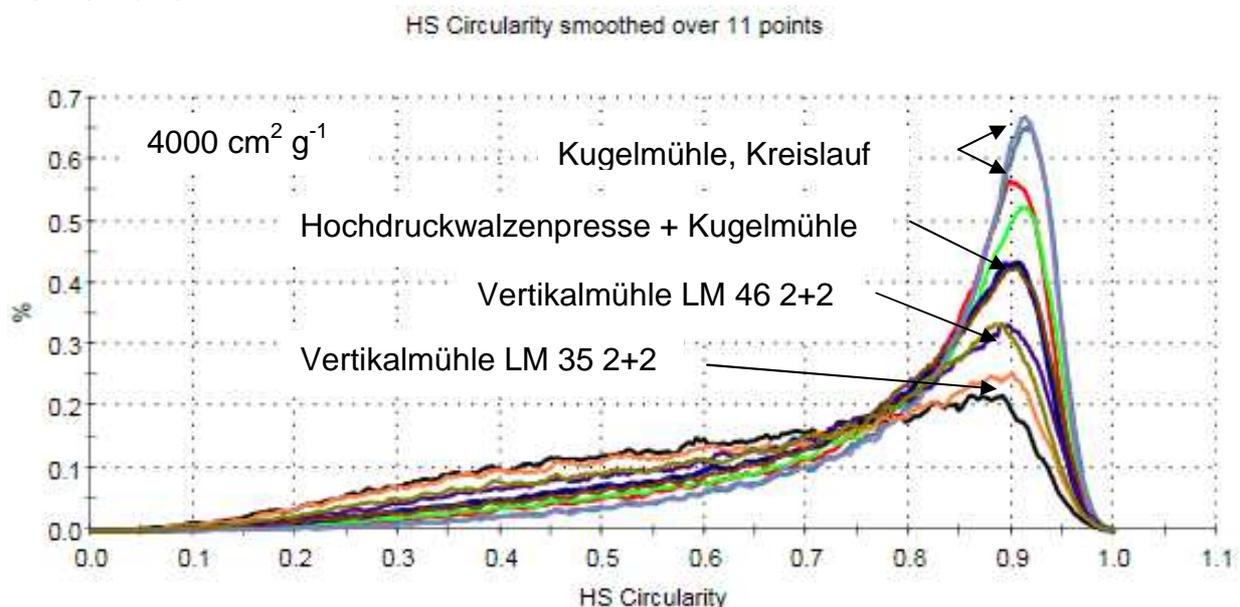


Bild: Zirkularität (Dichteverteilung) bei der Mahlung von Hüttensand

Remamill Mühlenpanzerungen aus Spezialgummi

Klöpper, Johannes

REMA Tip Top Poing

Gummi erweist sich bei der Zerkleinerung von mineralischen Rohstoffen in Rohrmühlen immer mehr als idealer Verschleißschutz. Der hochmoderne Hightech-Werkstoff bietet gleich mehrere wesentliche Pluspunkte: mehr Wirtschaftlichkeit, sehr hohe Effektivität bei den meisten mahltechnischen Anforderungen und deutliche Lärmreduzierung.

REMAMILL Mühlenauskleidungen werden individuell an die Betriebsbedingungen angepasst. Dieses Design reduziert die Kosten für Energie und Verschleiß und erhöht damit die Produktivität. Unser Produkt aus dem hochverschleißfesten Werkstoff *REMALINE 70* bürgt für eine hohe Lebensdauer.



Charakteristische Merkmale von *REMAMILL* Mühlenauskleidungen

Gummi ist Werkstoff voll positiver Eigenschaften. Er unterscheidet sich von anderen Materialien durch die Fähigkeit auf äußere Krafteinwirkung elastisch zu reagieren.

Gummi hat ein geringes, spezifisches Gewicht und ist beständig gegen die meisten Prozesswässer. Zudem weist er deutliche Vorteile bei extrem harten und abrasiven Materialien auf, vor allem gegenüber herkömmlichen Werkstoffen wie Stahl.

Darüber hinaus bietet der Einsatz von *REMAMILL* Mühlenauskleidungen eine Vielfalt weiterer Vorteile:

- individuell an mahltechnische Erfordernisse angepasstes Design
- Steigerung der Leistung (Mahlfeinheit, Durchsatz)
- absolute Betriebssicherheit und damit hohe Verfügbarkeit
- lärmindernd
- geringes Gewicht
- einfach, schnell und sicher zu montieren
- wirtschaftlicher im Vergleich zu Stahlauskleidungen

Das Anwendungsspektrum der *REMAMILL* Auskleidungen reicht von der Grob- bis zur Feinmahlung.

In der Trockenmahlung haben sich *REMAMILL* Auskleidungen bei einer Mahltemperatur bis ca. 80°C hervorragend bewährt.

In folgenden Rohrmühlen werden *REMAMILL* Gummipanzerungen mit großem Erfolg eingesetzt:

- Autogenmühlen (AG-Mühlen)
- Semiautogenmühlen (SAG Mühlen)
- Kugelmühlen
- Pebblemühlen
- Stabrohmühlen
- keramische Mühlen
- Wasch- und Schlämmtrommeln
- Entrindungstrommeln



Mahlbarkeit von mineralischen Bauabfällen

Seifert, Gabi; Müller, Anette

Bauhaus-Universität Weimar, F.A. Finger-Institut für Baustoffkunde

Bei der Aufbereitung von Primärrohstoffen fallen ebenso wie bei der Zerkleinerung von mineralischen Bauabfällen zum Teil erhebliche Mengen an Brechsanden an, für die keine oder nur wenige Verwertungsmöglichkeiten bestehen. Für diese Sandfraktionen können durch eine Feinzerkleinerung innovative Verwertungswege erschlossen werden, wie die Erzeugung von Aufbaukörnungen, der Einsatz als Zementersatz oder als Betonzusatzstoffe.

Um die Wirtschaftlichkeit und Effizienz der Feinzerkleinerung abschätzen zu können, wurde die Mahlbarkeit für die Zerkleinerung an einer Vielzahl von mineralischen Bauabfällen und ausgewählten Primärrohstoffen (definierte Betone und Betonbruch, Ziegel und Mauerwerkbruch, Porenbetonbruch, Grauwacke, Dolomit, Kalkstein, Hüttensand, Quarzsand) ermittelt.

Zur Untersuchung der Mahlbarkeit wurde der von Bond entwickelte Mahltest angewandt, bei dem eine Kreislaufmahlung in einer Kugelmühle simuliert wird. Der experimentell ermittelte Kennwert für die Mahlbarkeit gibt die erzeugte Produktmenge einer definierten Feinheit pro Umdrehung der Kugelmühle in Gramm / Umdrehung an.

Unter Berücksichtigung der Partikelgrößenverteilungen des Ausgangsmaterials und des Mahlprodukts kann der spezifische Energieverbrauch für die Zerkleinerung eines Materials berechnet werden. Das Ergebnis, der Arbeitsindex nach Bond (w_i in kWh/t), ermöglicht es, verschiedene Stoffe in Bezug auf ihr Zerkleinerungsverhalten unter bestimmten, einheitlichen Beanspruchungsbedingungen zu beurteilen.

Die ermittelten Werte der Arbeitsindices liegen zwischen ca. 10 kWh/t und ca. 30 kWh/t. Den höchsten Energieverbrauch verzeichnet reiner Beton. Die mineralischen Bauabfälle weisen folgende Reihenfolge der Arbeitsindices auf:

w_i reiner Beton > w_i mit Ziegel verunreinigter Betonbruch > w_i Mauerwerkbruch.

Bei den Primärrohstoffen stellt sich folgende Reihenfolge dar:

w_i Quarzsand sowie Hüttensand > w_i Grauwacke > w_i Kalkstein / Dolomit.

Einflussgrößen auf die Mahlbarkeit und mögliche Korrelationen zwischen Mahlbarkeit und anderen physikalischen sowie chemischen Kenngrößen der untersuchten Materialien wurden geprüft.

Die Durchführung des Mahltests nach Bond ruft hinsichtlich seiner Realisierung und Zuverlässigkeit immer wieder kritische Meinungen hervor. Durch experimentelles Vorgehen und Versuche konnte die Durchführung der Mahlung nach Bond modifiziert werden.

Erprobung von Zerkleinerungsverfahren für metallisches Eisen zur Präparation von Dispersionen für die Bodensanierung

Thümmler, Silke; Kamptner, Andre; Heegn, Hanspeter

UVR-FIA GmbH, Freiberg

Zur Entfernung von chlorhaltigen organischen Schadstoffen in belasteten Böden hat sich der Einsatz von metallischem Eisen (Fe^0) bewährt. Die Wirksamkeit des eingesetzten Eisens nimmt dabei mit zunehmender Feinheit zu. Besonders effektiv sind Dispersionen von Eisen mit Partikelgrößen im Nanobereich. Diese Nanopartikel können gleichzeitig im Grundwasserleiter transportiert werden, so dass die Sanierung von Schadensfällen auch in größeren Tiefen sowie unter Bebauungen möglich wird. Die chemische Präparation von Nano-Eisen ist allerdings sehr aufwendig und teuer, so dass alternative Verfahren gefragt sind. Im Rahmen des BMBF-Schwerpunktes "NanoNature: Nanotechnologien für den Umweltschutz - Nutzen und Auswirkungen" arbeiten sechs Forschungseinrichtungen und vier mittelständische Unternehmen im Forschungsverbund „Einsatz von Nano-Partikeln zur Sanierung von Grundwasserschadensfällen“ (kurz NAPASAN) zusammen. Innerhalb dieses Projektverbundes werden Fe^0 -Partikel hergestellt und charakterisiert sowie Untersuchungen zur Einbringung und Ausbreitung von Nanopartikeln im Untergrund durchgeführt. Für die Anwendung zur In-Situ-Sanierung müssen Eisenpartikel so modifiziert werden, dass sie im Grundwasserleiter genügend weit transportiert werden, ihre Reaktivität bis zum Kontakt mit den Schadstoffen behalten und diese dann möglichst rasch und vollständig abbauen.

Das Ziel des Teilprojektes der UVR-FIA GmbH besteht darin, ein wirtschaftliches Verfahren zur Herstellung der Fe^0 -Partikel und zur Überführung in stabile Dispersionen für den Feldeinsatz zu entwickeln, wobei insbesondere Zerkleinerungsverfahren erprobt werden sollen. Als Ausgangsmaterialien werden verschiedene, kommerziell verfügbare Eisenpulver einbezogen und verschiedene Additive zur Stabilisierung erprobt.

Bei den Versuchen hat sich gezeigt, dass durch Zerkleinerungsverfahren Fe^0 -Partikel präpariert werden können, die zu ähnlichen Ergebnissen führen können wie bei Partikeln, die durch chemische Synthese erzeugt werden. Es konnte Probenmaterial mit einem Medianwert (Äquivalentdurchmesser, der von 50 Masseprozent der Körner unterschritten wird) von $d_{50} \approx 0,9 \mu\text{m}$ erzeugt werden. Aus Aufnahmen mit dem Raster-Elektronenmikroskop (REM) wurde jedoch deutlich, dass es sich um plattige Partikel mit einer Dicke deutlich unter $1 \mu\text{m}$ handelt. Für die Größenbestimmung an solchen Partikeln ist die Laserbeugungsmethode wegen des Einflusses der Kornform für vergleichende Zwecke geeignet, liefert aber keine exakte Aussage. Daher wurden erste Messungen der spezifischen Oberfläche durchgeführt, aus der man die mittlere Partikelgröße berechnen kann. An den Mahlprodukten wurden Oberflächen im Bereich bis $17 \text{ m}^2/\text{g}$ bestimmt, was Partikelgrößen von ca. 50 nm entspricht.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt erfolgt die Mahlung in einem zweistufigen Verfahren. Mahlungen in wässrigen Systemen führen jedoch zu hochreaktiven Produkten, deren chemische Stabilisierung bislang nicht gewährleistet werden konnte. Durch die Reaktion von Eisen und Wasser bildet sich Wasserstoff, was weder durch gezielte pH-Wert-Einstellung noch durch verschiedenste Stabilisierungsreagenzien hinreichend unterdrückt werden konnte. Deshalb wurde die Mahlung in verschiedenen nicht-wässrigen Mahlmedien getestet, u. a. in Ethan-1,2-diol. Dabei gelang es, über 80 % der erzeugten Fe^0 -Partikel über größere Zeiträume hinweg beständig zu halten.

Einsatz der Loesche Wälzmühle zur Vermahlung von Erzen und Stahlwerksschlacken

Dardemann, Frank; Gerold, Carsten

Loesche GmbH

Seit mehr als 100 Jahren hat die Firma Loesche Erfahrungen in der Vermahlung von Kohle, Zementrohmaterial, Klinker, Schlacken und verschiedenen Industriemineralien. Seit 1961 kommt die Loesche-Mühle ebenfalls in der Erz-Industrie erfolgreich zum Einsatz. Die Loesche-Mahltechnologie ist ein Trockenmahlverfahren, welches deutliche Vorteile gegenüber konventionellen Brech- und Mahltechnologien in der Erzaufbereitung aufweist. Allen voran sind hier zu nennen:

- höherer Aufschlussgrad der Wertminerale
- steile Produktkornkennlinie
- reduzierter spezifischer Energieverbrauch
- reduzierter spezifischer Verschleiß
- schnelle Anpassung auf Veränderungen der Erzcharakteristik
- selbst regulierender Mahl-Klassierkreislauf durch Online-Kontrollsystem.

Bei der Loesche-Mahltechnologie kann die Qualität des Mahlproduktes, und damit die Effizienz der nachfolgenden Sortierprozesse, durch Anpassung verschiedener Prozessparameter beeinflusst werden. Dadurch kann in Abhängigkeit der Erzcharakteristik unter anderem der Mineralaufschlussgrad, die Kornverteilung, der Energieverbrauch und der Durchsatz für jede Lagerstätte optimiert werden.

Bei der Erläuterung der Loesche-Mahltechnologie werden die Vorteile gegenüber konventionellen Brech- und Mahltechnologien herausgestellt und durch beispielhafte Untersuchungsergebnisse untermauert. Dabei wird nicht nur die eigentliche Mahlung, sondern auch die positive Einflussnahme des Mahlproduktes auf nachfolgende Aufbereitungsprozesse betrachtet.

Der Vortrag wird auch auf die Anwendung der Loesche-Mühle zur trockenen Aufbereitung von Stahlwerksschlacken eingehen. Das Loesche Verfahren bietet hierbei die Möglichkeit in einem Aggregat zwei vermarktungsfähige Produkte zu erzeugen: eine stark angereicherte Metallfraktion und einen trockenen, kontrollierten Füller.

Trockenaufbereitung von Stahlwerksschlacke mit maximaler Metallausbringung und hochwertiger Verwertung der mineralischen Fraktion

Schiffers, Andreas; Jungmann, Andreas

CALA Aufbereitungstechnik GmbH & Co. KG

Es werden Edelstahlschlackenaufbereitungsanlagen vorgestellt, die industriell im Maßstab von 50 – 200 t/h Edelstahlschlacke aufbereiten und die mineralische Phase vollständig verwerten.

Dabei werden Zuschläge hergestellt, die im Bereich der gebundenen Verwertung (mit Zement oder Asphalt) eine vollständige Verwertung bereits durchführen.

In Ergänzung dazu werden die fortgesetzten Entwicklungen in diesem Bereich erörtert, die auch perspektivische Möglichkeiten darstellen, in Abhängigkeit von den lokalen Gegebenheiten und Marktanforderungen, sowohl das Metallausbringen und die hochwertige Verwertung zu optimieren.

Wesentliche Punkte sind dabei nicht nur die verfahrenstechnischen Möglichkeiten sondern auch die Betrachtung der Potentiale der CO₂-Einbindung und die Bilanzierung von CO₂ in den einzelnen Produktionsschritten.

Am Beispiel eines üblichen Schlackeanfalls von jährlich ca. 200.000 t wird ein Konzept präsentiert, das eine vollumfängliche Verwertung mit maximaler Metallausbringung darstellt. Dabei wird auch auf die umwelttechnischen Eigenschaften der Schlacke und der hergestellten Produkte eingegangen.

Kernprozesse sind dabei...

- Trockenaufbereitung mit Feinvermahlung von Vorkonzentraten in Vertikalmühlen
- Sortierung von freigelegten Metallen durch Magnetscheidung und Dichtesortierung und
- Herstellung von Fertigteilen unter Verzicht bzw. wesentlicher Reduktion von Zementzugaben

Der Vortrag wird auch auf die verfahrenstechnischen Ergebnisse eingehen und schließt mit einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des Gesamtprozesses.

Weiterentwicklung des GIB® - Prozesses zur Herstellung neuartiger, geschlossenzellig geblähter Perlit-Produkte

Cirar, Kristin *; Brunnmair, Erwin **; Flachberger, Helmut*

*Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung, Montanuniversität Leoben, Leoben,
Österreich

**Binder+Co AG, Gleisdorf, Österreich

Der Glazed Isoball® Prozess wird zur Expansion von vulkanischen Gläsern eingesetzt und begünstigt im Vergleich zu konventionellen Blähprozessen die Erzeugung hochwertiger, geschlossenzellig geblähter Produkte. Im Rahmen einer Forschungs Kooperation zwischen der Firma Binder+Co und dem Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung der Montanuniversität Leoben werden derzeit systematische Untersuchungen zur Optimierung dieses vielversprechenden Prozesses durchgeführt.

In der Petrographie werden unter dem Begriff Perlit saure, glasreiche, vulkanische Gesteine mit perlitischem Gefüge zusammengefasst. Der technische Begriff Perlit umfasst darüber hinaus alle glasreichen vulkanischen Gesteine, die gebundenes Wasser enthalten und sich unter Wärmezufuhr auf ein Vielfaches ihres Volumens blähen lassen. Aufgrund dieser Fähigkeit, das Volumen bei rascher Erhitzung bis auf das 20fache zu vergrößern, finden derart geblähte Perlitprodukte verschiedenste Anwendungen, wie zum Beispiel in der Bauindustrie als Zuschlagsstoff, in der Kältetechnik als Isolierstoff, in der Landwirtschaft als Bodenverbesserer und in der Pharmaindustrie als inerter Anteil bei der Tablettenherstellung. Neue Anwendungen geblähter Perlitprodukte, wie zum Beispiel zur Herstellung von Leichtmörtel, erfordern jedoch weitere spezifische Eigenschaften. Der Vorteil von Partikeln mit geschlossener Oberfläche gründet darin, dass diese nicht hygroskopisch sind. Die zurzeit verwendeten Prozesse sind für die Produktion solch qualitativ hochwertiger Bläherlite jedoch nur eingeschränkt geeignet.

Diese konventionellen Prozesse basieren auf thermischen Gegenstromverfahren in rotierenden Horizontalöfen oder vertikalen stationären Öfen. Die in diesen Prozessräumen vorherrschende, inhomogene Wärmeverteilung ist einer der Gründe für das Zerbersten der Perlitpartikel beim Expandieren, was der Vorgabe der Erzielung geschlossener Oberflächen entgegen steht. Zur Hydrophobierung dieser Oberfläche müssen deshalb oftmals chemische Substanzen zugesetzt werden.

Beim vom in China beheimateten Unternehmen Langfang Chi-Che-Euro-Technik entwickelten Glazed Isoball® Prozess wird u.a. einer gleichmäßigen Wärmeverteilung besonderes Augenmerk geschenkt, was die Erzeugung geschlossenzelliger Produkte begünstigt. In enger Zusammenarbeit mit der in Gleisdorf situierten Firma Binder+Co und dem Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung der Montanuniversität Leoben wird den die Produktqualität beeinflussenden Parametern in systematischen Untersuchungen auf den Grund gegangen. In einem ersten Schritt wurde die in China gelegene Anlage beprobt und die gewonnenen Sammelproben analysiert.

Hauptaugenmerk lag dabei auf der Auffindung von Möglichkeiten zur Identifizierung des nicht blähbaren Anteils und der Beurteilung der Produktqualität. Es wurde festgestellt, dass viele der geblähten Körner zwar eine geschlossenzellige Oberfläche aufwiesen, jedoch auch nicht unbeträchtliche Anteile an zerborstenen Partikelfragmenten bzw. von gänzlich ungeblähten Körnern aufzufinden waren. Diese

Anteile ließen sich einerseits durch die Breite der eingesetzten Korngrößenverteilung des Perlitrohsandes begründen, welche eine Über- bzw. Unterexpansion der unteren bzw. oberen Korngrößenflanken zur Folge hatte, andererseits durch nicht blähbare Mineralphasen, welche sich dem Blähvorgang entziehen. In Hinblick auf die Verbesserung des Ergebnisses ist eine Erhöhung des Aufwandes bei der Vorbereitung des Perlitrohsandes von besonderer Bedeutung, auch was das Erfassen des Zerkleinerungsverhaltens durch Untersuchung der natürlichen Bruchcharakteristik und des spezifischen Energieverbauchs für verschiedene Perlitrohsande betrifft.

In einem weiteren Schritt wurde am Standort der Firma Binder+ Co in Gleisdorf eine GIB® Versuchsanlage errichtet und in Betrieb genommen. Anhand systematischer Versuchsreihen werden derzeit u.a. durch Abstimmung der Parameter, wie Verweilzeit, Temperatur und Massenstrom, ideale Betriebsparameter für verschiedene Perlitsande und Produktqualitäten eruiert.

Aufbereitung kanadischen Ölsands durch ein nichtwässriges Alternativverfahren

Schmidt, Elisabeth *; Peuker, Urs A. *; Schmidt, Frank **

*Technische Universität Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik,

** Siemens AG, Industry Sector, Industry Solutions Division, Metals Technologies, Erlangen

Die konventionelle Art der Aufbereitung kanadischen Ölsands mit Hilfe der Heißwasserextraktion bringt viele Umweltrisiken und hohe Kosten mit sich. Um das Bitumen, das später in Rohöl umgewandelt wird, aus dem Ölsand (auch Teersand) zu gewinnen, werden große Mengen Wasser erhitzt und mit Natriumhydroxid und dem Ölsand vermischt. Während dieses Flotationsprozesses kommt es zur Bildung stabiler kolloidaler Suspensionen, die in großen Absetzbecken enden. Diese sogenannten Tailings Ponds bilden ein großes Risiko die umliegenden Böden zu verschmutzen und ergeben das enorme Risiko, dass gefährliche Stoffe wie Schwermetalle oder polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in die Nahrungskette gelangen. Des Weiteren sind große Flächen von der Verschmutzung betroffen und eine Renaturierung gestaltet sich schwierig. Diese kritischen Punkte bildeten die Motivation einen alternativen Aufbereitungsprozess zu entwickeln, der fast gänzlich ohne Wasser durchgeführt werden kann.

Im neuen Prozess werden statt des Wassers und Natriumhydroxids organische Lösungsmittel zum Liberieren des Bitumens von den Sand- und Tonpartikeln verwendet. Als Teilschritte des neuen Prozesses hat sich die Druckfiltration mit anschließender Waschung und Dampf-Druckfiltration des Filterkuchens etabliert. An den Schritt der kuchenbildenden Filtration schließt sich eine Waschung mit unbeladenem, organischem Lösungsmittel an, wodurch eine erhöhte Bitumenausbeute erreicht wird. Hierbei wird stets mit vollständig gesättigtem Kuchen gearbeitet, um Kapillareffekte, welche bei einer Untersättigung auftreten können, auszuschließen. Der abschließende Schritt der Dampf-Druckfiltration ermöglicht es mit einer zum bisherigen Prozess verhältnismäßig sehr geringen Menge Wasser(dampf) einen trockenen und lösungsmittelfreien Feststoff zu generieren. Neben der Vermeidung der Bildung stabiler kolloidaler Suspensionen wird auch die Bitumenausbeute mit den neuen Verfahren gesteigert.

Analytik strategischer Metalle als Dienstleistung in Recyclingprozessen und Rohstofferschließung

Becker-Kaiser, Rudolf; Ulbricht, Axel

Eurofins, Hamburg, Freiberg

Eurofins wurde 1987 in Frankreich gegründet und ist heute ein internationales Laborunternehmen mit Hauptsitz in Brüssel. Die eurofins-Gruppe ist ein führender globaler Anbieter von analytischen Dienstleistungen für Kunden der Industriesektoren Pharmazie, Nahrungsmittel und Umwelt. Daten:

- mehr als 150 Laboratorien in 30 Ländern in Europa, Süd- und Nordamerika
- über 9.500 Mitarbeiter
- über 100.000 verschiedene Analysemethoden
- mehr als 80 Millionen Untersuchungen pro Jahr.

In Freiberg **1956 – 1989** Zentrallabor des Deutsches Brennstoffinstitut mit Arbeitsschwerpunkten:

- Brennstoffgeologie, - gewinnung, -brikettierung, - veredelung mit Schwerpunkt Braunkohle
- Öl- & Gasforschung, Kerntechnik
- Sicherung und Entwicklung der Energetischen Versorgung der ehemaligen DDR.

1991 – 1995 Erschließung neuer Arbeitsgebiete, **1995 – 2006** DBI-AUA GmbH

- Umweltanalytik
- Messstelle nach §§ 26,28 BImSchG
- Landwirtschaftliche Untersuchungen
- Produktanalytik
- Lebensmittel, Futtermittel,
- Ökotoxikologie

seit – 2006 Eurofins Umwelt Ost GmbH mit Eingliederung in die Eurofins Gruppe.

Im Vortrag werden insbesondere die Probleme der Analyse von Rohstoffen und Recyclingprodukten behandelt.

Die Aufbereitung der Probe ist der erste Schritt zur repräsentativen Messprobe. Sie umfasst Probenteilung, Zerkleinerung und Homogenisierung. Aus der repräsentativen Teilprobe wird eine messfertige Teilprobe erstellt.

Vor der Analyse erfolgen Auswahl geeigneter Probenvorbereitung und individuelle Prüfplanung in Abhängigkeit von der Probenmatrix. Während der Probenvorbereitung ist Mitdenken im Hinblick auf die Zielstellung, Anpassung einzelner Arbeitsschritte des Prüfplanes an die Gegebenheiten der Probenmatrix wichtig.

Zusätzlich Herausforderung bei komplexen Probenmatrices ist, dass sich die Einzelkomponenten von Verbundmaterialien sich in fast allen Eigenschaften, die für eine repräsentative Teilung und Zerkleinerung wichtig sind, unterscheiden. Dazu gehören Härte, Dichte, elektrostatische Eigenschaften, Magnetische Eigenschaften, Viskosität.

Mitdenken bei Matrices komplexer Zusammensetzung ist von großer Bedeutung.

Dazu gehören Sorgfalt (Trennung, Erfassung und Separierung zweckmäßiger Fraktionen), Planung (Festlegung der Aufarbeitungs-, Zerkleinerungs- und Teilungsstrategien für jeweilige Einzelfraktionen), Wissen um die jeweilige prinzipielle Problematik (Materialkenntnisse, Materialabrieb, Memoryeffekte), Kontrolle und kritische Distanz, Kommunikation mit dem nachgeschalteten Metalllabor (unplausible Befunde zurückmelden). Für die Analyse sind Gehalts- und Elementspezifische Auswahl der analytischen Messmethode, Überlagerung der Messsignale bei hohen Konzentrationen von Einzelementen, Gegebenenfalls Ergebnisabsicherung mit weiterer Messmethode zu beachten.

Optische Sensorik erhöht die Wertschöpfung bei der Rohstoffgewinnung - Beispiele zum Einsatz der Laserinduzierten Breakdownspektroskopie (LIBS)

Bohling, Christian; John, Andreas; Cordts, Lothar

Secopta GmbH Berlin

Steigende Energie- und Rohstoffpreise erzeugen einen großen Kostendruck im Bereich der Primär- und Sekundärrohstoffindustrie. Durch die ebenfalls gestiegenen Abgabepreise ergeben sich allerdings auch beachtenswerte Chancen für die Aufbereitung und insbesondere das Recycling unter Einsatz von modernen Technologien. So kann der Einsatz von hochselektiver Sensorik helfen, die Aufbereitung energieeffizient und Recyclingverfahren sortenrein zu gestalten. In beiden Bereichen ergibt sich somit trotz der höheren Kosten für die eingesetzten Technologien ein deutlicher Wertschöpfungszuwachs.

Optische Technologien bieten gegenüber herkömmlichen Analytikverfahren den Vorteil der berührungslosen und simultanen Erfassung verschiedener Parameter in Echtzeit. In vielen Fällen kann die Analyse ohne Probenvorbereitung direkt im Prozess (online und insitu) erfolgen. Viele der sich derzeit etablierenden laserspektroskopischen Analysemethoden sind seit vielen Jahren theoretisch bekannt und wurden erfolgreich im Laborumfeld zur Materialanalyse eingesetzt. Dem Einsatz direkt im industriellen Prozess standen in der Vergangenheit zum einen die Verfügbarkeit kostengünstiger und robuster Laserstrahlquellen und zum anderen das Fehlen leistungsfähiger Datenanalysesysteme zur online-Bewertung der komplexen optischen Informationen entgegen. Auf beiden Gebieten wurden in den vergangenen Jahren große Fortschritte erzielt, so dass ein technisch und wirtschaftlich erfolgreicher Einsatz nunmehr zunehmende Verbreitung erfährt.

Eine im Bereich der Rohstoffe besonders erfolgversprechende Analytikmethode ist die sogenannte LIBS-Technik. Hier wird ein extrem kurzer, hochenergetischer Laserpuls auf ein zu untersuchendes Objekt abgegeben. Auf der Oberfläche bildet sich bei Temperaturen von mehr als 10.000°C ein Mikroplasma aus, dessen Emission Rückschlüsse auf die atomare Zusammensetzung der Probe erlaubt.

Die Schlüsselkomponenten für die Wirtschaftlichkeit in der technischen Umsetzung sind auch hier Strahlquelle und die Datenanalyse. Durch den Einsatz von kompakten, passiv-gütegeschalteten Mikrochiplasern lassen sich fasergekoppelte LIBS-Messköpfe mit hoher Robustheit herstellen. Neben den im Gegensatz zu anderen Strahlquellen relativ geringen Anschaffungskosten wirkt sich die Wartungsfreiheit dieses Lasertyps extrem positiv auf die *costs of ownership* und die Stillstandszeiten der Anlage aus. Die Analyse des optischen Signals erfolgt durch ein ebenfalls fasergekoppeltes und wartungsfreies Kompaktgitterspektrometer. Die Aufnahme eines kompletten Spektrums erfolgt dabei innerhalb einer Millisekunde. Eine Software errechnet mit einem speziell an die jeweilige Anwendung angepassten chemometrischen Verfahren innerhalb weniger Millisekunden die atomare Zusammensetzung des Messpunktes. Je nach Anwendung lassen sich quantitative Ergebnisse oder qualitative Aussagen, etwa Soll-Ist-Vergleiche im Rahmen einer Qualitätsbewertung, durchführen. Durch eine Wiederholrate von 100 Messungen je Sekunde wird ein hoher Materialdurchsatz erreicht.

Der LIBS-Sensor kann in den verschiedensten Bereichen der Primär- und Sekundärrohstoffindustrie zum Einsatz kommen. Dabei kann zwischen Sortieraufgaben - jedes Einzelobjekt wird bewertet und entsprechend des

Analyseergebnisses sortiert - und Volumenstrommessungen - Mittelwertbildung über viele Objekte - unterschieden werden.

Ein Beispiel zum Einsatz der LIBS als Sensor in einer Recyclingsortieranlage ist das Recycling von manganhaltigen Stählen. Hier lässt sich durch sortenreine Trennung eine deutliche Wertsteigerung erzielen, da sich das reine Material für Gussverfahren eignet. Die Volumenstrommessung wird anhand eines Beispiels demonstriert, bei dem die Erkennung und Analyse der Belegung eines Förderbandes durch Mittelwertbildung vieler Einzelmessungen online im Materialtransport erfolgt.

Neben der Integration in eine Anlage kann die LIBS auch in handgehaltene Messköpfe, etwa zum Recycling von größeren Objekten, wie z.B. Edelstahlschlacke (sogenannte Bären) oder Feuerfestmaterialien integriert werden.



Zerkleinerungstechnologie für Petrolkoks

Hanisch, Jens

FAM Magdeburg

Petrolkoks entsteht bei der Verarbeitung schwerer Öle und wird nach der Kalzinierung als fast reiner Kohlenstoff z.B. in einer Wirbelschicht verbrannt. Der Heizwert wird mit 31,5 MJ/kg angegeben.

Für eine optimale Wirbelschichtverbrennung muss der Petrolkoks gemäß den Forderungen der Kesselhersteller eine bestimmte Korngrößenverteilung besitzen.

Es ist eine sehr enge, steile Verteilung mit geringem Feinkornanteil und geringem Überkornanteil, im RRSB-Netz ergibt sich ein sogenannter Gleichmäßigkeitskoeffizient n von etwa 1,3.

Die Versuche in halbtechnischen Zerkleinerungsmaschinen ergaben deutliche Abweichungen von der geforderten Verteilung im Feinkorn- und Grobkornbereich.

Nach Auftragen der geforderten Verteilung, der Foster-Wheeler-Kurve, als Verteilungsdichte im logarithmischen Wahrscheinlichkeitsnetz konnte eine Mischverteilung gefunden werden. Die Mischverteilung ließ sich grafisch-numerisch in zwei logarithmische Normalverteilungen mit oberer Grenze zerlegen. Die Standardabweichungen stimmen für beide Verteilungen überein mit $\sigma \approx 1$, doch die d_{50} – Werte und die oberen Korngrößen d_o sind unterschiedlich.

Mit Zerkleinerungsversuchen in einer Walzenmühle konnten die Petrolkoks - Verteilungsdichten bei unterschiedlichen Spaltweiten zwischen 0,5 mm und 4 mm ermittelt werden. Mit diesen Verteilungsdichten ließen sich die Teilkollektive der Mischverteilungen abschätzen.

Für technische Realisierung musste der vorzerkleinerte Petrolkoks mit Spannwellensieb so in zwei Klassen getrennt werden, dass 35 % Unterkorn und 65 % Überkorn anfällt. Damit können die beiden Zweiwalzenmühlen bei Spaltweiten von ca. 2 mm bzw. ca. 3 mm betrieben werden. Die Zerkleinerungsprodukte beider Zweiwalzenmühlen ergeben die geforderte Mischverteilung.

Rollattrition

Bräumer, Michael

Fa. Bräumer, Bendorf

Als energiesparende Variante herkömmlicher Attritionsverfahren soll hier die Rollattrition vorgestellt werden.

Im Fliehkraftfeld eines Hydrozyklons werden feinkörnige Teilchen gegeneinander gerieben, wobei der Schwerpunkt auf eine schnelle Bewegung bei mittlerer bis hoher Dichte liegt. Die Teilchen sollen mit unterschiedlichen Rotationsgeschwindigkeiten gegeneinander gerieben werden.

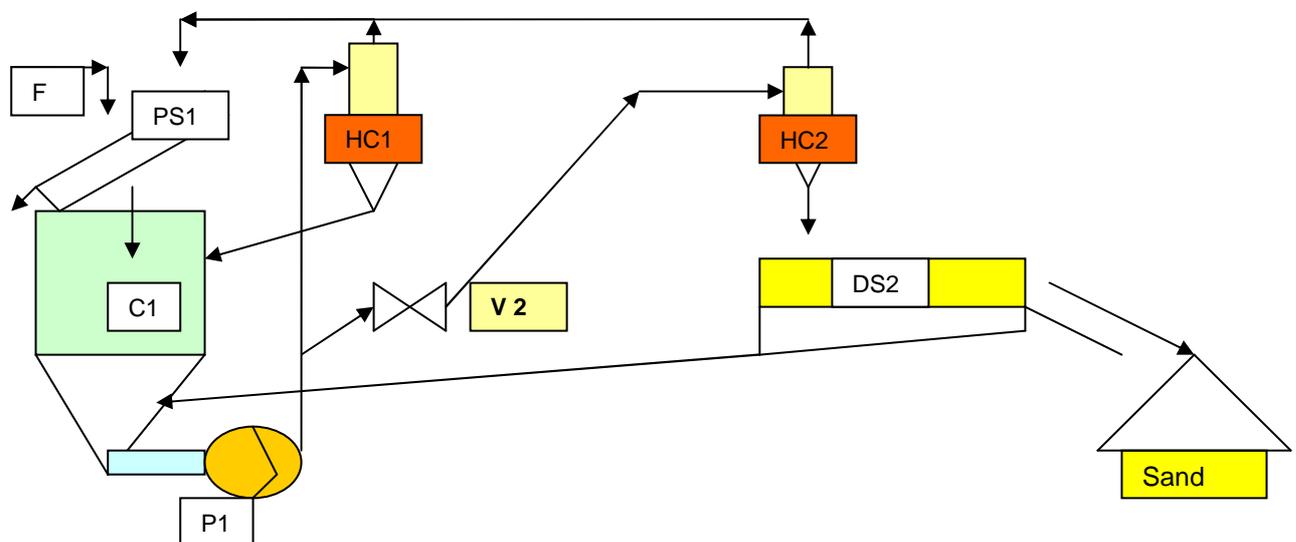
Diese Anwendung eignet sich gut für die Oberflächenbehandlung von Mineralien oder Metallen, welche von unerwünschten Anhaftungen befreit werden sollen.

Einsatzbeispiele:

- Ölgewinnung aus Ölsanden und Ölschiefen, Reinigung von ölverunreinigten Sanden
- Qualitätsverbesserung von Industriemineralien durch Abtragen von anhaftenden Metalloxid-Schichten
- Trennung von Metall-Kunststoff-Verbunden

Beispielfließbild ist die Quarzsandrollattrition mit dem Ziel einer Verminderung der Eisenoxidanhaftung am Korn.

Fließschema Rollattrition von Sand



F	Feed	Aufgabe
PS	Protection screen	Schutzsieb
C	Pump Feed Container	Pumpenzulaufbehälter
P1	Pump	Pumpe 1
HC	Hydrocyclone	Hydrozyklon
DS	Dewatering Screen	Entwässerungssieb
V2	Outletvalve	Auskreisungsventil

Damit das Verfahren praktikabel einsetzbar ist, muss das System verstopfungsfrei betriebsicher sein und auch bei den üblichen Zusammensetzungsschwankungen brauchbare Ergebnisse liefern und sollte variabel sein, damit auf Änderungen der Nachfrage reagiert werden kann.

Die Aufgabe erfolgt flüssig in pumpfähigem Zustand oder trocken auf ein Schutzsieb PS1 mit 2 mm Masche in den Pumpenzulaufbehälter C1 , aus dem die Pumpe P1 auf den Hydrozyklon HC1 fördert ; dessen Überlauf wird in den C1 rezirkuliert.

Der Unterlauf vom HC1 gelangt im freien Gefälle in den Pumpenzulaufbehälter zurück, wodurch der Kreislauf geschlossen ist. Die Ausschleusung des behandelten Produktstroms erfolgt über das Ausschleusventil V2 auf den Hydrozyklon HC2, dessen Überlauf wird auf das Schutzsieb rezirkuliert. Diese Art der Steuerung ermöglicht sowohl kontinuierlichen als auch diskontinuierlichen als auch Intervallbetrieb. Über die Verkürzung der Ventilöffnungsdauer wird die Attritionsdauer verlängert.

Der Unterlauf von HC2 gelangt als gereinigtes Produkt auf das Sandentwässerungssieb DS1 und wird dort auf ca. 13 - 18 % Restfeuchte entwässert. Der noch sandhaltige Unterlauf vom DS1 wird in C1 rezirkuliert.

Das separierte Wasser wird, soweit möglich, im geschlossenen Kreislauf gefahren, enthält aber noch Schluffanteile kleiner 25 bis 63 μm sowie die abgeriebenen Schadstoffe. Ab einer Aufpufferung auf eine Trübedichte über 1,1 bis 1,25 g/cm^3 sollte eine Teilmenge ausgekreist werden, der Rest kann als Verdünnungswasser vor der Aufgabe verwendet werden.

Gezielte Karbonatisierung von rezyklierten Zuschlägen aus Beton

Seidemann, Marko; Müller, Anette

Bauhaus Universität F.A.-Inst. Weimar

Die globale Erwärmung unserer erdnahen Lufthülle ist die Folge des stetig wachsenden Kohlendioxidgehaltes in der Atmosphäre. Der Gehalt an Kohlendioxid in der Lufthülle gilt außerdem als der wichtigste Indikator des Klimawandels. Um dem Klimawandel entgegensteuern zu können, ist es notwendig die CO₂-Emissionen zu verringern und einen Teil des bereits freigesetzten CO₂ permanent aus der Atmosphäre zu eliminieren.

Durch den enormen Einsatz von Beton in der Bauwirtschaft kommt es zwangsläufig zu einer Zunahme des Anteils von Betonbruch in den insgesamt anfallenden Bauabfällen. Da sich in unserer heutigen Zeit eine Knappheit aller Ressourcen abzeichnet und eine Deponierung von Bauschutt sehr kostenintensiv ist, gewinnt das Recycling von Betonschutt zunehmend an Bedeutung.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, durch eine gesteuerte Karbonatisierung ein Maximum an Kohlendioxid in Betonrezyklaten dauerhaft zu binden und dadurch die Eigenschaften des Rezyklats so zu verändern, dass es zu einer Abnahme der Porosität und zu einer Steigerung der Festigkeit kommt.

Der Verlauf der Karbonatisierung im Altbeton ist ein Prozess, bei dem CO₂ durch Diffusion in das Kapillarporensystem des Betons eindringt, sich im Porenwasser löst und mit dem ebenfalls im Porenwasser gelösten Calciumhydroxid Ca(OH)₂ zu Calciumcarbonat CaCO₃ reagiert. Die CaCO₃-Kristalle in den Kapillarporen des Betons wachsen und bewirken eine Gefügeverdichtung. Die Gesamtporosität des Betons verringert sich und eine Festigkeitssteigerung der Betonrezyklate tritt ein. Beides führt zu einer Qualitätsverbesserung des Altbetons in der Hinsicht, dass er nach einer erfolgreichen Karbonatisierung ohne Einschränkungen bezüglich der zugesetzten Mengen und Korngrößen als Gesteinskörnung für Beton Anwendung finden könnte. Des Weiteren ist eine Vergleichmäßigung der rezyklierten Körnungen z.B. im Hinblick auf ihre Wasseraufnahme oder Kornfestigkeit zu erwarten.

Die Karbonatisierung ist ein von Bauwerksbetonen her bekannter Vorgang. Als diffusionsgesteuerter Prozess verläuft er jedoch sehr langsam und zieht sich über Jahre hin. Die technische Herausforderung dieser Arbeit besteht darin, die Karbonatisierungsreaktion in einem Reaktor zu beschleunigen und damit technisch nutzbar zu machen. Weiterhin sollen möglichst ausführliche Aussagen über die chemischen Abläufe und die Bedingungen für die CO₂ - Behandlung getroffen werden.

Um rezyklierte Gesteinskörnungen gezielt karbonatisieren und im Labor untersuchen zu können, wurde eine Versuchsapparatur entwickelt. Die ersten Messungen zeigen, dass die CO₂-Aufnahme durch den Zementstein unter den gewählten Versuchsbedingungen tatsächlich beschleunigt werden kann. Der Zeitmaßstab, der bei Betonbauwerken in Jahren gemessen wird, verschiebt sich in den Stundenbereich.

Poster**Aufbereitung von Mansfelder Haldenmaterial****Morgenroth, Henning; Schaefer, Juliane**

UVR-FIA GmbH, Freiberg

Im Rahmen des BMBF-Projektes „Gewinnung von Metallen und mineralischen Produkten aus deponierten Reststoffen der ehemaligen Montanindustrie im Mansfelder Gebiet“ untersucht die UVR-FIA GmbH die Zerkleinerung und Flotation von Kupferschiefer.

Mit dem stetig wachsenden Metallbedarf der Weltwirtschaft geht eine zunehmende Rohstoffverknappung einher. Dabei stehen den jetzt bereits sehr hohen Kosten der Metall- bzw. Rohstoffgewinnung aus primären Lagerstätten derzeit noch ungenutzte Ressourcen der ehemaligen Berg- und Hüttenindustrie gegenüber. Auch bei dem im Mansfelder Revier lagernden Haldenmaterial erübrigt sich die bergmännische Erschließung, der Kupferschiefer steht einer sofortigen Aufbereitung, z. B. der Kupfergewinnung, zur Verfügung. Die Problematik liegt dabei in dem relativ niedrigen Kupfergehalt von etwa 0,7 % sowie den sehr fein verwachsenen Kupfermineralen, welche hauptsächlich in der Kornklasse 10-40 µm vorliegen.

Ziel des Projektes ist es, einen mehrstufigen Aufbereitungsprozess mit Einsatz neuartiger Technologien für dieses Erz zu entwickeln und auf seine praktische Umsetzbarkeit zu prüfen.

Zur Gewinnung der metallischen Wertkomponenten (u. a. Cu) wird vom Institut für Aufbereitung mineralischer Rohstoffe der RWTH Aachen zunächst eine sensorgestützte Sortierung durchgeführt, um Gestein mit einem Kupfergehalt unter 0,2 % aus dem weiteren Prozess auszuhalten. Das so erhaltene Vorkonzentrat wird bei der UVR-FIA GmbH zerkleinert und gemahlen, um die Oberflächen der sehr fein verwachsenen Kupferminerale aufzuschließen. Das Mahlprodukt wird anschließend einer an die Kornfeinheit angepassten Flotation unterzogen. Die dadurch gewonnenen Konzentrate werden dann am Institut für Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling der RWTH Aachen hydrometallurgisch weiterverarbeitet.

Der Vortrag erläutert die Ergebnisse der Mahl- und Flotationsversuche. Bei bisherigen Laborversuchen hat sich bereits gezeigt, dass bei einer 4-stufigen Flotation in einer mechanischen Flotationsmaschine ein Konzentrat mit 10 % Kupfergehalt bei einem Ausbringen von 70 % erreicht werden kann. Durch nähere Untersuchungen des Aufschlusses der Wertminerale, eine gezieltere Mahlung sowie die Anpassung der Flotationsbedingungen an das Feinkorn wird der Anreicherungsprozess weiter optimiert.

Poster

Sensortechnik als Instrument einer nachhaltigen Rohstoffwirtschaft

Maul, Anja; Jansen, Michael; Pretz, Thomas

Institut für Aufbereitung und Recycling RWTH Aachen

An der RWTH Aachen hat sich die interdisziplinäre Arbeitsgruppe „Sensortechnik in der Rohstoffindustrie“ (kurz: SiR) gebildet, die sich zum Ziel gesetzt hat, neue Sensortechnologien für die Rohstoffindustrie nutzbar zu machen. Der Zusammenschluss von Mitarbeitern aus den Bereichen Gewinnung, Aufbereitung und Recycling von Rohstoffen birgt dabei die Möglichkeit alle Bereiche des Rohstoffkreislaufes abzubilden und von den Erfahrungen der verschiedenen Fachgebiete zu profitieren [Robben, u.a. 2011].

Wachsende Industrienationen, erhöhte Lebensstandards sowie die Aufrechterhaltung der Wirtschaftskraft erfordern eine sichere und ausreichende Rohstoffversorgung. Der Bedarf an Rohstoffen steigt und damit die Notwendigkeit den Rohstoffbedarf nicht nur aus Primärrohstoffen zu stillen, sondern zusätzlich aus Abfallströmen hochwertige, sortenreine Sekundärrohstoffe zu generieren. Das Zurückführen der Sekundärrohstoffe in den Stoffkreislauf erlangt damit einen höheren Stellenwert und die dafür notwendigen Recyclingtechnologien werden immer wichtiger.

Vor allem für die Recyclingwirtschaft bietet ein intensiver Einsatz von Sensortechnik die Möglichkeit hochwertige Sekundärrohstoffe aus Abfallströmen zu generieren.

Mit den konventionellen mechanischen Trennaggregaten ist keine Trennung nach der Art des Materials möglich, sondern nur aufgrund von materialspezifischen Eigenschaften wie Dichte (Windsichter) oder Korngröße (Sieb). Die Produkte, die durch diese Aufbereitungsschritte entstehen, sind daher nichtsortenrein. Jedoch ermöglichen sortenreine Produkte ein stoffliches Recycling.

Zusätzlich zu der Einsparung von direkt messbaren Rohstoffmengen wird durch den Einsatz von Sekundärrohstoffen aus Abfallströmen auch Energie eingespart. Bei der Produktion von Aluminium aus Sekundärmaterial beispielsweise wird nur 5 % der Energie im Vergleich zur Produktion von Primäraluminium benötigt [Pflaum, Hartmut & Hiebel, Markus 2008]. Jedoch ist zur Erzeugung eines hochwertigen Aluminiumprodukts ein sortenreiner Materialinput nötig, der nur durch Sensorsysteme erzeugt werden kann. Als Anwendungsbeispiel von Sensortechnik ist die Abtrennung von Kupfer oder Messing mit Hilfe eines optischen Farbsortierers zu nennen.

Zur Verdeutlichung der Bedeutung der sensorgestützten Sortierung für eine nachhaltige Recyclingwirtschaft kann die Sortierung von Kunststoffabfällen ebenfalls herangezogen werden. Ein Forschungsprojekt an der RWTH Aachen University des Instituts für Aufbereitung und Recycling (I.A.R.) hat gezeigt, dass durch extensiven Einsatz von NIR-Sortiertechnik ein qualitativhochwertiges Kunststoffprodukt erzeugt werden kann, welches stofflich verwertet werden kann [Jansen, Michael & Pretz, Thomas 2011, Thoden van Velzen, E. U. & Jansen, M. 2011].

Die durch sensorgestützte Sortieraggregate gesteigerte Sortierqualität erzeugt hochwertige nahezu sortenreine Produktströme und leistet damit einen Beitrag zu einem funktionierenden Rohstoffkreislauf. Der Verbrauch von Primärrohstoffen kann so verringert und die Reichweite von Ressourcen vergrößert werden. Der Einsatz von sensorgestützten Aufbereitungsprozessen kann daher als wichtiges Instrument einer nachhaltigen Rohstoffwirtschaft gesehen werden.

Quellen

Jansen, Michael & Pretz, Thomas 2011. Bewertung der Effizienz der Sortierung eines Kunststoffkonzentrats aus Hausmüll: Darstellung des Standes der Technik für die Sortierung anhand von Simulation. *Müll und Abfall* 43(2), 68–76.

Pflaum, Hartmut & Hiebel, Markus 2008. CO₂-Bilanz des Recyclings ausgewählter Sekundärrohstoffe am Beispiel der INTERSEROH SE, in Bilitewski, Bernd, Schnurer, Helmut & Zeschmar-Lahl, Barbara (Hg.): *Müll-Handbuch: Sammlung und Transport Behandlung und Ablagerung sowie Vermeidung und Verwertung von Abfällen*. Berlin: Schmidt Erich. URL: http://www.muellhandbuchdigital.de/.download/_sid/MNXO-315935-oyUw/lbw/pdf/9365.pdf [Stand 2011-07-25].

Robben, u.a. 2011. Intelligent sensor systems: Efficient use of raw materials by applying innovative sensor technologies. *AT Mineral Processing* 52(4), 40–52.

Thoden van Velzen, E. U. & Jansen, M. 2011. *Nascheiden van kunststofverpakkingsafvalte Wijster: Massabalans van eennieuwenascheidingsinstallatie*. Wageningen: Wageningen UR Food & Biobased Research.

Poster**Der Einfluss von Füllstoffen und Additiven in Kunststoffen auf die Elektrosortierung****Reinsch, Edith; Frey, A.; Peuker, Urs A.**

Institut MVT/AT TU Bergakademie Freiberg

Albrecht, Victoria; Simon, Frank

Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden

Die Herstellung von Kunststoffen aus endlichen natürlichen Rohstoffquellen sowie steigende Rohstoffpreise für die Primär-Ressourcen und Energie, aber auch ein nicht möglicher biologischer Abbauprozess macht ein Recycling dieser Stoffe unerlässlich. Dabei hat sich das Verfahren der Elektrosortierung bewährt, da mit relativ geringem Energieaufwand trocken getrennt werden kann. Die Voraussetzung für die Anwendung dieses Verfahrens besteht in einer hohen selektiven Aufladung der Gemisch-Komponenten.

Die anfallenden Kunststoffabfälle liegen in der Regel als Gemische verschiedener Kunststoffmaterialien vor. So fallen z.B. beim Recycling von Elektronikschrott (Computertastaturen, Monitorgehäusen u.ä.) Gemische aus PS (Polystyren) und ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol) an. Da nur wenige Kunststoffe im Rohzustand zufriedenstellend verarbeitet und verwendet werden können sowie gegen Umwelteinflüsse resistent sein müssen, macht sich die Einarbeitung spezieller Zusatzstoffe notwendig. Darüber hinaus können so die Materialeigenschaften und das Aussehen der Kunststoffe signifikant verändert werden.

Wesentliche Kenntnisse über die triboelektrische Aufladung und anschließende Trennung von reinen Kunststoffen im elektrostatischen Feld liegen bereits vor. Im Gegensatz dazu ist der Einfluss von Zusatzstoffen auf die Trennung bisher kaum erforscht.

Im Fokus unserer Untersuchungen steht der Einfluss verschiedener Zusatzstoffe auf die Aufladung und anschließende elektrostatische Trennung des Gemisches ABS und PS. Typische Zusatzstoffe können Antioxidantien, Füllstoffe, Flammschutzmittel, Farbstoffe u.a. sein. Da ABS und PS bereits als reine Kunststoffe polare Gruppen aufweisen, wird der Einfluss der Zusatzstoffe an den unpolaren Polyolefinen Polyethylen PE und Polypropylen PP untersucht, um Rückschlüsse auf die polaren Kunststoffe ziehen zu können.

Auf dem Poster werden erste Ergebnisse zum Einfluss der Füllstoffe Kreide und Talkum, von Flammschutzmittel und Antistatika vorgestellt.

Die Untersuchungen werden in einem elektrostatischen Freifallscheider, der über eine Einheit zur Luftkonditionierung verfügt, durchgeführt. Die triboelektrische Aufladung erfolgt in einer Wirbelschicht.

Poster

Quantifizierung der Kornformeinflüsse auf die Verarbeitungseigenschaften von Basismörteln selbstverdichtender Betone

Ostheeren, Katrin; Ludwig, Horst-Michael

Bauhaus Universität F.A.-Inst. Weimar

Die Entwicklung der Selbstverdichtenden Betone ermöglicht durch den erhöhten Anteil von Feinbestandteilen in der Rezeptur einen Teil der standardmäßig eingesetzten Natursande durch Brechsande zu ersetzen. Brechsande, die bei der Herstellung von Splitt und Schotter beim Zerkleinerungsprozess anfallen und nur teilweise verarbeitet werden, können damit einer hochwertigen Nutzung zugeführt werden.

Für die optimale Verwertung der Brechsande ist es erforderlich, das Verständnis zum Wirken der Gesteinskörnungen im Beton zu präzisieren. Mit der Entwicklung neuer Messgerätegenerationen zur numerischen Charakterisierung der Kornform besteht die Möglichkeit der Erforschung dieser Wirkungsmechanismen. Insgesamt wurden etwa 60 Sande unterschiedlicher Kornform (Natur- und Brechsande) sowie unterschiedlicher geologischer Herkunft untersucht. Die Messung der Korngrößenverteilung und die numerische Beschreibung der Kornform erfolgte mithilfe der dynamischen Bildanalyse mit dem HAVER CPA 4.2 real time von HAVER BOECKER. Zudem wurde die Laserbeugungsanalyse für die Feinanteile der Sande eingesetzt. Um eine Vergleichbarkeit hinsichtlich der Wirkung der Brechsande im Mörtel zu realisieren, wurde für die rheologischen Untersuchungen eine konstante Mischung als Basisrezeptur festgelegt, bei der nur die Art des Sandes variiert wurde. Die gewünschte Verarbeitbarkeit wurde über die Menge des Fließmittels auf einen Durchmesser des Ausbreitkuchens von 24,5 cm mit dem HÄGERMANN-Trichter eingestellt. Mit dieser ermittelten Fließmittelmenge wurden Basismörtel hergestellt, an denen die Auslaufzeit aus dem V-Trichter gemessen und die rheologischen Untersuchungen mit dem Rheometer Viskomat NT der Firma SCHLEIBINGER durchgeführt wurden. Die Ergebnisse zeigen eine Abhängigkeit der Fließmittelmenge und der Trichterauslaufzeit von der Packungsdichte. Mit steigender Packungsdichte sinken diese erwartungsgemäß. Die Packungsdichte als Bindeglied zwischen den Schüttguteigenschaften des Haufwerkes und den Verarbeitungseigenschaften der Mörtel stellt eine Summe aus Korngrößenverteilungs- und Kornformeinfluss dar. So können sowohl Sande mit engen Korngrößenverteilungen und runden Kornformen (Natursande) als auch Sande mit breiten Verteilungen und kantigen Kornformen (Brechsande) die gleiche Packungsdichte erreichen. Weiterhin zeigen die rheologischen Parameter Fließgrenze und plastische Viskosität starke Abhängigkeiten von der Oberflächenrauigkeit der Sandpartikel. Je rauer die Sande sind, desto schlechter ist das Fließverhalten. Es konnte herausgearbeitet werden, dass sich im Bereich bestimmter Packungsdichten und Kornrauigkeiten ein Verarbeitungsfenster für die Sande ergibt.

Die gewonnenen Ergebnisse sind für eine abschätzende Vorausbestimmung der Verarbeitbarkeit von Mörteln, insbesondere beim Einsatz von Brechsanden oder Mischungen aus Natur- und Brechsanden, geeignet.

Poster

Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung von Schwergewichtssteinen unter Maximierung des Anteils an Recycling-Baustoffen als ressourcensparende Verwertungslösung

Müller, Anette; Weiß, Adriana

Bauhaus-Universität Weimar, Professur Aufbereitung von Baustoffen und
Wiederverwertung

1 Ausgangssituation

Nach den Ergebnissen der Umweltstatistikerhebung [1] betrug die Menge an mineralischen Bauabfällen in Deutschland im Jahr 2004 200,7 Mio. t. Hiervon stellte Bodenaushub mit 128,3 Mio. t (63,9 %) den größten Anteil dar, gefolgt von Bauschutt mit 50,5 Mio. t (25,2 %), Straßenaufbruch mit 19,7 Mio. t (9,8 %) und Baustellenabfällen mit 1,9 Mio. t (0,9 %) sowie Bauabfällen auf Gipsbasis mit 0,3 Mio. t (0,2 %).

Die Recyclingquote für den Bereich Bauschutt lag seit Mitte der neunziger Jahre relativ konstant zwischen 68 und 73 %, wobei die Verwertung nahezu vollständig im Tiefbaubereich erfolgt. Weniger als 5 % wird einem höherwertigen Recycling im Hochbau zugeführt. Dies geschieht vor allem durch den Einsatz der groben Kornfraktionen als sekundäre Zuschlagstoffe im Beton. Bis zu einem Drittel des Bauschutts wird gar nicht verwertet, sondern zur Verfüllung von Abgrabungen oder für den Deponiebau verwendet. In Zukunft werden die letztgenannten Einsatzgebiete jedoch insbesondere durch gesetzliche Vorgaben immer stärker eingeschränkt beziehungsweise ganz entfallen.

Vor dem Hintergrund des Nachhaltigkeitsgedankens, des Anstiegs des Erschließungsaufwands für Primärrohstoffe und eines zweifelsfrei in Zukunft knapper werdenden Deponieraums ist eine hohe Recyclingquote auch für Bauschutt als mengenmäßig größten Abfallstrom anzustreben.

2 Neue Verwertungswege für Mauerwerkbruch in RC - Blockmodulen

Das Ziel der Forschungsarbeit ist es, eine Rezeptur für Beton-Blockmodule mit einem möglichst hohen Anteil an RC-Material zu entwickeln sowie einen Technologievorschlag für das gesamte Herstellungsverfahren von der erforderlichen Aufbereitung bis zum Einsatz beim Kunden zu erarbeiten. Im Unterschied zur bisherigen Vorgehensweise bei der Betonherstellung unter Verwendung von Rezyklaten sollen

- RC-Körnungen aus Mauerwerkbruch sowie
- RC-Körnungen sowohl im Splitt-Bereich > 2 mm als auch im Sandbereich < 2 mm und im Mehlkornbereich

zum Einsatz kommen.

Beton-Blockmodule (Bild) sind quaderförmige Bauelemente, welche übereinander gestapelt zu Wänden für Schüttgutboxen aufgebaut werden können. Schwergewichtsblöcke werden oft in einem Baukastensystem angeboten, mit welchen verschiedene Wandformen, -höhen und Ecklösungen realisiert werden können. Als Beispiele können die Fabrikate FCN Boxen- und Schwergewichtssteine, Legio®block, 2MixZ MixModule und MULTIBLOC - Sicherheits-Systemsteine dienen [3, 5, 6, 7].

Die Blockmodule werden einfach auf einem festen Untergrund versetzt. Fundamente oder Stahlpfeiler entfallen. Mit wenigen Steinformaten im Verbundsatz lässt sich beinahe jede gewünschte Wandform realisieren. Boxengrößen und Formen sind damit äußerst variabel und lassen sich dem jeweiligen Bedarf anpassen. Ebenso können Standortwechsel leicht realisiert werden.

Bild: Blockmodule der Fa. B&V Apolda



Die Herstellung von Schwergewichtsblöcken basiert in der Regel auf natürlichen Zuschlägen. Regional werden sie vereinzelt auch aus Recycling-Baustoffen angeboten, beispielsweise als Twinblock [8] oder als tecSton® [4]. Im Unterschied zu dem Entwicklungsziel dieses Projektes wird bei diesen Steinen nur ein Teil des verwendeten Zuschlags durch einen Recycling-Baustoff ersetzt. Außerdem kommen dabei nur RC-Baustoffe aus Betonbruch zum Einsatz.

3 Bisherige Ergebnisse

- Anteil und Korngröße des RC-Materials beeinflussen alle hier untersuchten technologischen Eigenschaften.
- Wie die Druckfestigkeit sinkt auch die Betonrohddichte mit zunehmendem Gehalt an rezyklierter Gesteinskörnung. Ursache sind die geringeren Kornrohddichten der rezyklierten Gesteinskörnungen, die Porosität der RC-Körnungen und die geringere Kornfestigkeit.
- Beim Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel scheint die Kornporosität ebenfalls eine wichtige Einflussgröße zu sein. Eine hohe Kornporosität verhilft hier zu besserer Frostbeständigkeit.
- Aufgrund der Gegenläufigkeit der Wirkungen kann keine für alle Einsatzbedingungen geeignete Betonzusammensetzung angegeben werden. Vielmehr muss die Betonzusammensetzung an die jeweiligen Einsatzbedingungen angepasst werden. Die Verwendung der entwickelten Rezepturen für andere Anwendungen z.B. als Füllbeton oder Sohlenbeton wäre denkbar.

4 Literatur

- [1] ARGE Kreislaufwirtschaftsträger Bau [Hrsg.], Monitoring-Berichte Bauabfälle 1 bis 5, Arbeitsgemeinschaft Kreislaufwirtschaftsträger Bau, Berlin, 1996 bis 2004.
- [2] Frank Roos: Ein Beitrag zur Bemessung von Beton mit Zuschlag aus rezyklierter Gesteinskörnung nach DIN 1045-1. Dissertation TU München, 2002.
- [3] FCN Boxen- und Schwergewichtssteine. <http://www.nuedling.de>
- [4] tecSton®. <http://www.rhein-main-umwelt.de>
- [5] MULTIBLOC - Sicherheits- Systemsteine. <http://www.multibloc.de>
- [6] Legio@block. <http://www.legioblock.de>
- [7] 2MixZ MixModule. <http://www.2mixz.de/>
- [8] Twin-Block. <http://www.twinbloc.de>

Poster

Recycling von Epoxid-Kompositen durch mechanische Trennung**Wilkens, Markus; Reinsch, Edith; Peuker, Urs**

Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik,
TU Bergakademie Freiberg

Das Ziel des Recyclings von Epoxid-Kompositen ist die Anreicherung von wertvollen Metallen wie Kupfer, Silber, Gold und Palladium, um deren wirtschaftliche Rückgewinnung in entsprechenden metallurgischen Prozessen zu ermöglichen.

Die im Wesentlichen auf Zerkleinerungs- und Sichtprozessen beruhenden aktuellen Verfahren können ca. 85 % des im Eingangsmaterial enthaltenden Kupfers der Rückgewinnung zuführen. Der momentan nicht verwertbare Rückstand besteht aus zerkleinerten Glasfasern, flammgeschütztem Epoxidharz und verschiedenen Metallen.

Zur langfristigen Sicherung der Entsorgung des Rückstandes, sowie zur Steigerung der ökonomischen und ökologischen Effizienz des bestehenden mechanischen Recyclingverfahrens werden im Rahmen des hier beschriebenen Projektes die Grundlagen für ein Verfahren zur Verwertung des Epoxidharzes entwickelt. Das Ziel ist ein rohstoffliches Recycling des Epoxidharzes sowie eine Gewinnung der im mechanischen Prozess nicht abgetrennten Metalle.

Die mechanische Abtrennung des Kupfers, zur Erhöhung der Kupferausbeute, wird mit einem Setzherd erreicht. Dadurch kann die Kupferausbeute auf insgesamt 97 % gesteigert werden. Des Weiteren erfolgen Untersuchungen zur Mahlung und Klassierung des Glasfaser-Polymergemisches mit dem Ziel der Abtrennung des Polymers von den Glasfasern. Hierbei zeigt sich unter Verwendung einer Scheibenschwingmühle eine zufriedenstellende Trennung zwischen Polymer und Glasfaser.

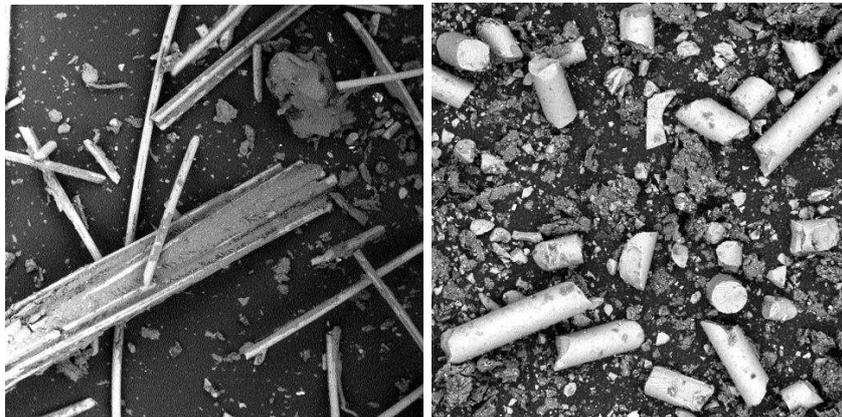


Bild: REM-Aufnahmen von Epoxidharz-Kompositen;
links: Aufnahme des Grundmaterials aus der Kupferabtrennung;
rechts: In der Topfschwingmühle beanspruchtes Komposit

Es kann ein Freilegen der Glasfasern von der Polymerstruktur beobachtet werden, bei gleichzeitiger weiterer Zerkleinerung der Gesamtstruktur. Hierdurch wird die anschließende Trennung zwischen Polymer und Glasfasern erschwert, was weiteren Forschungsbedarf darstellt.

Poster

Charakterisierung des Gefährdungspotentiales bei der Zerkleinerung Li-haltiger Batterien und Akkumulatoren

Schmatz, C.; Lindner, M.; Jäckel, Hans-Georg; Peuker, Urs A.

Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik,
TU Bergakademie Freiberg

Li-haltige Gerätebatterien und Akkumulatoren haben sich in neuerer Zeit als universelle und leistungsfähige Energiespeicher für netzunabhängige technische Gebrauchsgüter aller Art (insbes. Handys, Fotoapparate, Laptops, Heimwerkerelektrogeräte u.a.) eingeführt. Als Gerätebatterien werden diese nach Vollendung ihres Lebenszyklusses wie die älteren Batterie- und Akkutypen auch im Rahmen moderner Sammelsysteme (u.a. GRS) erfasst und einer Verwertung zugeführt. Einer konventionellen Verwertung steht allerdings das erhöhte Gefährdungspotential der Li-Akkus entgegen, welches aus der Reaktivität der Li-haltigen Komponenten resultiert. Aus diesem Grund werden die Li-haltigen Energiespeicher gegenwärtig aussortiert und speziellen Verwertungsszenarien zugeführt.

Im Rahmen einer Projektarbeit wurde ein Überblick über die Aufkommenssituation Li-haltiger Batterien/Akkus in einem ausgewählten Anfallgebiet (TU Bergakademie Freiberg) erarbeitet, wobei die folgenden Schwerpunkte Berücksichtigung fanden:

- a) Durchführung einer repräsentativen **Sortieranalyse** mit GRS-Sammelware (TU BAF) zur Charakterisierung des Aufkommens der Li-haltigen Batterie-/ Akkutypen
- b) **Charakterisierung der Restladungen** der Li-haltigen Gerätebatterien/Akkus (aus TU BAF-Sortieranalyse)
- c) Untersuchungen zur **Charakterisierung des Gefährdungspotentials** Li-haltiger Akkus bei mechanischer Beanspruchung in Abhängigkeit von der Restladung

Im Ergebnis der Projektarbeit konnte anhand einer Großprobe von ca. 250 kg der prozentuale Anteil von Li-haltigen Batterien/Akkus ermittelt werden. Dies lässt Rückschlüsse auf die aktuell zu erwartenden bzw. voraussichtlichen Anfallmengen zu. Die Charakterisierung ihres Ladungszustandes war Voraussetzung für die gemeinsam mit dem IBExU Freiberg durchgeführten Untersuchungen zur Abschätzung des Gefährdungspotentials bei der Zerkleinerung ohne thermische Vorbehandlung. Die Untersuchungen ergaben einen unmittelbaren Zusammenhang zwischen Restenergiegehalt und Gefährdungspotential.

Poster**Verfahrensentwicklung zur Aufbereitung von schwermetallhaltigen Abwässern mittels selektiv wirkender Polyelektrolyte****Martha Gellner¹, Simona Schwarz¹, Gudrun Petzold¹, Annett Paleit²**¹ Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V.² UVR-FIA GmbH Freiberg

Die Abtrennung von Schwermetallen, die nicht biologisch abbaubar, toxisch und kanzerogen sind, aber andererseits wertvolle Rohstoffe darstellen, ist sowohl aus ökologischen als auch aus ökonomischen Gründen notwendig. Bisher konzentrierte sich die Forschung auf die Entfernung von Schwermetallionen aus Trink- oder Brauchwässern, meist ohne eine weitere Verwertung der abgetrennten Metalle, da die vorliegenden Konzentrationen sehr gering waren. Heute, bei wachsendem Verbrauch und steigenden Weltmarktpreisen der Schwermetalle und der Verknappung der wertvollen Rohstoffe ist es notwendig, effiziente Strategien zur Aufbereitung und anschließenden Wiederverwertung von Schwermetallen zu entwickeln. Ziel der Arbeiten ist es, ein optimiertes effizienteres Verfahren zur selektiven Aufbereitung von schwermetallhaltigen Suspensionen, auch bei geringen Metallgehalten, zu erarbeiten. Die Ausnutzung neuartiger Trenneffekte mit natürlichen und synthetischen Polyelektrolyten und Polyelektrolytkomplexen steht dabei im Mittelpunkt der Arbeiten. Im Falle von noch notwendigerweise zu deponierenden Schlämmen soll durch Anwendung der oben genannten Polymere eine drastische Reduzierung der Schlammvolumina durch eine bessere Entwässerung der Schlämme erreicht werden. Dies führt zu einer deutlichen Einsparung von Deponiekosten.

Die Abtrennbarkeit von Metallionen (z.B. Kupfer) aus Lösungen mit Hilfe kommerziell verfügbarer Polyanionen (z.B. Polyacrylsäure) konnte nachgewiesen werden. Anhand einer Kupfersulfatlösung konnte gezeigt werden, dass die Abtrennung mittels Polyacrylsäure möglich ist. Entscheidende Parameter für die Abtrennung sind neben der optimalen Polymermenge, die Konzentration der Ionen und der pH-Wert der Lösung. Das ausgeflockte Kupfer befindet sich im Sediment, dessen Packungsdichte bzw. Wassergehalt wird stark von den Bedingungen (pH-Wert, Ionenstärke) und den Polymereigenschaften (Ladungsdichte, Molmasse) beeinflusst. Zur Charakterisierung der Abtrennung bzw. der Sedimenteigenschaften stehen verschiedene Methoden zur Verfügung, insbesondere die Zentrifugal-Separations-Analyse (Photozentrifuge LUMiSizer[®]).

Poster**Kombination von Flockungsmitteln mit thermosensitiven Polymeren zur Bildung kompakter Sedimente****Simona Schwarz¹, Sandra Ponce-Vargas², Angel Licea²**¹ Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V.² Instituto Tecnológico de Tijuana, Centro de Graduados e Investigación, Mexico.

Wechselwirkungen von wasserlöslichen Polymeren mit gelösten Ionen, kolloidalen Partikeln und makroskopischen Substraten sind die Grundlage zahlreicher technischer Anwendungen. So ermöglichen wasserlösliche Polymere die Modifizierung der Oberflächen von Partikeln, Fasern und planaren Gebilden hinsichtlich ihrer Ladung und Benetzbarkeit (Hydrophobie/Hydrophilie). Während die Adsorption von wasserlöslichen Polymeren auf Oberflächen hinreichend untersucht wurde, gibt es nur wenige Arbeiten zu wasserlöslichen schaltbaren Polymeren und deren Wechselwirkungen in Dispersionen.

Sogenannte sensitive Polymere reagieren auf ihre Umgebungsparameter wie die Temperatur oder den pH Wert. Bereits kleine Änderungen in der Temperatur oder des pH Wertes können dramatische Auswirkungen auf das Lösungsverhalten bzw. andere Funktionalitäten haben, die eine scharfe Änderung der physikalischen bzw. chemischen Eigenschaften des Polymers hervorrufen. Wird der kritische Wert eines Parameters erreicht, kommt es beim sensitiven Polymer in Lösung zu einer Trübung durch die eintretende Phasenseparation, bei oberflächengebundenen Polymeren in einer Schicht zum Kollabieren und damit zur Abgabe des Lösemittels. Damit ändern sich die Grenzflächeneigenschaften.

Ziel dieser Arbeiten ist es, ein kompaktes Sediment mittels einer Kombination von Flockungsmitteln und thermosensitiven Polymeren zur energieeinsparenden Weiterverwertung zu erzeugen. Untersucht wird die herkömmliche Flockung unter Bildung eines Sedimentes unter Zusatz eines zweiten wasserlöslichen thermosensitiven Polymers, das seine Struktur in Abhängigkeit von der Temperatur ändert. Diese Strukturänderung in Form einer Knäuelbildung führt zu einer schnelleren Sedimentation in Verbindung mit einem kompakteren Sediment. Das Sediment enthält weniger Wasser und führt so zu einer Energieeinsparung bei einer Verbrennung (z.B. Klärschlamm) oder bei einer Trocknung des Sediments. Jedes Prozent Wasser, das in der Flocke verringert werden kann, führt zu einer immensen Energieeinsparung.

Kolloidale Dispersionen von Silika und Kaolin werden in Gegenwart von Flockungsmittel (Chitosan) und schaltbaren Polymeren (Poly(N-vinylcaprolactam)) untersucht. Die Dispersionen werden nach Ladung, Größe und Stabilität in Abhängigkeit von der Temperatur und des Feststoffgehaltes des Sedimentes charakterisiert.

Firmenpräsentationen



Industrievertretung der Fa. Eirich:

Ingenieurbüro Dill, Misch- und Verfahrenstechnik

Dipl.-Ing. Stefan Dill
 Wackenroder-Str. 14
 07745 Jena
 Telefon 03641 / 347 347
 Telefax 03641 / 347 346
 E-Mail: stefan.dill@ingenieurbuero-dill.de

Die Unternehmen der Eirich-Gruppe sind Anbieter von Maschinen, Anlagen und Dienstleistungen für die Aufbereitung von schütffähigen Stoffen, Schlickern und Schlämmen. Die Schwerpunkte liegen bei kontinuierlichen und diskontinuierlichen Prozessen zu <http://www.eirich.de/de/mischprinzip> Mischtechnik, Granulieren/Pelletieren, Trocknen und Feinmahltechnik. Hauptanwendungsgebiete sind Beton, Trockenmörtel, Putze, Baumarktprodukte, Kalksandstein, Keramik, Feuerfest, Glas, Kohlenstoffmassen, Reibbeläge, Akku- und Batteriemassen, Metallurgie, Gießereiformsand und der Umweltschutz. Die enge Kooperation unserer eigenen Technikzentren weltweit und die Zusammenarbeit mit Forschung und Lehre sind Basis für die Entwicklung innovativer, wirtschaftlicher Produkte und Verfahren.

Die komplette Lösung aus einer Hand

Aus einer Hand bedeutet beim Anlagenbau mit Eirich tatsächlich nur ein Partner - aber mit einem deutlichen Mehr an Leistungen, als ein "normaler" Anlagenbauer bieten kann. Jeder Investor kann ein Leistungsspektrum in Anspruch nehmen, das ihn von der ersten Idee bis zur Inbetriebnahme – und darüber hinaus – begleitet.

Verfahren Engineering Maschinen und Geräte Service
 Eirich bietet Anlagenkonzepte für alle genannten Bauvorhaben mit einer geringst möglichen Anzahl von organisatorischen Schnittstellen. Das sichert eine sehr effiziente Projektabwicklung, die von der Planung bis zur Inbetriebnahme durchgängig realisiert werden kann. Gleichzeitig wird damit ein weltweit gültiger Qualitätsstandard gesichert.

Eirich ist in der Lage, wenn die Voraussetzungen vor Ort es möglich machen, völlig neue Technologien auch bei laufendem Betrieb zu installieren. Die Nutzung zeitgemäßer Anlagen-Modultechnik bietet darüber hinaus zusätzliche Vorteile, die den Aufwand für Montage- und Inbetriebnahme drastisch reduzieren können.





Mühlenauskleidungen aus Spezialgummi

REMAMILL

REMA TIP TOP GmbH – Poing, Gruberstr. 63, 85586 Poing

Mühlenspanzerungen aus Gummi

Gummi erweist sich bei der Zerkleinerung von mineralischen Rohstoffen in Rohrmühlen immer mehr als idealer Verschleißschutz. Denn dieser hochmoderne Hightech-Werkstoff bietet gleich mehrere wesentliche Pluspunkte: mehr Wirtschaftlichkeit, sehr hohe Effektivität bei den meisten mahltechnischen Anforderungen und deutliche Lärmreduzierung.

REMAMILL Mühlenauskleidungen passen wir individuell an die Betriebsbedingungen an. Dieses Design reduziert die Kosten für Energie und Verschleiß und erhöht damit die Produktivität. Unser Produkt aus dem hochverschleißfesten Werkstoff REMALINE 70 bürgt für eine hohe Lebensdauer.

Charakteristische Merkmale von REMAMILL Mühlenauskleidungen

Mit Gummi entscheiden Sie sich für einen Werkstoff voll positiver Eigenschaften. Er unterscheidet sich von anderen Materialien durch die Fähigkeit auf äußere Krafteinwirkung elastisch zu reagieren. Gummi hat ein geringes, spezifisches Gewicht und ist beständig gegen die meisten Prozesswässer. Zudem weist er deutliche Vorteile bei extrem harten und abrasiven Materialien auf, vor allem gegenüber herkömmlichen Werkstoffen wie Stahl.

Darüber hinaus bietet der Einsatz von **REMAMILL** Mühlenauskleidungen eine Vielfalt weiterer Vorteile:

- Individuell an mahltechnische Erfordernisse angepasstes Design
- Steigerung der Leistung (Mahlfeinheit, Durchsatz)
- Absolute Betriebssicherheit und damit hohe Verfügbarkeit
- Lärmmindernd
- Geringes Gewicht
- Einfach, schnell und sicher zu montieren
- Wirtschaftlicher im Vergleich zu Stahlauskleidungen





SIBRA Tec GmbH, Untermainanlage 7, D-60329 Frankfurt,

Fon +49 69 271 39 74-30, Fax +49 69 271 39 74-10, E-Mail: info@sibra-tec.de

SIBRA-Tec steht für **Knowledge Engineering**. Das bedeutet, wir nutzen unsere langjährigen Erfahrungen als Ingenieure, um für unsere Kunden optimale Lösungen zu erarbeiten.

Lösungen, die mit intelligent eingesetzter Technik ihre Anlagen optimieren und die Wertschöpfung steigern. Knowledge Engineering bedeutet aber auch, dass wir immer die für unsere Kunden genau passende Lösung suchen.

Als ein führendes Ingenieur-Unternehmen erarbeiten wir bei SIBRA-Tec Lösungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette im Bereich Rohstoffe und Bergbau. Wir sind aufgrund genauer Kenntnis der Bedingungen in der Lage, Anlagen auch für extremste Umgebungen zu planen, zu projektieren und zu bauen. Immer auf dem neuesten Stand, immer mit hoher Qualität. Damit unsere Kunden wachsen können. Unsere Leistungen bieten wir nahezu allen Branchen und Industrien im Bereich Bergbau und Rohstoffe an. Das SIBRA-Tec Team kann zahlreiche gute Kontakte und Expertisen u. a. aus folgenden Bereichen nachweisen:

- Zementindustrie
- Kohlebergbau
- Steine und Erden
- Erzbergbau
- Mineralien

Neben Beratung und Engineering-Dienstleistungen zählen zu unserem umfangreichen Leistungskatalog u. a.

- Planen, Projektieren und Bauen neuer Anlagen, Modernisieren und Erweitern bestehender Anlagen
- Herstellen von Siebmaschinen, Förderbaumladern und Untertageladern
- Herstellen mobiler Aufbereitungsanlagen
- hochmoderne Technologien zur Trennung von Primär- und Sekundärrohstoffen
- technischer Einkauf, Vermitteln von Industriekapazitäten, z. B. Rohstoffverkauf, Stahlbau für Anlagen.



EUROFINS Umwelt Ost GmbH Niederlassung Freiberg

OT Tuttendorf, Gewerbepark „Schwarze Kiefern“ D-09633 Halsbrücke

- Feststellung, Messung und Bewertung von Umweltbelastungen in Boden, Wasser, Luft, Reststoffen ...
- Risikobewertung und Beratung zur umweltrelevanten Wirkung von Schadstoffen, Altlastenerkundung, Ökotoxikologie,
- Beratung zum Umwelt- und Qualitätsmanagement, Umweltverträglichkeitsprüfungen
- Messung von Emissionen und Immissionen nach BImSchG, Genehmigungsverfahren, Emissionserklärungen
- Untersuchungen zum landwirtschaftlichen Boden-, Gewässer- und Verbraucherschutz
- Flüssigproduktanalysen, Brennstoff- und Ascheanalytik
- Komplexe Prozess- und Versuchsbegleitung



Umweltanalytik aus einer Hand:

- Wissenschaftliche Expertise
- Langjährige Erfahrung
- Kompetente Beratung
- Zuverlässige Ergebnisse zeitnah
- Ganz in Ihrer Nähe

Eurofins Umwelt – Ihr Laborpartner mit über 25.000 Analysemethoden weltweit!

eurofins Umwelt
E-Mail: info@eurofins-umwelt.de
Internet: www.eurofins-umwelt.de
Telefon: 02834 | 607 129

SECOPTA

laser based sensor systems

Ostendstrasse 25 / Haus 4

12459 Berlin, Germany

e-mail: info@secopta.de

web: www.secopta.de

<http://www.secopta.de/>



Wir bieten unseren Kunden komplette Systemlösungen für die automatisierte Analytik in individuellen Applikationen. Die Analyse kann direkt im laufenden Prozess erfolgen: online, onsite und insitu. Die möglichen Anwendungsfelder reichen von der Rohstoffgewinnung und -anreicherung über die industrielle Prozesskontrolle bis zur Aufbereitung von Sekundärrohstoffen. Auch Fragestellungen der Umweltanalytik und der Gefahrstofferkennung können beantwortet werden. Schildern Sie uns Ihre Anwendung und senden Sie uns Proben für kostenlose Voruntersuchungen in unserem Anwenderlabor. Gerne offerieren wir Ihnen Lösungen auf Basis unserer Standardsysteme oder suchen gemeinsam mit Ihnen nach individuellen Realisierungsansätzen.



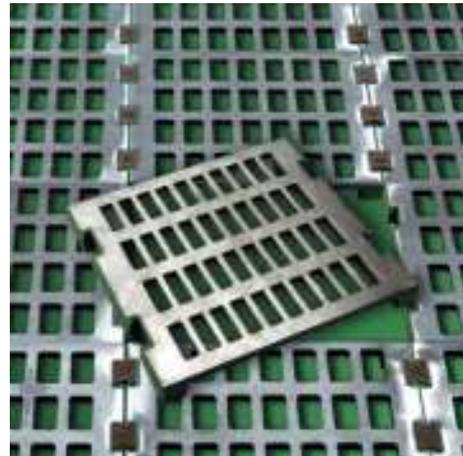
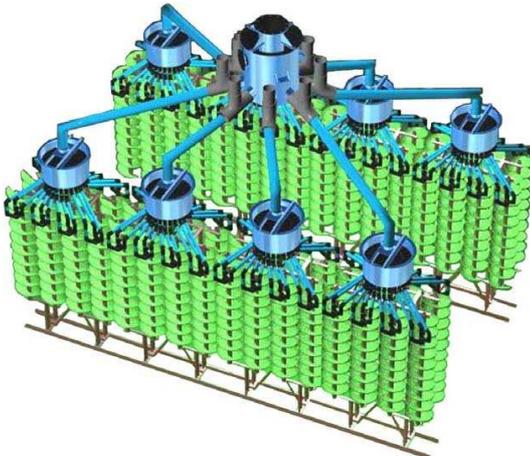
MULTOTEC

Head Office: 28 Forge Road, SPARTAN, Johannesburg, South Africa, P O Box 224
KEMPTON PARK 1620, Tel: +27 (11) 923-6000, Fax: +27 (11) 394-5099/8701
email: marketing@multotec.co.za

Solutions <http://www.multotec.com/content/solutions>

Multotec Solutions provides a vast range of solutions for the mining, mineral beneficiation and power generation industries. These include:

- [Screening and Flotation Solutions](#)
- [Process Equipment Solutions](#)
- [Solid / Liquid Separation Solutions](#)
- [Rubber Wear Solutions](#)
- [Wear Lining Solutions](#)
- [Conveyor Belt Fastening Solutions](#)



Derrick Corporation

Europe and North Africa

Dipl.-Ing.: Uwe Bruder

Mühlweiherstraße 2

92242 Hirschau

Germany

Phone: +49 (0) 9622 7190 268

Mobile: +49 (0) 160 89 51 589

Fax: +49 (0) 9622 7190 269

Email: derrickeu@derrickcorp.com

Derrick Hochgeschwindigkeits-Siebmaschinen für Nass- und Trockenanwendungen, sind weltweit anerkannt für ihre hohen Leistungen und überragenden Trenngütern. Bestens bekannt für unerreichte Fertigungsqualität und vielfältige Einsätze im Bergbau, in der Chemie und sonstigen Industrie, steht Derrick bereit, auch Ihre Separier-Probleme zu lösen.



Derrick Corporation Headquarters - Buffalo, New York USA

Adressen der Autoren der Tagung "Aufbereitung und Recycling"

Dr.-Ing. Henning Morgenroth, UVR-FIA GmbH, Chemnitzer Str. 40, 09599 Freiberg, E-Mail: morgenroth@uvr-fia.de, www.uvr-fia.de

Dr. Sandra Birtel, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mineralogie, Brennhausgasse 14, 09596 Freiberg, E-Mail: sandra.birtel@mineral.tu-freiberg.de

Dipl.-Ing. Thomas Leißner, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik, Agricolastraße 1, 09599 Freiberg/Sachsen, E-Mail: thomas.leissner@mvtat.tu-freiberg.de

Dr. Michael Trinkler, Erz & Stein Gesellschaft für Lagerstätten- und Rohstoffberatung bR, 09627 Bobritzsch, Talstr. 31
E-Mail: erz-und-stein@web.de

Dipl.-Geol. Dirk Sandmann, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mineralogie, Brennhausgasse 14, 09596 Freiberg,
E-Mail: dirk.sandmann@mineral.tu-freiberg.de

Bernd Bohle, Multotec Process Equipment (Pty) Ltd, P.O. BOX 224, Kempton Park 1620, Südafrika, E-Mail: mpe@multotec.co.za

Dipl.-Ing. Christine Bauer-Vasko, Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung, Montanuniversität Leoben, Franz-Josef-Straße 18, 8700 Leoben, Österreich
E-Mail: Christine.Bauer-Vasko@unileoben.ac.at

Prof. Dr. Helmut Flachberger, Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl Aufbereitung und Veredlung, Franz-Josef-Str. 18, A-8700 Leoben,
E-Mail: Helmut.Flachberger@mu-leoben.at

Dipl.-Ing. Mirko Landmann, IFF – Institut für Fertigteiletechnik und Fertigbau Weimar e. V., Forschungsbereich Baustoffe, Über der Nonnenwiese 1, 99428 Weimar
E-Mail: m.landmann@iff-weimar.de

Prof. Dr. Dr. Karl J. Thomé-Kozmiensky, Dorfstr. 51, 15816 Nietwerder,
E-Mail: TK-Verlag@vivis.de

Prof. Dr.-Ing. Sylvia Schade-Dannewitz, Fachhochschule Nordhausen, Fachbereich Ingenieurwissenschaften, Professur Umwelttechnik und Thermodynamik Weinberghof 4, 99734 Nordhausen, E-Mail: schade@fh-nordhausen.de

Yvonne Schockert, RWTH Aachen, Institut für Aufbereitung und Recycling, Wüllnerstr. 2, 52062 Aachen, E-Mail: schockert@ifa.rwth-aachen.de

Dipl.-Ing. Thomas Schnellert, Dr.-Ing. Elske Linß, Bauhaus-Universität Weimar, Coudraystraße 7, 99423 Weimar, E-Mail: thomas.schnellert@uni-weimar.de

Dipl.-Ing. Thilo Lehmann; Volkmar Obst, LEHMANN Maschinenbau GmbH,
Jocketa – Bahnhofstraße 34, 08543 Pöhl,
E-Mail: anfrage@lehmann-maschinenbau.de

Dr. Omarov, Azamat; Prof. Dr. Jürgen Tomas, Otto-von-Guericke-Universität
Magdeburg, Institut für Verfahrenstechnik, Lehrstuhl für Mechanische
Verfahrenstechnik, Universitätsplatz 2, D-39106 Magdeburg, E-Mail:
azamat.omarov@ovgu.de; juergen.tomas@ovgu.de

Dr.-Ing. Mathias Trojosky, Allgaier Process Technology GmbH, Adolf-Saft-Str. 10,
73037 Göppingen, E-Mail: mathias.trojosky@allgaier.de, www.allgaier.de

Dipl.-Ing. Stefan Dill, Wackenroder-Str. 14, 07745 Jena,
E-Mail: stefan.dill@ingenieurbuero-dill.de

Dr.-Ing. Jürgen Stein, Hosokawa Alpine AG, Peter-Doerfler-Str. 13-25, 86199 Augsburg
E-Mail: j.stein@alpine.hosokawa.com

Thomas Mütze, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische
Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik, Agricolastraße 1, 09599 Freiberg,
E-Mail: thomas.muetze@mvtat.tu-freiberg.de

Markus Pohl, Dyckerhoff AG, Verfahrenstechnik, Biebricher Strasse 74, 65203
Wiesbaden, E-Mail: Markus.Pohl@dyckerhoff.com

Dipl.-Ing. Klöpffer, Johannes, REMA TIP TOP GmbH – Poing, Gruberstr. 63, 85586
Poing, E-Mail: johannes.kloepfer@tiptop.de

Dipl.-Ing. Gabi Seifert, Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen
F.A. Finger-Institut für Baustoffkunde, Arbeitsgruppe Recycling, Coudraystraße 7
99423 Weimar, E-Mail: gabi.seifert@uni-weimar.de

Dipl.-Ing. Silke Thümmler, UVR-FIA GmbH, Chemnitzer Straße 40, D – 09599
Freiberg, E-Mail: thuemmler@uvr-fia.de

Frank Dardemann, Loesche GmbH, Hansaallee 243, 40549 Duesseldorf,
E-Mail: Frank.Dardemann@loesche.de

Dr.-Ing. Andreas Jungmann, CALA Aufbereitungstechnik GmbH & Co. KG,
Eurode Park 1, 52134 Herzogenrath
E-Mail: a.jungmann@cala-aufbereitung.de

Dipl.-Ing. Kristin Cirar, Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung, Montanuniversität
Leoben, Fanz Josef Straße 18, A-8700, Leoben
E-Mail: kristin.cirar@unileoben.ac.at

Dipl.-Ing. Elisabeth Schmidt, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik, TU Bergakademie Freiberg, Agricolastraße 1, 09599 Freiberg, E-mail: Elisabeth.Schmidt@mvtat.tu-freiberg.de

Axel Ulbricht, Dr. Rudolf Becker-Kaiser, Eurofins Umwelt Ost GmbH, Niederlassung Freiberg, Gewerbepark "Schwarze Kiefern", D-09633 Halsbrücke OT Tuttendorf
E-Mail: AxelUlbricht@eurofins.de; rolfbeckerkaiser@eurofins.de

Dr. Christian Bohling, Secopta GmbH, Berlin, Ostendstr. 25 / Haus 4, 12459 Berlin, E-Mail: christian.bohling@secopta.de

Dr. Jens Hanisch, FAM Magdeburger Förderanlagen und Baumaschinen GmbH, Sudenburger Wuhne 47, 39112 Magdeburg PF 3540, 39010 Magdeburg
E-Mail: jens.hanisch@fam.de

Dipl.-Ing. Michael Bräumer, Ingenieurbüro für Aufbereitungstechnik, Gartenstr. 20, D-25557 Bendorf, E-mail: mb@mbb-separation.de

Dipl.-Ing. Marko Seidemann, Bauhaus-Universität Weimar, F.A. Finger-Institut für Baustoffkunde, Arbeitsgruppe Recycling, Coudraystraße 7, 99423 Weimar, E-Mail: marko.seidemann@uni-weimar.de

Adressen von Autoren der Poster

Dr.-Ing. Henning Morgenroth; Dipl.-Ing. Juliane Schaefer, UVR-FIA GmbH, Freiberg, Chemnitzer Str. 40, 09599 Freiberg, E-Mail: schaefer@uvr-fia.de

Dipl.-Ing. Anja Maul; Prof. Dr.-Ing. Thomas Pretz, Institut für Aufbereitung und Recycling RWTH Aachen Wüllnerstr. 2, 52062 Aachen, E-Mail: maul@ifa.rwth-aachen.de

Dr.-Ing. Edith Reinsch; Prof. Dr.-Ing. Urs A. Peuker, Institut MVT/AT TU Bergakademie Freiberg, Agricolastraße 1, 09599 Freiberg/Sachsen, E-Mail: edith.reinsch@mvtat.tu-freiberg.de

Dipl.-Ing. Katrin Ostheeren, Bauhaus - Universität Weimar, D 99421 Weimar, E-Mail: katrin.ostheeren@uni-weimar.de

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Horst-Michael Ludwig, Bauhaus - Universität Weimar, D - 99421 Weimar, E-Mail: Horst-michael.ludwig@uni-weimar.de

Dipl. Ing. Adriana Weiß, Bauhaus-Universität Weimar, Professur Aufbereitung von Baustoffen und Wiederverwertung E-mail: adriana.weiss@uni-weimar.de

Dr. Michael Trinkler, Erz & Stein Gesellschaft für Lagerstätten- und Rohstoffberatung bR, 09627 Bobritzsch, Talstr. 31 E-Mail: erz-und-stein@web.de

Dipl.-Ing. Markus Wilkens, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik, TU Bergakademie Freiberg, Agricolastr. 1, 09599 Freiberg E-Mail: Markus.Wilkens@mvtat.tu-freiberg.de

Dr. Hans-Georg Jäckel, IAM – Institut für Aufbereitungsmaschinen, Lampadiusstraße 4, 09599 Freiberg, E-Mail hjaeckel@iam.tu-freiberg.de

Dr. Simona Schwarz, Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V., Hohe Straße 6, 01069 Dresden, E-Mail: simsch@ipfdd.de

Dipl. Chem. Annett Paleit, UVR-FIA GmbH Freiberg, Chemnitzer Str. 40, 09599 Freiberg, E-Mail paleit@uvr-fia.de

Sandra Ponce-Vargas, Angel Licea, Instituto Tecnológico de Tijuana, Centro de Graduados e Investigación, A.P. 1166, 22000 Tijuana, B.C., Mexico.

Arbeitsgebiete der UVR-FIA GmbH Freiberg

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 und sich 2010 zur **Gesellschaft für Verfahrenstechnik UVR-FIA e. V. Freiberg** fusioniert haben.

Das 1954 gegründete Forschungsinstitut für Aufbereitung Freiberg war bis 1991 das führende Zentrum auf dem Gebiet der Aufbereitung von Primär- und Sekundärrohstoffen, von chemischen Produkten und der 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 mechanischen Verfahrenstechnik, der Aufbereitung und des Recyclings von Roh-, Bau- und Hilfsstoffen einschließlich hierzu angewandter Untersuchungsmethoden und der Charakterisierung von Stoffen.

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

Neben direkt von der Industrie finanzierten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sowie Dienstleistungen im Auftrag unserer Partner aus der Industrie und von Forschungseinrichtungen wird eine Reihe von Projekten, die von BMBF, BMWI, Bundesumweltstiftung und anderen Projektträgern gefördert werden, bearbeitet.

Vorankündigung der Jahrestagung 2012

Die nächste Vortragsveranstaltung unter dem Leitthema:

Aufbereitung und Recycling

findet voraussichtlich am 07. und 08. November 2012

bei der UVR-FIA GmbH Freiberg statt.

Terminplan

- Ende April 2012: **Einladung mit der Aufforderung zur Voranmeldung und zur aktiven Teilnahme mit Vorträgen**
- Ende Juli 2012: **Registrierung der Voranmeldungen und Fertigstellung des Tagungsprogramms**
- Ende August 2012: **Versand der Einladung mit Tagungsprogramm und der Anmeldung für Poster und Präsentationen**
- Ende September 2012: **Schlusstermin der Einreichung der Vortragskurzfassungen**

Es sind wieder mündliche Vorträge, Poster und Firmenpräsentationen vorgesehen.

Veranstalter:

"Gesellschaft für Verfahrenstechnik UVR-FIA e. V. Freiberg"

Tagungsorganisation:

UVR-FIA GmbH
Chemnitzer Str. 40
09599 Freiberg
Telefon 03731 1621256
Fax 03731 1621299
E-Mail: info@uvr-fia.de
Internet: www.uvr-fia.de