

Tagung 2017

„Aufbereitung und Recycling“

8. und 9. November 2017
Freiberg

Tagungsband

Veranstalter:



GESELLSCHAFT FÜR VERFAHRENSTECHNIK
UVR-FIA e.V. FREIBERG

Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
BERGAKADEMIE FREIBERG

Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.

Schwerpunkte der Tagung sind:
Mineralische Rohstoffe – Wertstoffe aus Abfall

- A) Maschinen, Apparate und Sensoren**
- B) Aufbereitung primärer Rohstoffe**
- C) Aufbereitung sekundäre Rohstoffe/Recycling**

Inhalt Tagungsband:

	Seite
➤ Vortragsprogramm* (*Informationen zu den Autoren finden Sie bei den Kurzfassungen)	
• 8.11.2017 (Vormittag)	3
• 8.11.2017 (Nachmittag)	4
• 9.11.2017	5
➤ Kurzfassungen der Vorträge	6-12; 15-31
➤ Übersicht der Posteraussteller	13-14
➤ Kurzfassungen der Poster	32-46
➤ Übersicht Firmenpräsentationen	47
➤ Firmenpräsentationen	48-50

Programm

Uhrzeit		Mittwoch (Vormittag)	
8:00 bis 9:00 Uhr		<i>Registrierung</i>	<i>Seite Tagungsband</i>
9:00		<i>Begrüßung</i>	
9:15	V1	Untersuchungen zur Flotation und Dichtentrennung an Erzproben aus der Lagerstätte Hämmerlein-Tellerhäuser (Westerzgebirge) <u>Referentin:</u> Irina Bremerstein, UVR-FIA GmbH	6
9:30	V2	Feinmahlung von komplexen, feinkörnigen Erzen <u>Referent:</u> Markus Buchmann, TU BAF Institut für MVT/AT	7
9:45	V3	Flotationscharakteristika eines zinnhaltigen Skarnerzes aus der polymetallischen Komplexlagerstätte Hämmerlein im Erzgebirge <u>Referent:</u> Edgar Schach, HZDR - HIF	8
10:00	V4	Flotation of blended siliceous apatite ores flotation plan in <u>Referent:</u> Lu... <div style="border: 1px solid black; background-color: #f0e6e6; padding: 2px; display: inline-block; margin: 5px;">Vortrag wurde kurzfristig abgesagt</div>	9
10:25	Kaffeepause		
11:00	V5	Begrenzte Verfügbarkeit von Wasser? Erfahrungen mit dem trocken arbeitenden gravimetrischen Sortiergerät AKA-FLOW <u>Referent:</u> Robert Claußnitzer, AKW-Apparate + Verfahren GmbH	10
11:25	V6	Höherer Durchsatz und feinere Produkte durch Verschleißschutz bei Sichträdern mit ATP/NG-Technologie <u>Referent:</u> Dominik Knauer, Hosokawa Alpine AG	11
11:50	V7	Betriebserfahrungen zur Aufbereitung von Rohgipshaldenmaterial mit dem HAVER Friction-Clean <u>Referent:</u> Hagen Müller, Haver Engineering GmbH	12
12:15	P	jeder Posteraussteller stellt sein Poster in einem kurzen (2 Minuten) Vortrag vor	13-14
12:45	Mittagsimbiss - Posterschau		

Programm

Uhrzeit	Mittwoch (Nachmittag)		Seite Tagungsband
12:45	Mittagsimbiss - Posterschau		
14:00	V8	Windsichten als potentieller Prozessschritt beim Recycling von Hüttenwerksstäuben <u>Referent:</u> Christof Lanzerstorfer, FH Oberösterreich – Verfahrens- und Umwelttechnik, Campus Wels	15
14:25	V9	Innovatives Verfahren zur trockenmechanischen Rückgewinnung der NE-Metalle aus der MVA-Feinschlacke > 0,5 mm und Sortierung in eine sortenreine Leicht- und Schwermetallfraktion <u>Referent:</u> Ivan Züst, DHZ AG CH-Lufingen	16
14:50	V10	Erweiterter Fein-Prozess bei der Aufbereitung von ASR (Automobile Shredder Residue) <u>Referent:</u> René Dechange, JÖST GmbH + Co. KG	17
15:15	V11	Selective leaching of copper slag-tailings from Chile <u>Referent:</u> Carolina López, TU BAF Institut für Mineralogie	18
15:40	Kaffeepause		
16:10	V12	Charakterisierung eines zerkleinerten Mobiltelefons mittels Mineral Liberation Analysis (MLA) <u>Referent:</u> Dirk Sandmann, ERZLABOR GmbH i.G.	19
16:35	V13	Prozessoptimierte Beeinflussung der Stoffstromzuführung in Recyclinganlagen <u>Referent:</u> Alexander Feil, RWTH Aachen, I.A.R. Forschungsschwerpunkt CORSSNAV – Hochschule München	20
17:00	V14	ProRec – ein kompaktes Analysemodul zur schnellen und hoch ortsaufgelösten Stofferkennung mit Röntgenfluoreszenz für den Einsatz in Recycling und Rohstoffaufbereitung <u>Referent:</u> Marius Scheiner, Institut für angewandte Photonik e.V.	21
17:25	V15	Aufbereitung mit dem Lichtschwert - TOMRA's bahnbrechende Laser Sortiertechnologie ermöglicht das Erzeugen von hochreinen Quarzprodukten und die Bergevorabscheidung bei Quarz-assoziierten Golderzen <u>Referent:</u> Christopher Robben, TOMRA Sorting GmbH	22-23
19:15	<i>Abendveranstaltung im Schankhaus 1863 die Platzanzahl ist begrenzt – bitte vorher anmelden</i>		

Programm

Uhrzeit		Donnerstag	<i>Seite Tagungsband</i>
9:00	V16	Auslegung von FAM-Spezialhammermühlen zur Zerkleinerung und Trocknung von Schüttgütern <u>Referenten:</u> Jens Hanisch FAM Magdeburg Rüdiger Schramm	24
9:25	V17	Feinstvermahlung von Pyrolysekoks – Herausforderungen für die Anlagenauslegung <u>Referent:</u> Stefan Jäckel, Gebrüder Jehmlich GmbH	25
9:50	V18	Neuer Glanz für Kunststoffe - Werkstoffliches Recycling von Galvanikabfällen <u>Referenten:</u> Fabian Knappich, Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik IVV Dominik Knauer, Hosokawa Alpine AG	26
10:15	V19	Diskrete Element Methode - Simulation und Validierung für eine Hochdruck-Walzenmühle <u>Referent:</u> Luca Benvenuti, CADFEM GmbH	27
10:40	<i>Kaffeepause</i>		
11:10	V20	Comparing existing froth flotation models in a case study of a scheelite ore <u>Referentin:</u> Nathalie Kupka, HZDR - HIF	28
11:35	V21	Recovery of strategic metals with biotechnological processes <u>Referent:</u> Benedikt Hoffmann, B.R.A.I.N. AG	29
12:00	V22	Kompaktierung von Elektrodenfolien aus Lithiumionen-batterien <u>Referent:</u> Denis Werner, TU BAF Institut für MVT/AT	30
12:25	V23	Einflussgrößen der Selektiven Zerkleinerung bei Prallbeanspruchung <u>Referent:</u> Max Hesse, TU BAF Institut für Aufberei-tungsmaschinen	31
12:50		Offizielles Schlusswort	
13:00	<i>Mittagsimbiss</i>		
14:00 bis 15:30		<u>Besichtigungen</u> - UVR-FIA GmbH - HIF/HZDR - TU Bergakademie Freiberg	

Untersuchungen zur Flotation und Dichtentrennung an Erzproben aus der Lagerstätte Hämmerlein-Tellerhäuser (Westerzgebirge)	V1
<u>Irina Bremerstein</u>	
<i>UVR-FIA GmbH</i>	
Bremerstein (at) uvr-fia.de	

Die Zinn, Indium, Zink und Magnetit enthaltende Lagerstätte Hämmerlein-Tellerhäuser gehört zur Komplexlagerstätte Westerzgebirge. Die Lagerstätte ist neben anderen Gegenstand eines vom BMBF geförderten r4-Projektes (AFK Neue Strategien für die Aufbereitung von Komplexerzen heimischer Lagerstätten). Die Erkundungserlaubnis wird von der SAXORE Bergbau GmbH gehalten.

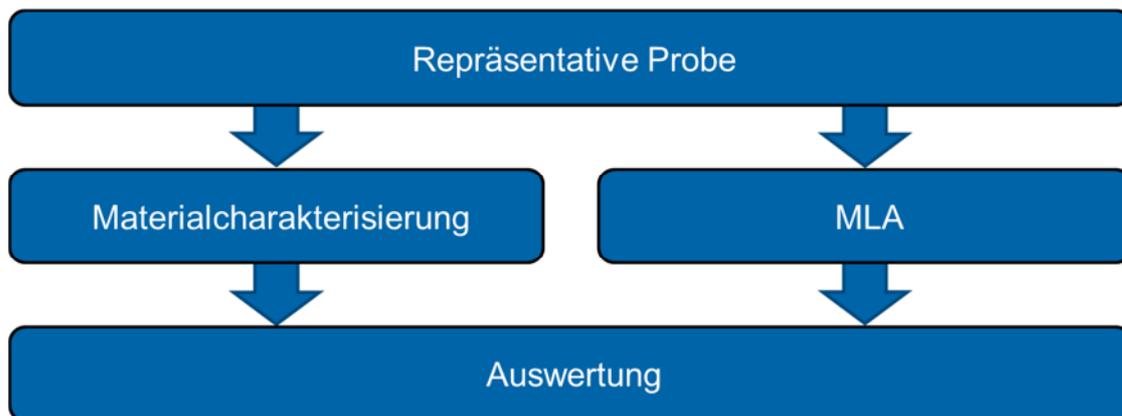
Im Rahmen des genannten Projektes wurden von SAXORE Bergbau GmbH Großproben von fünf verschiedenen Abbauorten in der Lagerstätte gewonnen und für Untersuchungen im Rahmen des Projektes zur Verfügung gestellt.

Aufgabe der UVR-FIA ist neben der Bereitstellung von voraufbereitetem Probenmaterial für die Projektpartner die Durchführung von Untersuchungen zum Zerkleinerungsverhalten, zur Magnetscheidung, Dichtesortierung und Flotation.

Thema des Vortrages werden Untersuchungsergebnisse zur Sulfid- und Kassiteritflotation sowie aus systematischen Untersuchungen an einer Sortierzentrifuge des Typs „Falcon“ sein.

Feinmahlung von komplexen, feinkörnigen Erzen	V2
Markus Buchmann ¹ , Karsten Großmann ¹ , Thomas Leißner ¹ , Marius Kern ² , Edgar Schach ² , Martin Rudolph ² , Irina Bremerstein ³ , Urs Peuker ¹	
¹ <i>Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik, TU Bergakademie Freiberg</i> ² <i>Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf</i> ³ <i>UVR-FIA GmbH, Freiberg</i>	
Markus.Buchmann (at) mvtat.tu-freiberg.de	

Die Aufbereitungstechnik ist in zunehmendem Maße mit Erzen konfrontiert, die eine komplexe Mineralogie verbunden mit feinkörnigen, stark verwachsenen Wertmineralen aufweisen. Die Zerkleinerung dieser Materialien dient als Vorbereitungsschritt für die anschließende Trennung zur Anreicherung der Wertkomponenten und muss für einen ausreichenden Aufschluss der zu gewinnenden Minerale sorgen. Aufgrund der Energieintensivität des Zerkleinerungsprozesses ist eine detaillierte Betrachtung der auftretenden Effekte hierbei sinnvoll. Eine ausführliche Analyse der Zerkleinerungsprodukte geht über eine standardmäßige Ermittlung des Aufschlussgrades in Abhängigkeit der Partikelgrößenverteilung hinaus und berücksichtigt bspw. die Assoziation der einzelnen Minerale, selektive Zerkleinerungseffekte und Mineralkorngrößenverteilungen für die Zerkleinerungsprodukte.



Die Charakterisierung über automatische Aufschlussanalyse (engl.: mineral liberation analysis - MLA) bietet eine adäquate Möglichkeit zur Messung der Aufschlussverhältnisse und zur Darstellung verschiedener Effekte in Abhängigkeit des Zerkleinerungsfortschritts. Bei der Anwendung der MLA auf Partikel im unteren Mikrometerbereich ergeben sich verschiedene Herausforderungen. Neben der Auflösungsgrenze der Messmethode ist bspw. die verstärkt auftretende Agglomeration der Partikel im Feinstkornbereich ($-40\ \mu\text{m}$) problematisch. Die Repräsentativität der Probenahme, die Probenvorbereitung, die Erstellung der Körnerpräparate und die korrekte Auswertung der Ergebnisse unter Beachtung statistischer Effekte stellen nur einige Einflussparameter, neben der eigentlichen MLA-Messung, auf die Güte der Ergebnisse dar. Anhand eines Fallbeispiels sollen verschiedene Herausforderungen bei der Zerkleinerung in einer Rührwerkskugelmühle und der damit verbundenen Charakterisierung der Zerkleinerungsprodukte über MLA aufgezeigt und diskutiert werden.

Flotationscharakteristika eines zinnhaltigen Skarnerzes aus der polymetallischen Komplexlagerstätte Hämmerlein im Erzgebirge	V3
Edgar Schach ^{1*} , Markus Buchmann ^{2*} , Jennifer Astoveza ^{1,2} , Irina Bremerstein ³ , Marius Kern ¹ , Urs A. Peuker ² , Martin Rudolph ¹	
¹ <i>Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Freiberg</i>	
² <i>Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg</i>	
³ <i>UVR-FIA GmbH, Freiberg</i>	
e.schach (at) hzdr.de	

Im Rahmen des AFK-Projektes beschäftigt sich das *Helmholtz-Institut Freiberg* mit der Aufbereitung feinsten Fraktionen eines zinnhaltigen Skarnerzes. Dazu wird in einer gemeinsamen Studie mit der *UVR-FIA GmbH* und dem *Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik* der *TU Bergakademie Freiberg* die Flotationscharakteristika des Erzes in Abhängigkeit verschiedener, vorhergehender Aufbereitungsmethoden untersucht, um erste Erkenntnisse über geeignete Flotationsreagenzien und Prozessparameter zu erlangen. Bei diesen Methoden handelt es sich um die Dichtentrennung, Magnetscheidung, Sulfidflotation und die Entschlammung des Aufgabematerials. Da das Aufgabematerial für die Kassiteritflotation noch sehr grobkörnig ist ($x_{80,3} < 250 \mu\text{m}$) wurde ebenfalls der Einfluss eines weiteren Zerkleinerungsschrittes zur Verbesserung des Aufschlussgrades betrachtet.

Als Ergänzung zu der von der *UVR-FIA GmbH* untersuchten Styrolphosphonsäure wurde für die Flotationsversuche, welche im Rahmen dieses Beitrages durchgeführt wurden, das anionaktive Sulfosuccinamat (Aerosol22®) als Sammler verwendet. Zusätzlich wurde MIBC als Schäumer und Natriumhexafluorosilicat als Drücker eingesetzt. Die Flotation erfolgte bei pH 3 in einer Flotationszelle der Firma Outotec® (GTK LabCell™).

Die Proben wurden sowohl mit Röntgenfluoreszenzanalyse als auch mit „Mineral Liberation Analysis“ (MLA) untersucht. Somit war es möglich, das Verhalten der einzelnen Minerale während der verschiedenen Aufbereitungsschritte genauer zu charakterisieren. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die für die Flotation problematische Bestandteile wie zum Beispiel die Chloritgruppenminerale und die Eisenoxide gelegt.

Um den Einfluss von störenden Metallionen auf die Flotation zu bestimmen, wurde für einige Versuche ein Wasserwechsel nach einer Vorkonditionierung mit Natriumhexafluorsilicat durchgeführt. Weiterhin wurden Wasserproben der Versuche entnommen und hinsichtlich der Ionengehalte mittels ICP-OES analysiert.

Im letzten Schritt wurden die einzelnen Aufbereitungsschritte miteinander kombiniert, um Möglichkeiten für ein Fließbild zur Aufbereitung vergleichbarer Erze aufzuzeigen.

FLOTATION OF BLENDED SILICEOUS APATITE ORES AT BAC NHAC SON FLOTATION PLAN IN LAO CAI PROVINCE		V4
Luan V. Pham , Phu Ngoc. Nguyen, Chinh T. Vu, Ha Viet. Le		
<i>Department of Mineral Processing Engineering, University of Mining and Geology, Duc Thang, Haiphong, Vietnam</i>		
Phamvanluan (at) umg.edu.vn		

Vortrag wurde kurzfristig abgesagt

Apatite ore processing plants in Vietnam are designed for the flotation of strongly weathered apatite ores with gangue mineral composed mainly of silicates with minor amounts of dolomite minerals. Run - of - mine ore of 900 mm the typical flowsheet always includes a washing stage for removal of primary slimes before feeding to the secondary crushing machines and a single stage grinding to a fineness of 70-80% of passing size -74µm. The ground product is then de-slimed by a thickener before feeding to the conditioning tanks. At the flotation stage, the gangue is depressed by the use of sodium silicate at a pH of 8 – 9, modified by caustic alkali, and apatite particles are floated by fatty acid collectors.

The flotation stage normally includes a roughing operation, 2 - 3 cleaning operations and 1 - 2 scavenging stages in order to achieve concentrate grade of approximately 32% P₂O₅, a recovery of about 72% and P₂O₅ content of tailings less than 4 – 8 %. This technology has been successfully applied for more than 20 years in Vietnam. However, in recent years, the mine production has been increased dramatically and deeper mining leads to the production of less weathered ores with more complicated matter composition, thus being more difficult to float. The feed ores to the plants are now much different from the designed ore properties, and as a result, the actual achieved mineral processing criteria are much lower and unstable.

In order to overcome this phenomenon, the plants proposed to blend the feed ores to match with currently available technology and equipment. This is only a short term solution to the situation, thus the plants should think to further improve their flotation process. This may be achieved with finer grinding to improve liberation, modification of flotation circuits, equipment operating variables, and/or reagents regimes.

This report is to present the preliminary results of the study on the flotation of blended ores collected from several apatite ore samples using the current flotation circuit of the plant. The results show that the flotation of the blended ores has reached a concentrate grade of over 31% P₂O₅ and recovery of approximately 80%. The study also proposed several flotation regimes and rational blending ratios of selected apatite ore types for the Bac Nhac Son flotation plant.

Begrenzte Verfügbarkeit von Wasser? Erfahrungen mit dem trocken arbeitenden gravimetrischen Sortiergerät AKA-FLOW	V5
<u>Robert Claußnitzer</u>	
<i>AKW Apparate + Verfahren GmbH</i>	
RClaussnitzer (at) akwauv.com	

AKW Apparate + Verfahren GmbH ist ein mittelständisches Unternehmen in Privatbesitz mit Fokus auf Verfahrenstechnik, Apparate & Aggregate sowie Anlagenbau, Engineering und Service. Seit über 50 Jahren bietet die AKW Apparate + Verfahren GmbH in erster Linie Lösungen für die nassmechanische Aufbereitung sowie für die Behandlung von Abwasser. Der verantwortungsvolle Umgang und der teilweise begrenzte Zugang zu Wasser führten zum Gedanken, Abwasser im Aufbereitungsprozess zu reduzieren. Eine Möglichkeit besteht darin, die Menge an aufzubereitendem Material zu verringern. Deshalb hat sich AKW Apparate + Verfahren GmbH in den letzten zehn Jahren mit der Einführung und Vermarktung des trockenen Dichtesortierers AKA-FLOW beschäftigt.

Der AKA-FLOW ist ein trocken arbeitendes, gravimetrisches Sortiergerät und wird eingesetzt zur Vorabtrennung bzw. Anreicherung von Stoffen unterschiedlicher Dichte als mögliche Vorstufe zur nassmechanischen Trennung. Der ursprüngliche Hintergrund, der zu der Entwicklung des Geräts an der Technischen Universität Aachen führte, bestand in der begrenzten Verfügbarkeit von Wasser in Trockengebieten. Die trockene Dichtesortierung sorgt u.a. für umweltfreundliche Aufbereitung, einen geringen Energieverbrauch sowie eine potentielle Kostensenkung durch Vermeidung von Prozesswasserkreisläufen sowie der Entwässerung und Trocknung von Produkten und Tailings.

Die Wirkungsweise des AKA-FLOW basiert auf einer Kombination einer luftinduzierten Wirbelschicht und einem speziell entwickelten Austragssystem. Studien mit verschiedenen Rohstoffen haben die Leistungsfähigkeit sowohl hinsichtlich Durchsatz als auch Trennschärfe gezeigt.

Aufgrund von unterschiedlichem Verhalten der Materialien ist eine Vorhersage der Eignung des trockenen Sortierprozesses nur auf Basis von Stoffdaten noch schwerer als bei nass arbeitenden Sortierverfahren. Mittlerweile ist jedoch durch die Arbeit mit unserer Laboreinheit AKA-FLOW eine Aussage über die generelle Eignung eines Stoffsystems für die Aufbereitung im AKA-FLOW machbar, sodass auch mit kleineren Probemengen aussagekräftige Ergebnisse erzielt werden.

In letzter Zeit durchgeführte Versuche zeigen, dass insbesondere für Recycling-Material gute Trennergebnisse erreicht werden können. Mit unserem AKA-FLOW im Pilotmaßstab wurden verschiedene Vergleichsuntersuchungen zur Aufbereitung unternommen. Besonders die Ergebnisse der zweistufigen Reinigung erbrachten gute Resultate.

Höherer Durchsatz und feinere Produkte durch Verschleißschutz bei Sichträdern mit ATP/NG-Technologie	V6
Dominik Knauer ; Steffen Sander; Horst Skirde	
<i>Hosokawa Alpine AG, Augsburg</i>	
d.knauer (at) alpine.hosokawa.com	

Bei der Aufbereitung mineralischer Rohstoffe steigen die Anforderungen mit Hinblick auf Feinheit der Produkte und Effizienz der Prozesse ständig. Die Entwicklung der Sieber vom Typ Turboplex ATP/NG und davon abgeleiteter Bauarten (TTC, TTD) trug dem Rechnung. Dabei wird gegenüber der ATP-Baureihe eine beträchtliche Reduktion des Druckverlustes am Sieber aufgrund der Unterdrückung des Potenzialwirbels erreicht (siehe Abbildung 1).

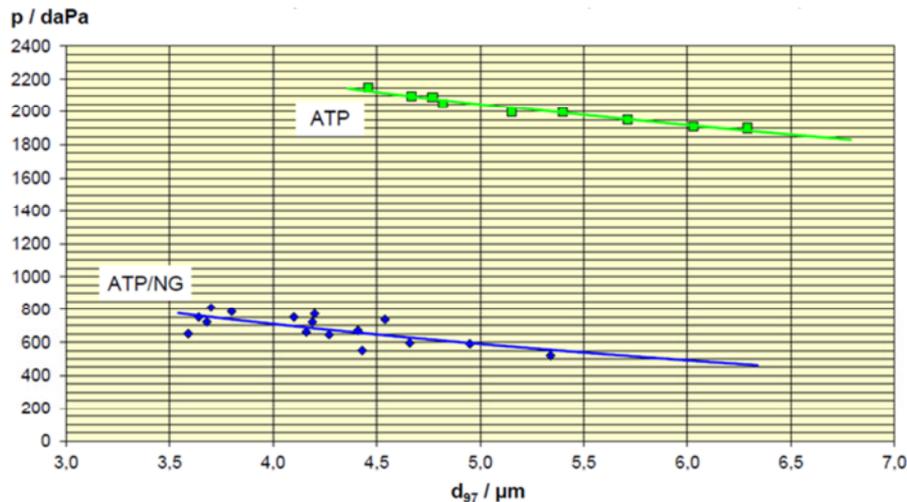


Abbildung 1: Druckverlust von Siebtern der Baureihe ATP und ATP/NG in Abhängigkeit der Feinheit [1]

Die Aufbereitung von Schleif-, Polier-, Hartstoffen und anderen schleißenden Materialien sehen sich ebenfalls dem Trend zu immer feineren Produkten ausgesetzt. Auch die Erfordernisse bezüglich Kontaminationsfreiheit steigen für viele Anwendungen. Bislang konnten diese Anforderungen lediglich mit Vollkeramiksichträdern vom Typ ATP erfüllt werden, da aufgrund des komplexen Aufbaus der ATP/NG-Räder keine Möglichkeit bestand, diese ausreichend gegen Verschleiß zu schützen.

Durch die Neuentwicklung eines verschleißgeschützten Siebertades vom Typ ATP/NG können die verfahrenstechnischen Vorteile, die die NG-Geometrie mit sich bringt auch im Bereich der Aufbereitung abrasiver Stoffe genutzt werden. Durch konstruktive Maßnahmen, die Verwendung moderner Werkstoffe und Verbindungsverfahren können verschiedene Werkstoffgruppen miteinander verknüpft werden. Verschleißschutzwerkstoffe können individuell angepasst und bei Bedarf erneuert werden.

Bei Validierungskunden konnten die im Technikum erzielten Ergebnisse mit Hinblick auf die Standzeit nachvollzogen werden. In der Folge zeigten sich beträchtliche Vorteile für die Anwendungen. So gelang es, bei der Vermahlung eines Seltene-Erden-Oxids mit einer Mohs Härte von 5–6 mit einer Fließbett-Gegenstrahlmühle vom Typ 400 AFG (integrierter Sieber: 200 ATP/Stahl) um ca. 15 % feinere Partikelgrößen des Fertigproduktes zu erreichen ($d_{90} = 1,0 \mu\text{m}$). Da aufgrund der Feinheitsanforderungen früher ein Stahl-Sieber eingesetzt werden musste, konnte durch den neuen Verschleißschutz gleichzeitig die Gesamtkontamination mit Fe-Verbindungen im Fertigprodukt von früher 50-100 ppm auf nun 5-6 ppm reduziert werden.

Des Weiteren wurde eine Validierung bei einem Kunden durchgeführt, der eine Fließbett-Gegenstrahlmühle 630 AFG (integrierter Sieber: 315 ATP/Keramik) in Heißgasfahrweise betreibt. Hier konnte durch die Verwendung des verschleißgeschützten Siebertades die Drehzahl bei gleichbleibender Feinheit des Endproduktes halbiert werden, was sich positiv auf den Energieverbrauch und den Verschleiß auswirkt. Außerdem ergibt sich für diesen Kunden die Möglichkeit, ohne zusätzliche Maßnahmen deutlich feinere Produkte herstellen zu können.

Quellen

[1] Sander, Heinecker: Innovation at Hosokawa Alpine AG. Funsai 59 (2016), p. 71

Betriebserfahrungen zur Aufbereitung von Rohgipshaldenmaterial mit dem HAVER Friction- Clean	V7
Uwe Schridde ¹ ; Hagen Müller ²	
¹ Rump & Salzmann; ² Haver Engineering	
H.Mueller (at) haverengineering.de	

Die vollständige Nutzung der eigenen Vorkommen liegt im Interesse eines jeden Steinbruchbetreibers und damit auch die Aufbereitung minderwertige Qualitäten. Insbesondere die Nutzung von Abraumhalden bietet für viele Steinbruchbetriebe eine gute Möglichkeit die Laufzeit zu verlängern und die darin befindlichen Wertstoffe einer wirtschaftlichen Nutzung zuzuführen.

Die Firma Rump & Salzmann betreibt in Südniedersachsen einen Gipssteinbruch. Mit der vorhandenen Waschanlage wird bereits seit einigen Jahren Abraummaterial gewaschen, jedoch stößt diese insbesondere bei stark verunreinigten Materialien an ihre Leistungsgrenze.

Speziell für diese Einsatzfälle hat HAVER Engineering den HAVER Friction-Clean entwickelt. Mit Unterstützung von Rump & Salzmann wurde im Steinbruch Dorste eine Friction-Clean Pilotanlage zum Aufbereiten schwer verunreinigter Materialien aufgebaut und durchlief eine intensive Testphase. Aufgrund der positiven Ergebnisse wurde daraufhin in die vorhandene Waschanlage ein erster Prototyp des HAVER Friction-Clean im industriellen Maßstab eingebaut.

Im Beitrag werden Aufbau und Funktionsweise des Friction-Clean erläutert sowie die ersten Betriebserfahrungen aus der industriellen Praxis vorgestellt. Während der Inbetriebnahme zeigte sich schnell, dass, bedingt durch die Inhomogenität des Aufgabematerials aus den unterschiedlichen Bereichen der Abraumhalde, konstruktive und verfahrenstechnische Änderungen in der Anlage notwendig wurden, um insbesondere sehr feines, bindiges Material effizient aufzubereiten. Diese Anpassungen führten zu einer wesentlichen Qualitätsverbesserung hinsichtlich Weißgrad und Gipsgehalt. Somit kann das vormalige Abraumhaldenmaterial nun einer wirtschaftlichen Verwendung zugeführt und als hochwertiges Ausgangsmaterial für die gipsverarbeitende Industrie Verwendung finden.

Screening the potential of Halophilic bacteria for Pyrite bio depression	P1
Guillermo Luque Consuegra ; Katrin Pollmann; Sabine Kutschke; Martin Rudolph; Sylvi Schrader; Anja Oestreich	
<i>Helmholtz Zentrum Dresden Rossendorf; Helmholtz Institut Freiberg</i>	
g.luque-consuegra (at) hzdr.de	
	<i>Seite 32</i>
Erzeugen hochwertig-permeabler Dolomitmörnungen für den Brennprozess	P2
Tony Fraszczak ¹ , Thomas Mütze ¹ , Bernd Lychatz ² , Olaf Ortlepp ³ , Urs A. Peuker ¹	
¹ <i>Technische Universität Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik,</i>	
² <i>Technische Universität Bergakademie Freiberg, Institut für Eisen- und Stahltechnologie,</i>	
³ <i>Wünschendorfer Dolomitwerk GmbH</i>	
Tony.Fraszczak (at) mvtat.tu-freiberg.de	
	<i>Seite 33</i>
Scale Up einer vertikalen Rührwerkskugelmühle für den Aufschluss hochwertiger Erze	P3
Karsten Großmann , Urs A. Peuker	
<i>TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik</i>	
Karsten.Grossmann (at) mvtat.tu-freiberg.de	
	<i>Seite 34</i>
Probenaufbereitung im Routinelabor – eine Herausforderung für Material, Geräte und Qualitätssicherung	P4
Axel Ulbricht, Thomas Hoppe	
<i>Eurofins Umwelt Ost GmbH</i>	
ThomasHoppe (at) eurofins.de	
	<i>Seite 35</i>
Metallschmelzefiltration – Untersuchung der Mikroprozesse für die Abscheidung und Agglomeration (SFB 920)	P5
Paul Knüpfer , Daniel Hoppach, Lisa Ditscherlein	
<i>TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik</i>	
paul.knuepfer (at) mvtat.tu-freiberg.de	
	<i>Seite 36</i>
Neue Lösungen für höchste Endfeinheiten bei der Carbon-Black-Herstellung	P6
Sylvia Bräunlein, Steffen Sander	
<i>Hosokawa ALPINE AG</i>	
Kay Oelschläger	
s.sander (at) alpine.hosokawa.com	
	<i>Seite 37-38</i>

Analyse der Struktur und des Porenraums von Filterkuchen unter Verwendung von Röntgenmikroskopie	P7
Erik Löwer , U. A. Peuker	
<i>TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik</i>	
Erik.Loewer (at) mvtat.tu-freiberg.de	Seite 39

Bioflotation – Kombination der Biotechnologie mit dem klassischen Prozess der Flotation	P8
Sylvi Schrader , Sabine Kutschke, Katrin Pollmann und Martin Rudolph	
<i>Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie</i>	
s.schrader (at) hzdr.de	Seite 40

Selektive Gewinnung von Seltenen Erden durch Flüssig-Flüssig Extraktion mit präorganisierten Calixarenen	P9
Norbert Schreiter , Peter Fröhlich, Martin Bertau	
<i>TU Bergakademie Freiberg, Institut für Technische Chemie</i>	
norbert.schreiter (at) chemie.tu-freiberg.de	Seite 41-42

Breakage Characterization Based on Ore Components	P10
Alphonse Wikedzi , Sondos Saquran, Thomas Mütze, Urs A. Peuker	
<i>TU Bergakademie Freiberg Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik</i>	
Alphonse-Wendelin.Wikedzi (at) mvtat.tu-freiberg.de	Seite 43

System integrated metal production - the Fairphone example	P11
Markus Reuter	
<i>Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf - Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie</i>	
m.reuter (at) hzdr.de	Seite 44

Biopolymere für eine saubere Spree	P12
Simona Schwarz ¹ , Dana Schwarz ¹ , Janek Weißpflog ¹ , Andreas Heppe ² , Katja Heppe ²	
¹ <i>Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V. Dresden</i> ² <i>BioLog Heppe GmbH</i>	
schwarz-dana (at) ipfdd.de	Seite 45

Modellierung des Verdichtungsverhaltens von Zementklinker	P13
Lieven Schützenmeister ¹ , Dieter Makowlew ¹ , Thomas Mütze ¹ , Guido Kache ²	
¹ <i>TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik</i> , ² <i>Thyssenkrupp Industrial Solutions</i>	
Lieven.Schuetzenmeister (at) mvtat.tu-freiberg.de	Seite 46

Windsichten als potentieller Prozessschritt beim Recycling von Hüttenwerksstäuben	V8
Christof Lanzerstorfer¹, Robert Neuhold²	
¹ Fachhochschule Oberösterreich - Verfahrens- und Umwelttechnik, Campus Wels, ² Fachhochschule Oberösterreich	
Christof.Lanzerstorfer (at) fh-wels.at	

In den integrierten Hüttenwerken zur Eisen- und Stahlherstellung fallen bei der Reinigung der Abgase große Mengen an Stäuben an. Diese Rückstände sollen vorzugsweise in einer der Prozessstufen des Hüttenwerks wiederverwertet werden, da sie meist vorwiegend aus Eisen bzw. Eisenoxiden bestehen. Alternativen zur internen Verwertung sind die Gewinnung von Wertstoffen aus den Stäuben in externen Prozessen (z.B. Gewinnung von Zink aus Stahlwerksstaub) oder die Deponierung der Stäube.

Aufgrund der hohen Prozesstemperaturen kommt es in den verschiedenen Prozessstufen (Sinteranlage, Hochofen, Stahlwerk) zu einer Verflüchtigung von bestimmten Stoffen, insbesondere den Schwermetallen Zn und Pb sowie den Alkalichloriden KCl und NaCl. Beim Abkühlen der Abgase werden diese Stoffe bevorzugt auf der Oberfläche der vorhandenen Staubpartikel niedergeschlagen. Da die spezifische Oberfläche der kleineren Teilchen höher ist, kommt es häufig zu einer gewissen Anreicherung der verflüchtigten Stoffe in den Feinstaubfraktionen.

In der Praxis werden die Stäube aus der Abgasreinigung teilweise in die metallurgischen Prozesse zurückgeführt. Dieser Rückführung sind aber in den meisten Fällen Grenzen gesetzt, da es dabei zu einem stetigen Aufbau eines internen Kreislaufes dieser Stoffe kommt, welcher die Produktivität der metallurgischen Prozesse und deren Betrieb beeinträchtigt.

Aufgrund der Anreicherung der flüchtigen Stoffe in den Feinfraktionen ist es möglich, die Stäube mittels Windsichtung in eine Feinfraktion mit höherer Konzentration und eine Grobfraktion mit niedrigerer Konzentration an diesen Stoffen zu trennen. Durch die Abreicherung in der Grobfraktion wird es möglich, bei gleichbleibender Fracht an unerwünschten Komponenten den Anteil an rückgeführten Stäuben zu erhöhen. Eine weitere Einsatzmöglichkeit der Windsichtung besteht in der Aufkonzentrierung der Störstoffe vor einer Prozessstufe zu deren Gewinnung.

In der Arbeit werden verschiedene Möglichkeiten zum Einsatz von Windsichtung zur Behandlung von Stäuben aus der Abgasreinigung in integrierten Hüttenwerken diskutiert. Dabei wird sowohl auf mögliche Auswirkungen auf die Stoffströme im Hüttenwerk als auch auf die Anforderungen an die erforderlichen Windsichter eingegangen.

Innovatives Verfahren zur trockenmechanischen Rückgewinnung der NE-Metalle aus der MVA-Feinschlacke > 0,5 mm und Sortierung in eine sortenreine Leicht- und Schwermetallfraktion	V9
Ivan Züst	
<i>DHZ AG, Lufingen, Schweiz</i>	
Ivan.Zuest (at) eberhard.ch	

Neuartiges Verfahren zur Rückgewinnung von Nichteisenmetallen aus MVA-Schlacke ab einer Größe von 0.5mm. Die Feinfraktion von MVA-Schlacke (Feinschlacke < 5 mm) enthält wertvolle Schwer- und Edelmetalle, welche in konventionellen Aufbereitungsanlagen verloren geht. Mit einem eigens entwickelten Verfahren lässt sich die feuchte MVA-Feinschlacke bis zu einem Trennschnitt von 0,5 mm klassieren. Wo übliche Siebe verstopfen, wird mit dem ballistischen Trennsystem eine mit wertvollen schweren Nichteisenmetallen angereicherte Grobfraktion erzeugt, welche hervorragend mit NE-Scheidern weiter aufbereitet werden kann. Das Resultat ist ein NE-Feinkonzentrat, welches je zu einem Drittel aus Schwer-, Leichtmetallen und Fremdstoffen besteht.

Das NE-Konzentrat wird mit diversen zusätzlichen, trockenmechanischen Verfahren weiter verarbeitet und in schlussendlich zwei Metallfraktionen aufgetrennt. Dies sind eine leichte und eine schwere Nichteisenmetallfraktion mit hohem Reinheitsgrad. Diese sortenreinen Metallprodukte können ohne weitere Aufbereitung direkt von entsprechenden Metallschmelzen weiterverarbeitet werden.

Im Vortrag wird ein innovatives Verfahren aufgezeigt, wie aus feinkörniger MVA-Schlacke Korngrößen 0,5-5 mm, welche üblicherweise direkt deponiert wird, wertvolle Metalle zurückgewonnen werden. Die erzeugten Metallfraktionen weisen eine ausgezeichnete Qualität auf, so dass diese direkt von den entsprechenden Metallschmelzen verarbeitet werden können. Durch die Anwendung des Verfahrens in der MVA-Schlackenaufbereitung können Ressourcen und die Umwelt geschont werden.

Erweiterter Fein-Prozess bei der Aufbereitung von ASR (Automobile Shredder Residue)	V10
René Dechange	
<i>JÖST GmbH + Co. KG</i>	
Rdechange (at) joest.com	

Das neue JÖST System zur Aufbereitung von AFS (Automobile Shredder Residue) im Feinbereich (< 12mm) enthält ein innovatives Verfahren, welches den Hauptanteil der Metallfraktion größer 1mm aus der Shredder Schwerfraktion (SHF) trennt.

Dieses Verfahren, welches sich derzeit noch im schwebenden Patent-Prozess befindet, ist das Ergebnis jahrelanger Forschung und Entwicklung von Jöst und seinem Lizenzgeber. Das neuartige Verfahren ist das Herz des Aufbereitungs-Systems und trennt effizient annähernd alle Metall von Glas und mineralischen Bestandteilen mit einer Reinheit von über 98%.

Einmal zurückgewonnen, vollendet das System schließlich auch den letzten Schritt der Sortierung von Nicht-Eisen-Metalle in eine Kupfer Fraktion mit Reinheit von mehr als 90% und in die Zorba Fraktion.

Das Turn-Key System besteht aus einer Kombination von neuen und auf die Applikation explizit angepassten Vibrations-Maschinen sowie Luft-Separatoren aus dem Hause JÖST.

Selective leaching of copper slag-tailings from Chile	V11
Carolina López ⁽¹⁾ , Gerhard Heide ⁽¹⁾ , Ursula Kelm ⁽²⁾ , Frank Haubrich ⁽³⁾	
⁽¹⁾ Institut für Mineralogie, TU Bergakademie Freiberg, Germany (carolope@gmail.com),	
⁽²⁾ Instituto de Geología Económica Aplicada (GEA), Universidad de Concepción, Chile, ⁽³⁾ G.E.O.S. Ingenieur GmbH Carolope (at) gmail.com	

*Einer Kurzvorstellung/Veröffentlichung im Tagungsband
wurde nicht zugestimmt*

Charakterisierung eines zerkleinerten Mobiltelefons mittels Mineral Liberation Analysis (MLA)	V12
Dirk Sandmann	
<i>ERZLABOR GmbH i.G.</i>	
d.sandmann (at) erzlabor.com	

Mobiltelefone, von denen im Jahr 2016 weltweit über 1,4 Milliarden Geräte hergestellt wurden, können bis zu 60 verschiedene Elemente enthalten (TrendForce Corp., The Royal Society of Chemistry). Gegenwärtig werden allerdings nur sehr wenige der in den Mobiltelefonen enthaltenen Elemente mit Recycling-Raten von mehr als 50 % recycelt (Compound Interest). Bei den meisten Elementen liegt die Recycling-Rate bei deutlich unter 50 % und bei den Seltenen Erden, Indium, Tantal oder Gallium sogar bei unter 1 %! Ein Hauptproblem beim Recycling von Mobiltelefonen ist ihre komplexe Zusammensetzung aus vielen Einzelbauteilen. Erschwerend kommt hinzu, dass viele Elemente kommen nur in Spuren vorhanden sind und / oder sich in hoch-komplexen Materialverbunden befinden.

Um ein effektiveres Recycling der Mobiltelefone zu ermöglichen, ist es unumgänglich ihre Bauteile, das Vorkommen der Elemente darin, sowie das Zerkleinerungsverhalten möglichst detailliert zu charakterisieren.

In einer Pilotstudie wurde ein, vom Lehrstuhl für Recyclingmaschinen der TU Bergakademie Freiberg, mit einem Universal-Granulator UG300 zerkleinertes Nokia-Mobiltelefon Modell 5228 Typ RM-625 mit Hilfe von Mineral Liberation Analysis (MLA) untersucht. Die Analyse an drei Siebfraktionen des zerkleinerten Materials erfolgte mit einer MLA 650F am Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie.

Eine erste manuelle Aufnahme von Rückstreuelektronenbildern zeigt unter anderem Metallphasen mit einer Kleinheit von $< 0,5 \mu\text{m}$. Nachfolgend wurden die Proben in einer automatisierten MLA-Messung mit einem Gitternetz von EDX-Spektren abgerastert (GXMAP-Modus). Insgesamt wurden bei der Analyse ca. 130 verschiedene Phasen detektiert. Mehr als 100 davon treten mit Anteilen von < 1 Gewichtsprozent auf. Ein Vergleich des Modalbestandes der drei Siebfraktionen zeigte eine Anreicherung bestimmter Bauteile in speziellen Fraktionen.

Referenzen:

Compound Interest - <http://www.compoundchem.com/2015/09/15/recycling-phone-elements/>

The Royal Society of Chemistry 20.03.2017 - <https://www.chemistryworld.com/feature/smartphone-recycling/2500497.article>

TrendForce Corp. Press Release 25.01.2017 - <http://press.trendforce.com/node/view/2741.html>

Prozessoptimierte Beeinflussung der Stoffstromzuführung in Recyclinganlagen	V13
Alexander Feil , Marcel Bosling, Sebastian Kaufeld, Erdogan Coskun, Thomas Pretz, Claudius Schnörr	
<i>Institut für Aufbereitung und Recycling (I.A.R.) – RWTH Aachen Forschungsschwerpunkt CORSNAV – Hochschule München</i>	
Feil (at) ifa.rwth-aachen.de	

Aufgrund unsteter Anlieferungen und großen Schwankungsbreiten bei der stofflichen Zusammensetzung, verursacht durch die individuelle Entscheidung des Konsumenten zur Abfallentsorgung (Entledigung des Abfalls z. B. im gelben Sack oder in die Restmülltonne) verbleibt in Recyclinganlagen die technologische Herausforderung, Stoffströme mit extrem unterschiedlicher stofflicher Zusammensetzung sowie schwankenden Mengenströmen zu verarbeiten. Zudem existierten für Abfallstoffe mit Nicht-Schüttgutcharakter (z. B. Leichtverpackungen (LVP) und Hausmüll) bislang keine technologischen Konzepte, um eine geordnete Materialstromzuführung im Anlageninput sicherzustellen. Leerläufe, Unter- oder Überfüllungen sollten aber aus technischen und energetischen Effizienzgründen vermieden werden. Insbesondere Überfüllungen in der Zuführung zur ersten Trennstufe, zumeist ein Trommelsieb, führen zu einer Verschlechterung der Trennleistung des Trommelsiebes und in Folge auch in den nachgeschalteten, wertstofferzeugenden Sortierstufen.

Versuchsergebnisse in einer Mechanisch-Biologischen Behandlungsanlage für Hausmüll haben aufgezeigt, dass bereits durch eine definierte volumetrische Beschickung, die auf den bestimmungsgemäßen Bereich des Trommelsiebes abgestimmt ist, der technisch-wirtschaftliche Aufbereitungserfolg verbessert werden kann. Eine weitere Effizienzsteigerung des Prozesses ist zu erwarten, wenn das Trennverhalten im Trommelsieb in Abhängigkeit von Volumenstrom und stofflicher Zusammensetzung des Inputstromes berücksichtigt wird. Am Beispiel einer LVP-Sortieranlage werden die Anforderungen und technologischen Lösungsmöglichkeiten für ein sensorbasiertes Steuerkonzept vorgestellt.

ProRec – ein kompaktes Analysemodul zur schnellen und hoch ortsaufgelösten Stofferkennung mit Röntgenfluoreszenz für den Einsatz in Recycling und Rohstoffaufbereitung	V14
Reiner Wedell, <u>Marius Scheiner</u>	
<i>Institut für angewandte Photonik e. V</i>	
Scheiner (at) iap-adlershof.de'	

Ziel des Vorhabens war die Entwicklung innovativer Analytiksysteme auf Röntgenbasis (XRF) zur flexiblen Stofferkennung in Sortierprozessen bei Recycling und Rohstoffaufbereitung. Damit sollte ein neuer technologischer Standard der Sortierverfahren erreicht und ein Beitrag zum ressourcenschonenden Wirtschaften ermöglicht werden.

Auf Seiten der Anwender in der Industrie besteht ein großes Interesse an Sortiersystemen mit hoher Ortsauflösung zur Verarbeitung kleiner Partikel auf Förderbändern. Dies erfordert neben kleineren Spurbreiten eine hohe Geschwindigkeit der Signalverarbeitung, damit der geforderte Materialdurchsatz erreicht wird. Weitere wichtige Randbedingungen sind die rauen Umgebungsbedingungen beim Einsatz derartiger Anlagen sowie die Forderungen nach guter Skalierbarkeit und Flexibilität bei vertretbaren Kosten.

Zur Umsetzung der anspruchsvollen Zielparame-ter wurden exakt an die Messaufgabe angepasste PIN-Dioden-Sensoren und eine echtzeitfähige Signalverarbeitungselektronik entwickelt. Die Sensormodule mit jeweils vier Kanälen erlauben die Sortierung mit Spurbreiten von 5...20 mm. Das im Projekt entwickelte kompakte Analysemodul (160 mm x 150 mm x 360 mm) besteht aus Kollimator, Detektorzeile und der vollständigen Signalverarbeitungselektronik zur synchronen Abtastung aller Kanäle mit einer Messzeit von 10 ms. Durch Aneinanderreihung der Module erfolgt die Anpassung an die Breite des Förderbandes im 160 mm-Raster.

Gegenüber herkömmlichen XRF-Systemen wird die dort übliche Ortsauflösung (ca. 25 mm Spurbreite) wesentlich verbessert (5 mm Spurbreite). Die neuen Sensoren müssen nicht gekühlt werden und ermöglichen bei akzeptabler Energieauflösung eine erhebliche Kostenreduzierung. Die hohe Flexibilität des neuen XRF-Moduls gestattet die schnelle Anpassung an unterschiedliche Messaufgaben und in Kombination mit anderen Analyse-verfahren (IR-Spektroskopie, LIBS) eine Abdeckung der Stofferkennung über die der XRF zugänglichen Elemente.

Rauen Umgebungsbedingungen beim Einsatz (Staub, Luftfeuchtigkeit, Temperaturen von 15...+50 °C) wurde durch die Konstruktion Rechnung getragen. Das Gehäuse ist dicht nach IP 67 ausgeführt und kann zusätzlich mit trockenem Stickstoff gespült werden. Die Kommunikation findet über eine robuste Ethernetschnittstelle statt.

Das Projekt wurde im Rahmen der "FuE-Förderung gemeinnütziger externer Industrie-forschungseinrichtungen in Ostdeutschland" des BMWi gefördert.

<p>Aufbereitung mit dem Lichtschwert - TOMRA's bahnbrechende Laser Sortiertechnologie ermöglicht das Erzeugen von hochreinen Quarzprodukten und die Bergevorabscheidung bei Quarz-assoziierten Golderzen</p>	<p>V15 1/2</p>
<p>Christopher Robben; Jens-Michael Bergmann</p>	
<p><i>TOMRA Sorting GmbH</i></p>	
<p>Christopher.Robben (at) tomra.com</p>	

Die Lasertechnologie von TOMRA eröffnet neue Möglichkeiten für Bergbauunternehmen. Sortieraufgaben, die nicht mit den bestehenden Technologien Farbe, Röntgentransmission, Nahinfrarotspektroskopie und elektromagnetischen Sensoren gelöst werden konnten, können nun identifiziert und getrennt werden. Die patentierte Technologie arbeitet auf dem Prinzip der Brechung von verschiedenen Lasern auf der Oberfläche von Einzelpartikeln.

Üblicherweise wird monochromatisches, fokussiertes Laserlicht, das auf die Oberfläche eines Erzpartikels trifft absorbiert oder reflektiert und liefert damit Informationen zur Farbe der Oberfläche. Wenn solch ein Laser einen (teilweise) transparenten Kristall trifft und reflektiert, gebrochen und in dem Kristall (oder der Struktur) verteilt wird, dann werden ebendiese Kristalle oder Strukturen deutlich erleuchtet und sichtbar für die Detektoreinheit.

Dieses Detektionsprinzip ermöglicht die Identifikation von feinen weißen Quarzgängen in einem weißen Muttergestein, was zur Bergevorabscheidung von Golderzen eingesetzt wird.

LASER Detektion

Die interessantesten Fakten über das Laserlicht sind die monochromatische Natur des Lichts und sein extrem fokussierter Strahl. So sind Laser in vielen verschiedenen monochromatischen Wellenlängen erhältlich, die von unsichtbarem Ultraviolett, über das gesamte sichtbare Spektrum und durch das unsichtbare Infrarotspektrum hat eine spezielle Lasertechnologie für eine Vielzahl von Anwendungen in der Lebensmittel-Sortier-Industrie entwickelt (USA Patent Nr. US 6,473,168 B1, 2002).



Abbildung 1: TOMRA multikanal Laser Detektion zur Unterscheidung von Quarzpartikel von Kontamination mit identischer Farbe (Chadwick, May 2017)

Für Bergbauanwendungen kann das Phänomen auf Gesteinen und Mineralien angewendet werden. Reine Kristalle erzeugen Streueffekt. Mit zunehmender Größe der eigentlichen Kristalle wird der Effekt stärker und sichtbarer (Dehler, 2017). Große und reine Kristalle können daher von anderen Gesteinen oder Mineralien mit einer kleineren Kristallstruktur, unabhängig von der Farbe oder der chemischen Zusammensetzung, eindeutig unterschieden werden.

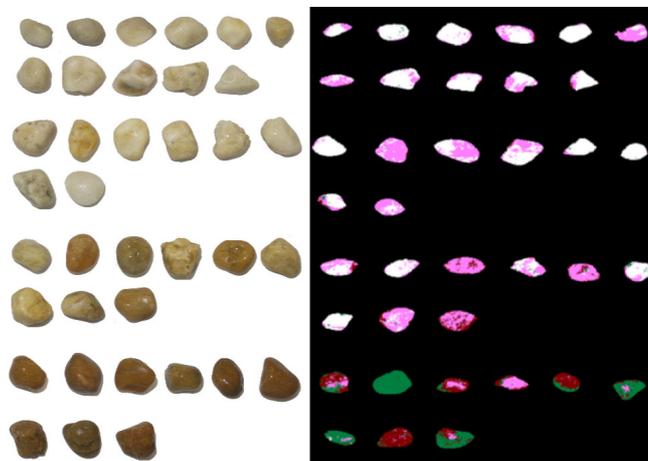


Abbildung 2: Fotografie und Bild der Laser Detektion

Aufbereitung mit dem Lichtschwert - TOMRA's bahnbrechende Laser Sortiertechnologie ermöglicht das Erzeugen von hochreinen Quarzprodukten und die Bergevorabscheidung bei Quarz-assoziierten Golderzen	V15 2/2
Christopher Robben; Jens-Michael Bergmann	
<i>TOMRA Sorting GmbH</i>	
Christopher.Robben (at) tomra.com	

Auf der linken Seite in Abbildung 2 ist ein Standard-Farbbild von Quarzkieselsteinen dargestellt. Ziel ist es, Kieselsteine mit hohem Quarz (Si) -Gehalt zu erkennen. Wenn jedoch nur Standardfarbbilder verwendet werden, würden viele Kieselsteine als dunkle Gesteine zurückgewiesen, obwohl sie wertvolles Si-Produkt enthalten. Die rechte Seite von Bild 2 zeigt ein Bild desselben Materials, das mit einem TOMRA Lasersortiersystem abgebildet und verarbeitet wurde. Wie man in Bild 2 sehen kann, sind auch einige dunklere Gesteine von hoher Qualität, während einige der hellen Kieselsteine ihre Verunreinigungen enthüllen.

Beachten Sie, dass dieser TOMRA Laser Streuungsansatz nicht mit den sogenannten 3-D-Lasern verwechselt werden sollte, die die Position und Größe der zu trennenden Teile und nicht die interne Struktur erkennen können.

Hauptanwendungen

Silizium für Solaranwendungen

Eine Haupttechnologie zur Herstellung von Silizium in Solarsystemen ist das Schmelzen von Rohquarzmaterial in Brennöfen und die Herstellung des so genannten UMG (Elkem AS, 2017) durch Entfernung des Sauerstoffs aus dem Quarz in Gegenwart von Kohlenstoff. Als Rohmaterial wird hierz hochreiner Quarz in groben Partikelgrößen benötigt. Die hochwertigen, reinen Quarzsteine und Kieselsteine können eindeutig identifiziert und von den unerwünschten Stücken unterschieden werden, auch wenn die Verunreinigungen für alle anderen Sensortechnologien oder auch für das menschliche Auge unsichtbar sind, aber im Abbauprozess unvermeidbar mit gewonnen werden. Laborversuchsreihen und erste Felderfahrungen zeigen, dass im Vergleich zum bisherigen Farbsortierverfahren die Gewinnung von wertvollen Gesteinen um mehr als 20% gesteigert werden kann und gleichzeitig die Qualität des Produktes gesteigert wird. Dieses Ergebnis ist für die Minen von Vorteil (mehr Lagerstättenausbringen, längere Lebensdauer, geringere Kosten, weniger Abfall usw.) und für die Hüttenbetriebe, die ein besseres Aufgabematerial mit gleichbleibend höherer Qualität erhalten.

Orogene Golderze

Quarz ist auf einer völlig anderen Art von Goldvorkommen das Sortierkriterium für die Partikel mit Goldanreicherungen. An dieser Stelle tritt die neue TOMRA Lasertechnologie ins Spiel. Die Laser-Technologie kann den Quarz unabhängig von seiner Farbe identifizieren. Es kann die quarzhaltigen Gesteine zuverlässig von Nebengestein unterscheiden. Für den Lasersortierer können dünne Quarz-Adern sichtbar sein, die nicht mit Farbmessstechnologien detektiert werden können.

In jedem Fall muss das Team der Geologen und Mineralogen der Bergwerke im Voraus bestätigen, dass der Quarz (oder die Sulfide für XRT) die anwendbaren Indikatormineralien sind, da dies von einer Lagerstätte zur nächsten variieren kann.

Schlussendlich ist es nur eine Frage der Ökonomie. Vor- und Nachteile der gesamten Anlage und des gesamten Prozesses müssen sorgfältig berücksichtigt werden, um schließlich das vollständige Bild zu erhalten. Alle Investitionen, Betriebskosten, Genehmigungsanforderungen und Umweltauswirkungen müssen bewertet und bewertet werden. Dr. Strauss hat diese Schritte in seinem Vortrag bei der Association of Mining Analysts im April 2016 in London genau besprochen (Strauss, 2016, S. 62).

Referenzen

- Dieser Artikel basiert auf dem Vortrag "Lightsaber mineral processing - TOMRA's latest laser-based scanning technology enables mining companies to create high purity quartz or pre-concentrate gold-ore" von Jens-Michael Bergmann, Physical Separation Conference 2017, Cornwall
- Bergmann, J.-M. (July 2011). Sensor-based Sorting. *Industrial Minerals*, 58-62.
- Dehler, M. (2017). Sensor-based sorting of quartz using multi-channel laser detection.
- Elkem AS. (2017, 04 04). https://www.elkem.com/technology-and-innovation/our_technology_and_processes/. (M. Flinder Johannessen, K. Karlstad, Editors, & Elkem AS) Retrieved from www.elkem.com.
- Ruymen, M. (2002, 10 29). USA Patent No. US 6,473,168 B1.
- Strauss, T. (2016). *Ore Sorting in Mining*. Association of Mining Analysts. London: Merlyn Consulting.

Auslegung von FAM - Spezialhammermühlen zur Zerkleinerung und Trocknung von Schüttgütern	V16
Jens Hanisch¹, Rüdiger Schramm	
¹ FAM Magdeburg	
Jens.hanisch (at) fam.de	

In den FAM- Spezialhammermühlen können feuchte Schüttgüter in einem Prozessschritt zerkleinert und getrocknet bzw. kalziniert werden. Bei innerem Materialkreislauf wird das zerkleinerte Produkt durch einen heißen Gasstrom über ein Steigrohr nach oben geführt. In einem Stromsichter, der als Stabkorbsichter ausgeführt ist, wird das Fertiggut abgetrennt und die Griese können zurückgeführt werden.

Die Bestimmung der erforderlichen Baugröße einer Spezialhammermühle erfolgt in einem Kompromiss der Bewertung von Zerkleinerung und Trocknung.

Bei mittelhartem Aufgabegut mit geringer Feuchte bis ca. 10 % erfolgt die Auslegung der Spezialhammermühle nach den Vorgaben der Zerkleinerung.

Dabei kommen je nach Verfügbarkeit

- Materialtests in einer kleintechnischen Hammermühle oder
- vergleichbare Werte des spezifischen Arbeitsbedarfs

für die Dimensionierung zur Anwendung.

Bei hohen Materialfeuchten bis ca.30 % wird die Auslegung der Spezialhammermühle durch den Trocknungsprozess bestimmt, d. h. nach der auszutreibenden Wassermenge. In dem vorgestellten Rechenprogramm wird gezeigt, wie neben der Führung der Heißgase im Durchlauf, eine optimale Auslegung im Kreislaufbetrieb der Heißgase bei Einhaltung der zulässigen Heißgastemperaturen der eingesetzten Rauchgase eines Heißgaserzeugers oder der Abgase aus anderen Prozessen und bei Einhaltung der zulässigen Beladung und Gasgeschwindigkeit möglich ist.

Feinstvermahlung von Pyrolysekoks – Herausforderungen für die Anlagenauslegung	V17
Stefan Jäckel ; Raphael Sperberg	
Gebrüder Jehmlich GmbH, Nossen	
s.jaeckel (at) jehmlich.info	

Beim Recycling von Altreifen ist nach der Pyrolyse eine Konditionierung des Pyrolysekokes (Carbon Black) mittels Feinstzerkleinerung notwendig, ehe der Ruß als z.B. Farbpigment den weiteren Prozessschritten zugeführt werden kann. Maßgeblichen Einfluss auf die Verarbeitbarkeit hat die erreichte Partikelgrößenverteilung, welche sich während der Feinstvermahlung mit Prallmühlen durch Variation der Beanspruchungsgeschwindigkeit und die Beladung gezielt beeinflussen lässt. In Abbildung 1 ist der Einfluss der Beanspruchungsgeschwindigkeit auf die Partikelgrößenverteilung bei konstanter Beladung dargestellt. Durch die vergleichsweise hohen Beanspruchungsgeschwindigkeiten, die mit den Feinprallmühlen der Jehmlich REKORD-Serie möglich sind, können in diesem Fall die kundenseitigen Forderungen hinsichtlich Partikelgrößenverteilung auch ohne Nachschaltung eines Abweiseradsichters erfüllt werden.

Pyrolysekoks, Summenverteilung

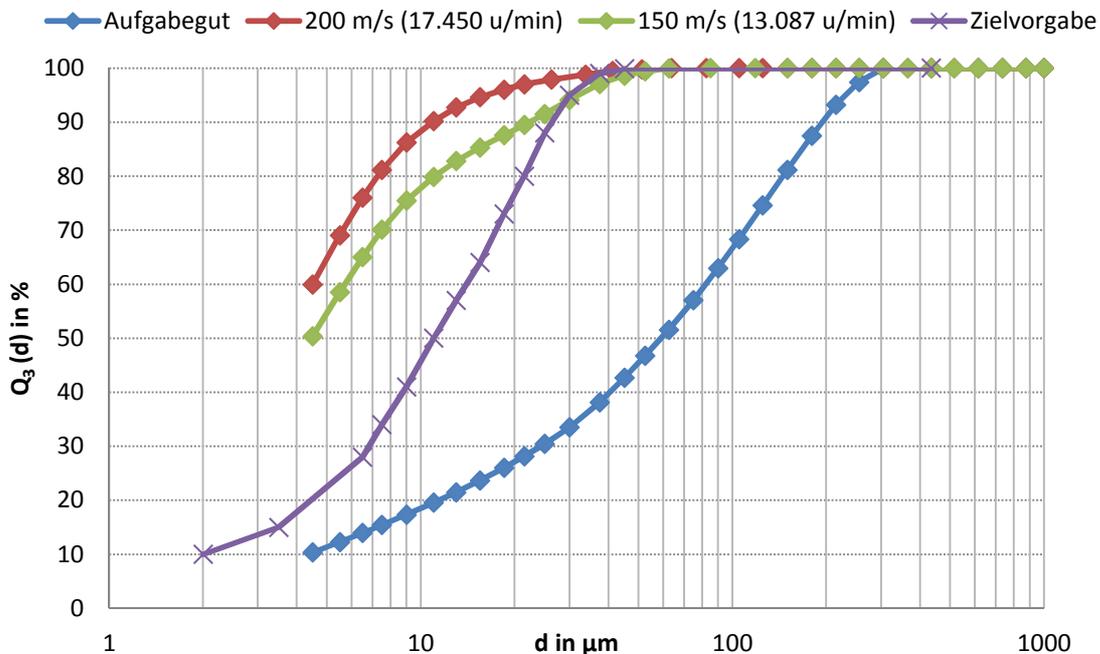


Abbildung 2: Einfluss der Beanspruchungsgeschwindigkeit auf die Partikelgrößenverteilung, Beladung konstant
 Bei der Feinstvermahlung von Ruß tritt zudem ein merklicher Verschleiß an den Mahlelementen (Rotor und Stator) auf. Ursache dafür sind Fremdkörper mit Silicatbestandteilen und weitere abrasive Füllstoffe aus den Altreifen. Zur Bestimmung der Betriebskosten ist es daher notwendig Verschleißkenngrößen zu ermitteln, die eine Abschätzung der Werkzeugstandzeit ermöglichen.

Das Unternehmen Gebrüder Jehmlich bietet als Spezialist für industrielle Zerkleinerungstechnik individuelle Lösungen für die Zerkleinerung einer Vielzahl verschiedener Materialien an. Im Rahmen dieses Beitrages soll ein Einblick in die Herangehensweise zur Anlagenauslegung am Beispiel einer kürzlich ausgelieferten, inertisierten Mahlanlage für die Feinstvermahlung von Pyrolysekoks gegeben werden. Der Fokus liegt dabei auf der Bestimmung der geeigneten Betriebsparameter für eine vorgegebene Partikelgrößenverteilung und der Ermittlung der anfallenden Verschleißkosten auf Basis von Testversuchen im Jehmlich-Technikum sowie der Überführung von ermittelten Kenngrößen in ein wirtschaftlich attraktives Konzept für eine kompakte, explosionsgeschützte Mahlanlage.

Neuer Glanz für Kunststoffe - Werkstoffliches Recycling von Galvanikabfällen	V18
Fabian Knappich¹ , Martin Schlummer ¹ , Dominik Knauer ² , Robert Patalewski ²	
¹ Fraunhofer IVV, Freising und ² Hosokawa Alpine AG, Augsburg	
fabian.knappich (at) ivv.fraunhofer.de; d.knauer (at) alpine.hosokawa.com	

Galvanisierte oder „verchromte“ Kunststoffe sind dem Verbraucher aus dem Automobilinterieur (z.B. Türgriffe) und -exterieur (Kühlergrills) sowie dem Sanitärbereich (Duschköpfe) bekannt. Polymere wie Acrylnitrilbutadienstyrol (ABS) sind mit einem Schichtsystem aus Chrom, Nickel und Kupfer überzogen und bilden die charakteristische metallisch-glänzende Oberfläche. Aufgrund des aufwändigen Produktionsprozesses und hoher Qualitätsanforderungen fallen bei der Herstellung dieser Kunststoff-Metallkomposite in der Regel 20-30% an Ausschussmengen an (in Deutschland ca. 2.000 t/a). Ein Wiedereinsatz der Ausschussware im Spritzguss ist nicht möglich, da die Bestandteile der Galvanikschicht die Spritzdüsen verstopfen würden. Mit den gängigen Verfahren nach dem Stand der Technik lässt sich ein Recycling mit nur geringer Wertschöpfung realisieren – entweder fokussieren entsprechende Recyclingkonzepte die Metalle Nickel und Kupfer (z.B. Pyrometallurgie) oder den Polymeranteil (z.B. Ätzung). In beiden Fällen verlieren Sie so mindestens 60% der möglichen Ausbeute bzw. des Wertpotentials (vgl. Abb. 1). Daher ist die Verwertung der Galvanikabfälle für die Produzenten galvanisierter Kunststoffe wirtschaftlich hoch interessant.

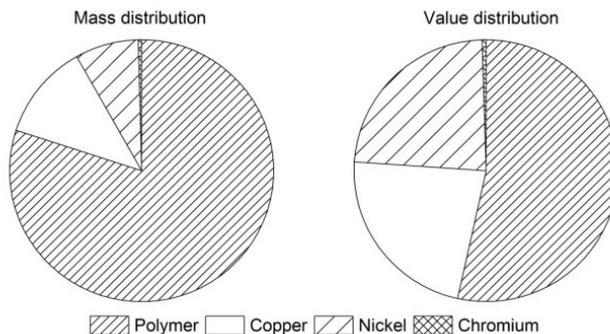


Abbildung 3: Materialaufteilung und Wertschöpfung von galvanisiertem ABS

In dem vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz geförderten Projektverbund „ForCYCLE“ wurde in Zusammenarbeit des Fraunhofer-Instituts für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, Freising, der Hosokawa Alpine AG, Augsburg, und der Sysplast GmbH & Co. KG, Nürnberg, ein innovatives Recyclingkonzept für Galvanikabfälle entwickelt: Das vorzerkleinerte Material wird einem mehrstufigen mechanischen Aufschluss zugeführt und mithilfe eines Separators eine Metallfraktion mit einer Reinheit von über 95% abgetrennt. Da die entstandene Kunststofffraktion nur noch 5-7% Restmetalle besitzt, kann diese direkt und ohne das Zumischen von Neuware-ABS einer Schmelzefiltration nach dem Stand der Technik zugeführt werden. Als Produkt entsteht ein metallfreies Regranulat, das für einen weiteren Lebenszyklus (z.B. Re-Galvanisierung) zur Verfügung steht. Das Metallkonzentrat aus der Schmelzefiltration besitzt 15-25% Restpolymer, welches mithilfe des CreaSolv[®] Prozesses¹ extrahiert und zurückgewonnen wird. Die beiden Metallfraktionen, die den Prozess verlassen, besitzen eine so hohe Reinheit, dass hierfür von den Metallurgen ein deutlich höherer Abnahmepreis gezahlt wird. Im Rahmen des Vortrags wird das vom Fraunhofer-Institut IVV erarbeitete Gesamtkonzept zur Verwertung von Galvanikabfällen beschrieben. Insbesondere werden der Prozessschritt der Aufschlusszerkleinerung und die eingesetzten Technologien von der Hosokawa Alpine AG dargestellt.

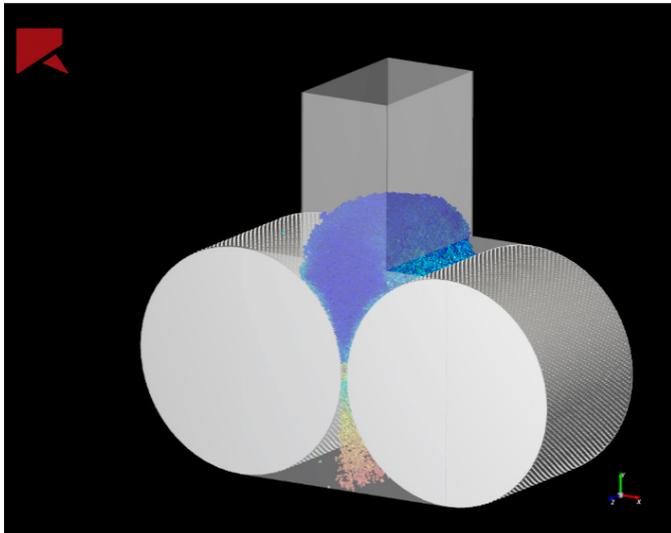
¹ CreaSolv[®] ist ein eingetragenes Markenzeichen der CreaCycle GmbH, Grevenbroich (weitere Informationen: <https://www.ivv.fraunhofer.de/de/forschung/verfahrensentwicklung-polymer-recycling/hochwertiges-kunststoffrecycling.html>)

Diskrete Element Methode - Simulation und Validierung für eine Hochdruck-Walzenmühle	V19
Luca Benvenuti	
<i>CADFEM GmbH</i>	
Lbenvenuti (at) cadfem.de	

Um die Leistung eines Zerkleinerungsprozesses zu maximieren, kann die Effektivität eines Hochdruck-Walzenmühle-Designs schnell und präzise durch Diskrete Element Methode evaluiert werden. Dabei steht die Maximierung des Durchsatzes im Mittelpunkt während gleichzeitig die Homogenität des erzeugten Mahlgutes berücksichtigt wird. Zusätzlich kann die erforderliche Antriebsleistung ermittelt und in Abwägung der Prozessparameter und Mahlergebnisse optimiert werden. Darüber hinaus kann der Verschleiß von Anlagen untersucht und minimiert werden.

Um eine realitätstreue Abbildung des Partikelverhaltens zu erreichen, stehen leistungsfähige Bruchmodelle zur Verfügung. Dabei ist die auftretende Stoßenergie zwischen den Partikeln oder den Partikeln und der Wand eine wichtige Größe, die den Bruch auslöst. Um die daraus abzuleitende Energie korrekt zu erfassen wurde das etablierte Potapov-Donau-Bruchmodell in DEM integriert. Dieses Bruchmodell vereinigt eine einfache Kalibrierung, eine realitätstreue Korngrößenverteilung nach dem Bruch sowie eine einfache Ergebnisdarstellung und -bewertung. Die Parameter für die Kalibrierung werden durch Falltests in einem Laborverfahren ermittelt, bei dem die Streuung des Bruchverhaltens durch statistische Methoden der Versuchsplanung berücksichtigt wird.

Der Vergleich von Versuchsergebnissen mit durchgeführten Simulationen zeigt eine gute Übereinstimmung bzgl. der Leistungsaufnahme, der Walzenkräfte und der Partikel-Korngrößenverteilung.



Comparing existing froth flotation models in a case study of a scheelite ore	V20
Nathalie Kupka , Martin Rudolph	
<i>Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf - Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie</i>	
n.kupka (at) hzdr.de	

Froth flotation has been subjected to modelling since the 1930s and there are a great variety of approaches and subsequent models that tried to portray the entire process. There are three models that could be considered exhaustive: the Pyke model [1], the Yoon model [2] and the Schwarz and Koh model [3].

Using a scheelite ore as a test case, a specific flotation test was repeated ten times and analyzed with ICP-MS, XRF, MLA, ICP-OES and a bubble viewer for chemical assays, mineralogical studies, water analyses and froth properties respectively. pH, Eh, dissolved oxygen and pulp conductivity were monitored during the tests.

The detailed results are used to feed the three flotation models aforementioned and to compare the results in order to identify strengths and weaknesses of said models. This presentation intends to pave the path towards reliable process model incorporating in depth mineralogy information, e.g. surface liberation and particle size/shape.

1. Pyke, B., Fornasiero, D., and Ralston, J., *Bubble particle heterocoagulation under turbulent conditions*. Journal of Colloid and Interface Science, 2003. **265**(1): p. 141-151.
2. Yoon, R.H., Soni, G., Huang, K., Park, S., and Pan, L., *Development of a turbulent flotation model from first principles and its validation*. International Journal of Mineral Processing, 2016.
3. Schwarz, M.P., Koh, P.T.L., Verrelli, D.I., and Feng, Y., *Sequential multi-scale modelling of mineral processing operations, with application to flotation cells*. Minerals Engineering, 2016. **90**: p. 2-16.

Recovery of strategic metals with biotechnological processes	V21
Esther Gabor, Guido Meurer, <u>Benedikt Hoffmann</u>	
<i>BRAIN AG</i>	
Beh (at) brain-biotech.de	

*Einer Kurzvorstellung/Veröffentlichung im Tagungsband
wurde nicht zugestimmt*

Kompaktierung von Elektrodenfolien aus Lithiumionenbatterien	V22
Denis Werner , Lutz Wuschke, Hans-Georg Jäckel, Urs A. Peuker	
<i>TU Bergakademie Freiberg Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik</i>	
Denis.Werner (at) mvttat.tu-freiberg.de	

Die Entwicklung von immer energie- und leistungsstärkeren Li-Ionen Batterien hat in den letzten Jahren zu einem deutlichen Anstieg von hybrid- und vollelektrischen Automobilen geführt. Diese fallen nach Ablauf ihrer Nutzungsdauer als Altbatterien an und unterliegen der EU-Batterierichtlinie 2006/66EG, wonach mindestens 50 Prozent der Batteriemasse einer stofflichen Verwertung zugeführt werden müssen. Im Gegensatz zu Blei-Säure-Batterien, deren Recycling im großtechnischen Maßstab den Stand der Technik darstellt, existieren für das Recycling der Li-Ionen Batterien nur Anlagen, die auf energie- und kostenintensiven pyro- und hydrometallurgischen Prozessen basieren und die geforderten Recyclingeffizienz nur unter bestimmten Umständen erfüllen.

Das Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik der TU Bergakademie Freiberg hat deshalb im Rahmen eines bilateralen Forschungsprojekts mit der BMW Group München ein leistungsfähiges und energetisch effektives Recyclingverfahren für Li-Ionen Batterien entwickelt, das hauptsächlich auf klassischen mechanischen Grundprozessen wie Zerkleinern, Klassieren und Sortieren beruht. Die technische Machbarkeit konnte im kleintechnischen Maßstab nachgewiesen werden. Für die Wirtschaftlichkeit einer geplanten großtechnischen Aufbereitungsanlage spielt jedoch die Produktzusammensetzung der Metallkonzentrate eine zentrale Rolle, deren Qualitäten noch Verbesserungspotential aufweisen.

Dazu stellt die Erhöhung der Produktqualität des Kupfer- und Aluminiumkonzentrats den aktuellen Forschungsschwerpunkt dar. Das Gemisch aus den Stromleiterfolien wird zunächst in einer Hammermühle zerkleinert und anschließend mittels einer Aerostromsortierung im Zick-Zack-Sichter getrennt. Als Trennmerkmal werden die unterschiedlichen quasistationären Sinkgeschwindigkeiten der Kupfer- und Aluminiumpartikel ausgenutzt. Die quasistationäre Sinkgeschwindigkeit eines Partikels ergibt sich als Funktion seiner Partikelform, -größe und Partikeldichte. Aufgrund der Wirkung des Gleichfälligkeitsprinzips, welches besagt, dass bei konstanter Partikelgröße spezifisch leichte und kugelförmige Partikel gleiche quasistationäre Sinkgeschwindigkeiten aufweisen wie spezifisch schwere und plattenförmige Partikel, wird nur eine relativ niedrige Trennschärfe für die Aerostromsortierung erreicht.

Durch eine gezielte Kompaktierung/ Verkugelung soll die Form der Aluminium- und Kupferpartikel derart beeinflusst werden, dass bei der anschließenden Stromsortierung eine höhere Trennschärfe erreicht und die Produktqualität der Konzentrate verbessert wird. Im Rahmen des Betrags werden aktuelle Untersuchungsergebnisse zur Charakterisierung des Kompaktierungsgrad und zu den Auswirkungen auf die Trennschärfe für eine Stromsortierung vorgestellt. Abschließen werden ein Ausblick auf die weitere Vorgehensweise und Vorschläge für mögliche technologische Anwendungen für das Aufbereitungsverfahren.

Einflussgrößen der Selektiven Zerkleinerung bei Prallbeanspruchung	V23
Max Hesse	
<i>TU Bergakademie Freiberg Institut für Aufbereitungsmaschinen</i>	
M.Hesse (at) iam.tu-freiberg.de	

Selektive Zerkleinerung (SZ) ist eine Eigenschaft eines Zerkleinerungssystems und führt entweder zur bevorzugten Rissausbreitung in einem Bestandteil (Vorzugszerkleinerung, preferential breakage) oder zur bevorzugten Rissausbreitung entlang der Korngrenzen (selektive Zerlegung, interfacial breakage). SZ resultiert aus einem unterschiedlichen Zerkleinerungsverhalten der verschiedenen Bestandteile im Aufgabematerial. Für die mechanische Zerkleinerung scheint die Vorzugszerkleinerung der wichtigste Fall zu sein. Erst durch die SZ (Vorzugszerkleinerung) wird ein Unterschied in der Partikelgröße der Bestandteile als Trennmerkmal erzeugt. SZ kann zur Trennung von Erz und Nebengestein, zur Trennung von Erzvarietäten und zur Trennung von Erz- und Bergemineralen verwendet werden.

Selektive Zerkleinerung als Element eines Sortierprozesses hängt von drei Systembestandteilen ab: dem Aufgabematerial, der Maschine zur (Vorbeanspruchung und) Zerkleinerung und der Maschine zur Trennung. Das Aufgabematerial definiert das Potential zur SZ. Die Maschine zur Zerkleinerung muss dieses Potential erschließen. Das Ausmaß der Potentialerschließung hängt von der Konstruktion und den Betriebsparametern der Maschine sowie den eingesetzten Werkstoffen ab. Diese Parameter müssen an das stoffliche Potential angepasst werden. Nach der SZ liegen die Bestandteile noch nebeneinander im Produkt vor. Erst in der nachfolgenden Maschine zur Trennung werden die Bestandteile separiert. Bei Vorzugszerkleinerung bietet sich meist ein Klassierprozess an.

Der Einfluss des stofflichen Potentials und der Zerkleinerungsmaschine auf die Trennbarkeit der Bestandteile mittels SZ wurden für die Prallbeanspruchung untersucht. Ein Blei-Zink-Erz (Pomorzany bei Krakow, Polen) ein Kupfer-Molybdän-Erz (Los Pelambres, Chile) und ein Fluorit-Baryt-Erz (Marienberg, Erzgebirge, Deutschland) wurden verwendet. Als stoffliche Einflussgrößen wurden die Dichte- und Festigkeitsunterschiede zwischen den jeweiligen Bestandteilen und zusätzlich die Aufgabepartikelgröße untersucht. Als maschinelle Einflussgrößen wurde die Prallgeschwindigkeit variiert. Die Untersuchungen wurden mittels Einzelpartikelzerkleinerung in einer Schussapparatur (MVT-AT, TU Bergakademie Freiberg) durchgeführt.

Als erstes soll der Einfluss des stofflich gegebenen Potentials aus Dichte- und Festigkeitsunterschied der Bestandteile betrachtet werden. Für verschiedene Aufgabepartikelgrößen (6,3 mm - 31,5mm) und Prallgeschwindigkeiten (17,5 m/s – 70 m/s) zeigt sich stets eine deutliche Dominanz des Festigkeitsunterschieds gegenüber dem Dichteunterschied. Bei der Bewertung des stofflichen Potentials erhalten damit die Festigkeitseigenschaften eine größere Bedeutung. Die Aufgabepartikelgröße (stoffliche Einflussgröße) und die Prallgeschwindigkeit (maschinelle Einflussgröße) sind beides Einflussgrößen bei der Prallbeanspruchung, die bei einem gegebenen Erz angepasst werden müssen. Für den gesamten untersuchten Parameterbereich ist der Einfluss der Prallgeschwindigkeit höher oder gleich dem Einfluss der Aufgabepartikelgröße. Beide Parameter bieten damit eine gute Möglichkeit, das Ausmaß der Erschließung eines stofflichen Potentials zur SZ zu erhöhen.

Die vorliegende Arbeit wurde durch die Europäische Union (Europäischer Sozialfond) und den Freistaat Sachsen (Antragsnr. 100270113) gefördert und ist Teil des Projektes *InnoCrush - Dynamische Verfahren der mechanischen Gesteinszerkleinerung und hohe Selektivität in Prozessketten bei der Gewinnung wirtschaftsstrategischer Primärrohstoffe in Sachsen*



Screening the potential of Halophilic bacteria for Pyrite bio depression	P1
Guillermo Luque Consuegra ; Katrin Pollmann; Sabine Kutschke; Martin Rudolph; Sylvi Schrader; Anja Oestreich	
<i>Helmholtz Zentrum Dresden Rossendorf; Helmholtz Institut Freiberg</i>	
g.luque-consuegra (at) hzdr.de	

The separation of minerals has been a pressing issue in the last decades. One of the most common techniques to separate useful minerals from gangue minerals is Froth Flotation. Flotation is a relatively cheap and efficient process but the use of harmful chemicals and continuous decrease in ore quality due to the scarcity of high grade ores has motivated researchers to find alternative solutions to the standard flotation reagent scheme in order to make the process more efficient and environmentally friendly. Bioflotation has the potential of making the beneficiation of minerals more efficient and environmentally friendlier. Different bacteria and bacterial products have demonstrated to have prospective applications in bio flotation of different minerals (Behera and Mulaba-Bafubandi, 2016). Halophilic bacteria are adapted to high salinity environments and other extreme conditions. Halophilic bacteria produce Extracellular Polymeric Substances (EPS) that aid them in the formation of biofilms and resist abrupt changes in salinity, pH, temperature and pressure. These EPS could have potential applications in flotation operations performed in sea water, such as the Copper-Molybdenum flotation operations in Chile. To date, there are no reports of halophilic bacteria been used in bio flotation experiments.

Halomonas boliviensis, *Marinobacter* spp, *Halobacillus* sp, *Marinococcus* sp and *Halomonas eurihalina* were studied to examine their potential as pyrite bio depressants, a gangue mineral common in Cu-Mo flotation. Micro flotation experiments using Hallimond tubes as well as flocculation, adsorption and Zeta potential experiments were performed in order to report the potential of these bacteria in the flotation process. In this study we will show the first results of using halophilic bacteria as Pyrite bio depressants, as well as an initial characterisation of the Extracellular Polymeric Substances excreted by these bacteria that could have an influence on the adsorption and mechanism by which these bacteria alter the surface of Pyrite.

Erzeugen hochwertig-permeabler Dolomitmörnungen für den Brennprozess	P2
Tony Fraszczak ¹ , Thomas Mütze ¹ , Bernd Lychatz ² , Olaf Ortlepp ³ , Urs A. Peuker ¹	
¹ Technische Universität Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik,	
² Technische Universität Bergakademie Freiberg, Institut für Eisen- und Stahltechnologie, ³ Wünschendorfer Dolomitwerk GmbH	
Tony.Fraszczak (at) mvttat.tu-freiberg.de	

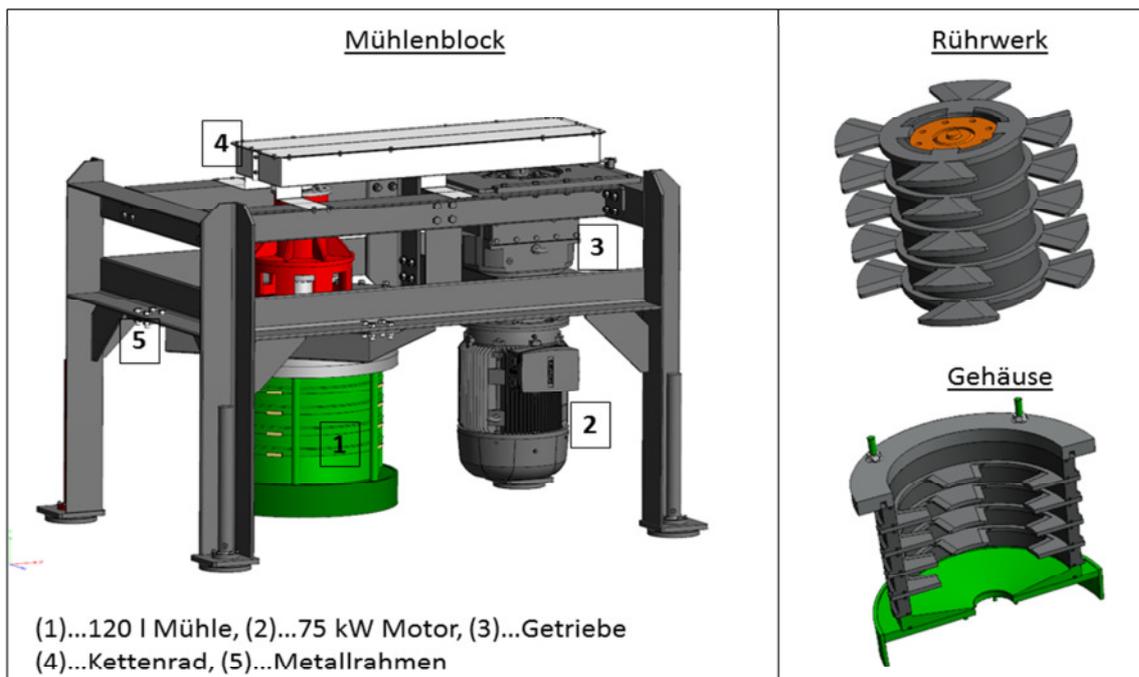
Dolomit wird als Zuschlagstoff für den Straßenbau und bei der Betonherstellung genutzt, ist Hauptbestandteil von Mineralwolle sowie technischen Gläsern und wird als Düngemittel in der Landwirtschaft verwendet. Im gebrannten Zustand wird Dolomit in der Wasseraufbereitung und als Schlackenbildner bei der Stahlerzeugung eingesetzt; die Erlöse liegen hier deutlich höher als bei den erstgenannten Anwendungen.

Die Herstellung von gebranntem Dolomit erfolgt im Schachtofen, in denen für eine hinreichende Durchströmbarkeit des Wanderbetts klassisch vor allem auf ein definiertes Kornband geachtet wird, im vorliegenden Fall zwischen 25 und 70 mm. Die Durchströmbarkeit eines Materialbetts wird aber neben der Korngröße wesentlich von der Korngrößenverteilung, Kornform und Packungsdichte bestimmt. Die Gewinnung des Rohdolomits erfolgt bei der Wünschendorfer Dolomitwerk GmbH im Untertagebau. Um die Ausbeute der aufgefahrenen Lagerstätte zu erhöhen und somit einen geringeren Landschaftsverbrauch sowie eine bessere Ressourceneffizienz zu gewährleisten wurden halbtechnische Durchströmungsversuche durchgeführt, mit denen eine Erweiterung des gegenwärtig verwendeten Kornbandes mit kleineren Korngrößen untersucht wurde. Im vorgestellten Beitrag werden die Ergebnisse dieser Untersuchungen und die sich daraus ableitenden Konsequenzen für den Schachtofenbetrieb und die Lagerstättenausbeute zusammengefasst.

Scale Up einer vertikalen Rührwerkskugelmühle für den Aufschluss hochwertiger Erze	P3
Karsten Großmann, Urs A. Peuker	
<i>TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik</i>	
Karsten.Grossmann (at) mvtat.tu-freiberg.de	

Das „RoStar“-Projekt, welches vom EIT RawMaterials gefördert wird, beschäftigt sich mit der Maßstabvergrößerung einer vertikal betriebenen Rührwerkskugelmühle vom Labormaßstab in den kleintechnischen Maßstab zur Erzaufbereitung. Ziel des Projektes ist die Installation eines Mahlkreislaufes in einer Containeranlage, was den Transport und den Einsatz der Anlage im Bypass einer industriellen Erzaufbereitungsanlage ermöglicht.

Im Fokus der Untersuchungen stehen die Verschleißbeständigkeit der Mühlenaggregate, die Energieeffizienz des Zerkleinerungsprozesses und die Produkteigenschaften des zerkleinerten Materials. Vor einem möglichen großtechnischen Einsatz muss die Rotor-Stator-Geometrie der Mühle validiert und die im Fokus stehenden Fragestellungen aus verfahrenstechnischer und maschinenbaulicher Sicht umfassend untersucht werden.



Probenaufbereitung im Routinelabor – eine Herausforderung für Material, Geräte und Qualitätssicherung	P4
Axel Ulbricht, Thomas Hoppe	
<i>Eurofins Umwelt Ost GmbH</i>	
ThomasHoppe (at) eurofins.de	

Im Routinelabor der Eurofins Umwelt Ost GmbH in Freiberg-Hilbersdorf werden täglich eine Vielzahl verschiedenartigster Proben angeliefert, die auf unterschiedlichste Weise vorbehandelt, bei parameterspezifischen Temperaturen getrocknet, mit diversen Geräten zerkleinert, gemahlen und mit sinnvollen Aufschlüssen in die Flüssigphase überführt werden sollen. Damit müssen zum einen normative Vorgaben eingehalten werden, es dürfen weder Minder- noch Mehrbefunde entstehen und es muss der von den Auftraggebern vorgegebenen Aufgabenstellung der Analyse v.a. bei der Probenvor- und -aufbereitung genügt werden.

Unsere Auftraggeber erwarten von unserem Labor am Ende der analytischen Prozesskette richtige Analysenwerte, die zum überwiegenden Teil von der Auswahl fachgerechter Aufbereitungsschritte, Geräte und Materialien bestimmt werden. Die Resultate werden zum Teil für weitreichende Entscheidungen herangezogen und müssen dementsprechend sicher sein.

Im Beitrag werden für verschiedene Probenarten (wie silikatische Rohstoffe, Erze, Sekundärbrennstoffe, Baurestmateriale), unterschiedliche Matrices (Verbundmaterial, Kunststoffe, Metalle) und diverse analytische Aufgabenstellungen geeignete Prozessschritte für Aufbereitung und Aufschlüsse als determinierende Faktoren zum Erreichen richtiger Analysenwerte beschrieben. Entsprechend der zu erwartenden Probeninhomogenitäten werden mögliche Klassierungs- und Sortierungsvorgänge beschrieben und die Anzahl der analytisch notwendigen und sinnvoll auszuführenden Doppel- oder Mehrfachbestimmungen festgelegt.

Einzusetzende und zu vermeidende Geräte und Materialien werden diskutiert und es werden die in der Routineanalytik unseres Labors eingeführten fachlich begründeten Qualitätssicherungsmaßnahmen vorgestellt und diskutiert. Dabei wird nicht nur auf die Aufbereitung anorganischer Proben und Bestandteile eingegangen, sondern auch das richtige Behandeln von mit organischem Material angereicherten Proben beleuchtet.

Metallschmelzefiltration – Untersuchung der Mikroprozesse für die Abscheidung und Agglomeration (SFB 920)	P5
Paul Knüpfer , Daniel Hoppach, Lisa Ditscherlein	
<i>TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik</i>	
paul.knuepfer (at) mvtat.tu-freiberg.de	

Die Erhöhung der Metallqualität ist das zentrale Ziel des Sonderforschungsbereichs 920 an der TU Freiberg. Eine höhere Metallqualität führt zu geringeren Ausschussraten und exzellenten mechanischen Eigenschaften, welche einen Innovationsschub für Leichtbau- und Sicherheitskonstruktionen bietet. Realisiert werden soll dieses Ziel mithilfe aktiver und reaktiver Filterwerkstoffe, welche während der Metallschmelzefiltration endogene und exogene oxidische Verunreinigungen aus der Metallschmelze abscheiden und mit gelösten Gasen reagieren. Die Kenntnis wirkender Mechanismen vor und während der Filtration ist dabei essentiell.

Die hohen Prozesstemperaturen sowie die Opazität der Metallschmelzen machen eine Untersuchung im Realsystem nahezu unmöglich. Aus diesem Grund wurde ein Modellsystem basierend auf Wasser als Modellflüssigkeit, Aluminiumoxidpartikeln und Keramikfiltern, entwickelt, welches die realen Benetzungseigenschaften durch chemische Oberflächenbehandlung widerspiegelt und für die Untersuchungen in den Teilprojekten B01 und B04 des SFB 920 genutzt wird.

Haftkraftmessungen mittels Rasterkraftmikroskop zeigen, dass die Haftkräfte zwischen Partikel und Filteroberfläche maßgeblich von der Benetzbarkeit abhängen, wobei eine schlechte Benetzbarkeit der Flüssigkeit auf Filter- und Partikeloberfläche zu hohen Haftkräften führt. Auch ein Temperatur- und Rauheitseinfluss auf die Haftkraftverteilung kann nachgewiesen werden.

Weitere Untersuchungen am Modellsystem erfolgen an einer extra für diese Untersuchungen konstruierten und gefertigten halbtechnischen Versuchsanlage. Durch diese Teilautomatisierung einzelner Prozessschritte können die Versuche unter reproduzierbaren Parametern effizient durchgeführt werden. Das Volumen der Modellschmelze, welches den Filter passiert, kann dabei bis zu 70 l betragen. In Kombination mit strömungsreduzierenden Blenden sind Versuchsdauern von über einer halben Stunde möglich. Die Zugabe von verschiedenen großen Partikelklassen in Kombination mit der Durchströmungsgeschwindigkeit und der ppi-Zahl der Filter ergibt eine Vielzahl an möglichen Versuchsparametern, die die Abscheiderate der Filter beeinflussen.

Zusätzlich werden Untersuchungen zur Agglomerationskinetik von Modellpartikeln in wässrigen Phasen durchgeführt. In Abhängigkeit der Haftkräfte, welche durch die Benetzungseigenschaften variieren, werden verschiedene Agglomeratgrößen erreicht. Auf den hydrophoben Partikeln befinden sich nanoskopisch kleine Gasreservoirs (sog. Nanobubbles), welche durch Rasterkraftmikroskopie detektiert werden können und die Haftkräfte verstärken.

Neue Lösungen für höchste Endfeinheiten bei der Carbon-Black-Herstellung	P6 1/2
Sylvia Bräunlein, Steffen Sander	
<i>Hosokawa ALPINE AG</i>	
Kay Oelschläger s.sander (at) alpine.hosokawa.com	

Carbon Black, gezielt hergestellter Industrieruß, steckt in Autoreifen ebenso wie in Kunststoffen, Druckfarben oder anderen chemietechnischen Produkten. So vielfältig wie die Einsatzbereiche sind die Anforderungen an den exakten Qualitätsgrad dieses chemischen Grundstoffs. Die jeweilige Spezifikation wird im Produktionsprozess wesentlich durch die Zerkleinerungstechnik bestimmt. In den Fertigprodukten werden in der Regel Siebrückstände von nur wenigen ppm auf einem 45-µm-Sieb (325 Mesh) akzeptiert. Wie es die deutsche Bezeichnung Industrieruß nahelegt, handelt es sich bei Carbon Black um Ruß, der in einer Flammensynthese gezielt hergestellt wird. Angestrebt wird dabei in der Regel sehr reines Carbon Black, etwa als Füllstoff für hochqualitative Gummiprodukte. Im Gegensatz dazu handelt es sich bei der Gewinnung von Carbon Black durch die Pyrolyse von Altreifen um eine relativ neue Technologie. Die Altreifen durchlaufen mehrere Aufbereitungsstufen, um ein weitgehend reines Gummigranulat zu erzeugen. Dieses bildet das Ausgangsmaterial für die Pyrolyse, die bei Temperaturen von mehreren hundert Grad Celsius unter Sauerstoffausschluss zur Bildung organischer Verbindungen führt. Neben Öl und reinen Gasen bleibt nach der Pyrolyse auch Carbon Black zurück. Dessen Gehalt an Ascheresten und Verunreinigungen ist jedoch deutlich höher als bei der Flammensynthese. Daher ist die anschließende Zerkleinerung anspruchsvoller, aufwändiger und auch energieintensiver.

Für die Aufbereitung von Carbon Black aus der Flammensynthese, bei der es im Wesentlichen um die Zerkleinerung von Agglomeraten (sog. Grit) geht, wurde die Sichtertermühle Mikro® E-ACM speziell entwickelt (Abbildung). Das pneumatisch zugeführte Mahlgut gelangt zuerst in die Mahlzone im unteren Teil der Maschine. Die E-ACM verfügt über ein spezielles Rotorkonzept, bei der die Mahlzone verlängert und dadurch die Mahleffizienz nochmals verbessert wird. Die vom nachgeschalteten Ventilator durch die Mühle gesaugte Prozessluft, die zur Kühlung, zum Transport und als Sichtluft dient, erfasst das Mahlgut und führt es in die Sichtzone im oberen Teil der Maschine. Dort arbeitet ein separat angetriebenes dynamisches Sichtrad. Das Grobgut wird vom Sichtrad abgewiesen und gezielt in die Mahlzone zurückgeführt und erneut beansprucht. Das Feingut passiert das Sichtrad und tritt aus der Sichtertermühle aus. Die Trenngrenze wird über die Drehzahl des Sichtrades eingestellt und lässt sich während des Mahlbetriebs stufenlos regulieren. Diese Technologie ermöglicht Grit-Levels von nur 2-5 ppm.



Abbildung 1: Sichtertermühle Mikro® E-ACM 200

Neue Lösungen für höchste Endfeinheiten bei der Carbon-Black-Herstellung	P6 2/2
Sylvia Bräunlein, Steffen Sander	
<i>Hosokawa ALPINE AG</i>	
Kay Oelschläger	
s.sander (at) alpine.hosokawa.com	

Für die Mahlung von Carbon Black aus der Pyrolyse von Altreifen empfiehlt sich eine Gegenstrahlmühle wie das Modell TDG. Bei der Strahlmahlung wird heiße Luft unter relativ niedrigem Druck (3-4 bar) über drei bis vier ringförmig angeordnete Spezial-Düsen in den Mahlraum eingebracht. Die Zerkleinerung erfolgt ausschließlich durch Partikel-Partikel-Kollisionen innerhalb der Gasstrahlen. Da sich keine Maschinenbauteile in der Mahlzone befinden, werden sowohl ein Maschinenverschleiß wie auch eine Kontamination des Mahlguts vermieden. Damit eignet sich das Verfahren insbesondere auch für harte Partikel und hohe Reinheiten, wie sie bei Carbon Black charakteristisch sind. Auch bei der TDG ist ein Sieb integriert. Das patentierte Sieb der TDG Mühle ist beidseitig gelagert, was extrem hohe Drehzahlen bei gleichzeitig vermindertem Druckverlust ermöglicht. Damit lassen sich auch feinste Produkte wirtschaftlich herstellen (Abbildung 2)

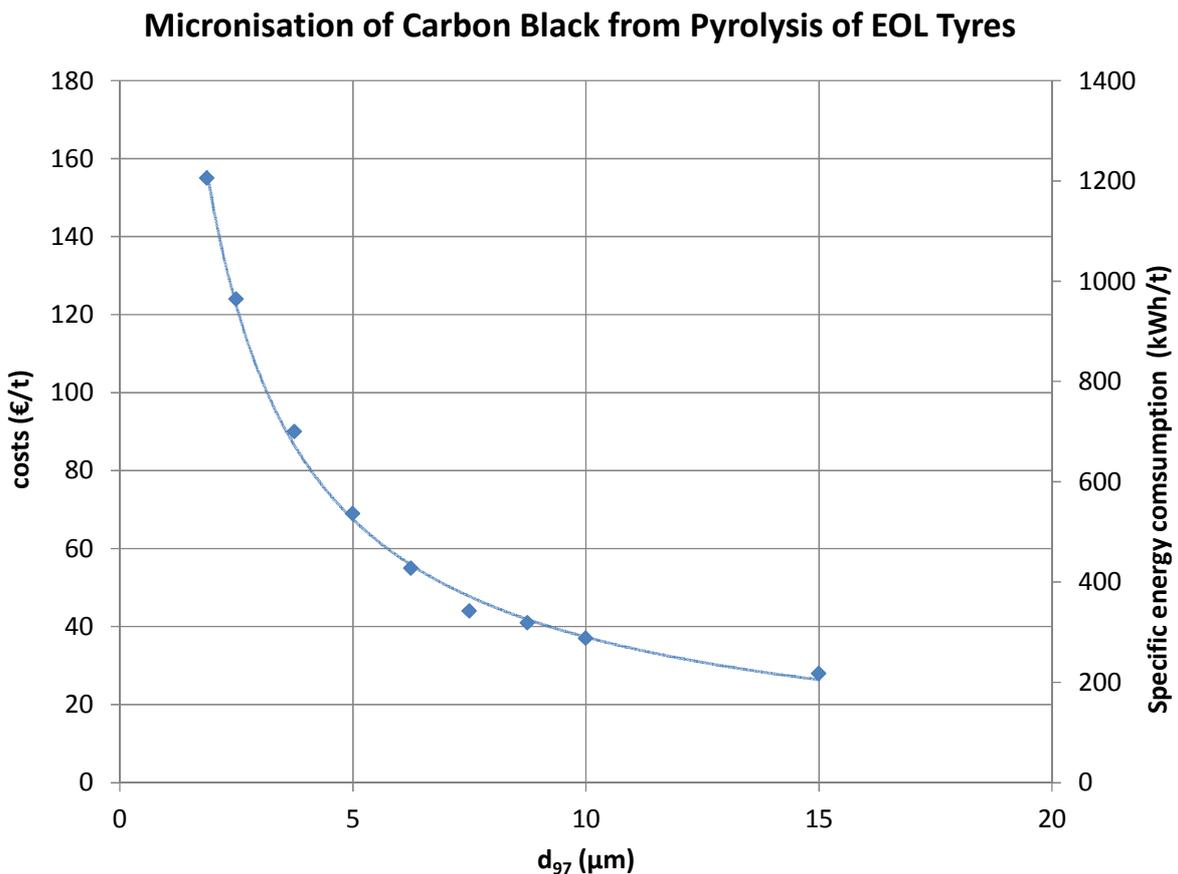


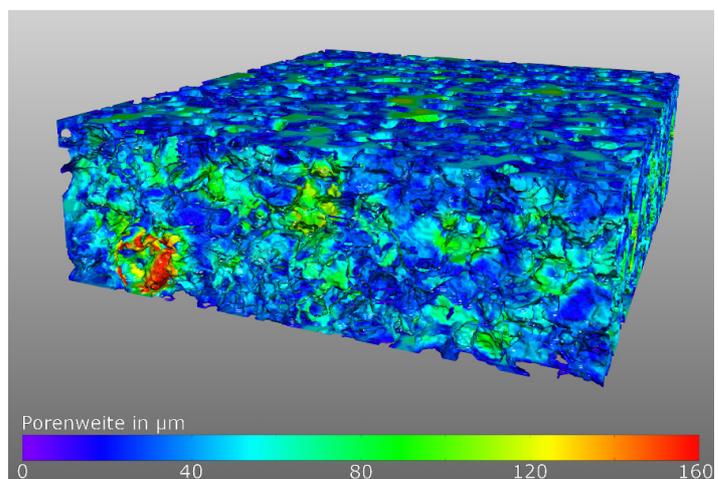
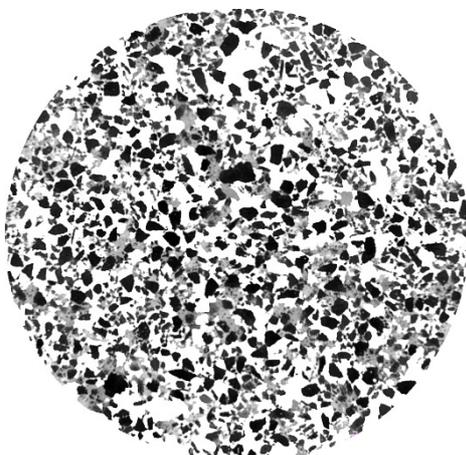
Abbildung 2: Kosten/spezifischer Energieverbrauch für die Mikronisierung von Carbon Black (enthält alle Energieaufwände für die Feinmahlung mit einer HOSOKAWA ALPINE TDG inklusive Nebenaggregaten, Kosten basieren auf eine Preisannahme von 0,13 €/kWh)

Analyse der Struktur und des Porenraums von Filterkuchen unter Verwendung von Röntgenmikroskopie	P7
Erik Löwer , U. A. Peuker	
<i>TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik</i>	
Erik.Loewer (at) mvtat.tu-freiberg.de	

Zuverlässige Informationen über ablaufende Mikroprozesse während der Filtration und dem anschließenden Entfeuchten von Filterkuchen erlauben präzisere Angaben bei der Prozessauslegung vieler industrieller Anwendungen, bei denen Fest-Flüssig Trennschritte zum Einsatz kommen. Dabei beeinflussen vornehmlich verteilte Partikeleigenschaften wie Größe und Form den Kuchenaufbau und die Ausbildung des porösen Netzwerkes, sowohl in horizontaler, als auch in vertikaler Richtung. Vorhandene Modelle aus der Literatur berücksichtigen verteilte Eigenschaften meist nur mit einem begrenzten und zudem häufig empirischen Parametersatz. Deshalb stellt das Verknüpfen experimenteller Daten mit charakteristischen Netzwerkparametern das langfristige Ziel des Projektes dar.

Mittels des Röntgenmikroskops ZEISS Xradia 510, einer Kombination aus Röntgentomographie und einer Mikroskopieoptik, wurden Vorversuche von Filterkuchen unter Einsatz zweier verschiedener Größenordnungen durchgeführt (Down-Scale Faktor von $A_1/A_2 = 100$ (A bedeutet effektive Filterfläche)). Als Ausgangsmaterial lagen dabei gebrochene Partikel unterschiedlicher Größenklassen (20 ... 200 μm) in wässriger Lösung mit Beimischung von kontrastverstärkendem Additiv und Bindemittel für die Probennahme vor. Die Bildbearbeitung der gewonnenen Grauwertbilder beinhaltete Filter zum Entrauschen, Kantenschärfung und eine zweistufige Segmentierung, um Gasphase, Feststoffphase und Bindemittel voneinander unterscheiden zu können.

Die Analyse der Größenverteilung im Haufwerk und der dispers vorliegenden Ursprungspartikelgrößenverteilung bei Vergleich mit einer 2D und 3D Bildauswertung sowie der Messung mittels Laserbeugung liefert eine gute Übereinstimmung bei groben Partikeln. Die Ergebnisse aus der Laserbeugungsmessung ergeben allerdings einen größeren Anteil feiner Partikel. Alle berechneten Formfaktoren wie z.B. die Zirkularität, das Aspektverhältnis oder die Sphärizität zeigen einen ähnlichen Trend hin zu kompakteren Partikeln mit sinkender Partikelgröße. Die Porenradienverteilung über die Höhe und Breite des Filterkuchens weist Unterschiede der Porengröße in horizontaler, aber nicht in vertikaler Richtung auf.



Abbildungen: Querschnitt des Filterkuchens (l.) und Porenradienverteilung aus Volumenmodell (r.)

Bioflotation – Kombination der Biotechnologie mit dem klassischen Prozess der Flotation	P8
Sylvi Schrader , Sabine Kutschke, Katrin Pollmann und Martin Rudolph	
<i>Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf - Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie</i>	
s.schrader (at) hzdr.de	

Die Idee der Verknüpfung von Biotechnologie mit der Aufbereitung von Mineralien wurde auf den Gebieten Bioleaching von Metallen und Bioremediation mineralischer Abfälle bereits eingehend untersucht. Ein neues Interessensgebiet ist nun die Kombination von Biotechnologie mit dem klassischen Prozess der Flotation.

Diesem Zweck steht eine Vielzahl unterschiedlichster biologischer Komponenten zur Verfügung. Neben vollständigen Zellen oder ganzer Biofilme besteht auch die Möglichkeit Zellbestandteile, wie Zellwände, Nukleinsäuren oder Peptide zu verwenden. Des Weiteren können aber auch Zellprodukte, wie extrazelluläre polymere Substanzen (EPS), Biotenside bzw. Emulgatoren, sowie Biomoleküle wie Siderophoren Anwendung finden. Letztere stechen vor allem durch ihre strukturelle Vielfalt und Fähigkeit starke Komplexe mit unterschiedlichen Metallen zu bilden, heraus.

Aufgrund unterschiedlichster Eigenschaften ist auch der Einsatzbereich als Reagenz im Flotationsprozess sehr vielseitig vorstellbar, sodass die Rolle von Drückern, Sammlern, Schäumen und Oberflächen modifizierenden Reagenzien übernommen werden können.

Neben der nachhaltigen Herstellung der Bioreagenzien, stellt auch die Verminderung des Einsatzes umweltschädlich traditioneller Flotationsreagenzien einen großen Vorteil dar. Des Weiteren erhöht die Bindungsspezifität, sowie die Möglichkeit der Flotation kleinster Partikel die Effizienz der Prozesse und erweitert sogleich den Anwendungsbereich. Durch das Vorkommen angepasster Mikroorganismen an unterschiedlichster Lebensräume, besteht auch die Chance Flotationsprozesse an extremen Bedingungen zu adaptieren.

Der Einsatz von Biomolekülen im Prozess der Flotation kann sowohl für die Gewinnung primärer Rohstoffe, als auch sekundärer Rohstoffe und der Durchführung von Recycling Verfahren erfolgen und birgt ein hohes Potenzial für einen effizienten Trennprozess.

Selektive Gewinnung von Seltenen Erden durch Flüssig-Flüssig Extraktion mit präorganisierten Calixarenen	P9 1/2
Norbert Schreiter , Peter Fröhlich, Martin Bertau	
<i>TU Bergakademie Freiberg, Institut für Technische Chemie</i>	
norbert.schreiter (at) chemie.tu-freiberg.de	

Deutschland besitzt nur noch wenig aktive Erzlagerstätten, wie für Eisen- oder Kupfererz und ist bei der Rohstoffversorgung stark von Importen abhängig, so auch für Seltene Erden [1,2]. Zwar sind die Rohstoffpreise am Weltmarkt für Seltene Erden (SE) nach 2015 gesunken, aber die Abhängigkeit von chinesischen Importen liegt weiterhin über 90 %. Zudem bleibt die Anwendung von Seltenen Erden in Spitztechnologien, wie Dauermagneten, Leuchtstoffen, OLED's oder auch Poliermittel auf einem konstant hohen Niveau. Innovationen und Verbesserungen bestehender Technologien tragen dabei im Wesentlichen zur Rohstoffsicherung bei. Gerade aus polymetallischen Gemischen ist die Trennung von einzelnen Seltenen Erden untereinander zwar extraktiv möglich, aber sehr teuer und mit konventionellen Extraktionsmitteln meist nur mit mehreren tausend Trennstufen möglich (Selektivitäten zw. 1-2) [3]. Dieses zu verbessern wurde im r4-Projekt SE-FLEX [FKZ: 033R132] eine neue Klasse von Extraktionsmitteln untersucht, die sich durch eine hohe Koordinationsstärke gegenüber Seltenen Erden auszeichnen [4,5]. Dabei handelt es sich um präorganisierte Calix[4]arene, die als Grundgerüst aus 4 ringverknüpften Phenol-Einheiten bestehen. Eine gezielte Funktionalisierung sowohl an der oberen, als auch der unteren Ringstruktur ermöglicht eine Veränderung der molekularen Eigenschaften in der Komplexierung von Seltenen Erden als auch den physikalischen Eigenschaften, wie der Löslichkeit in verschiedenen Solventien. Im Projekt ist die Funktionalisierung hauptsächlich am unteren Ring vorgenommen worden, um über eine Zangenstruktur eine selektive Koordination zu ermöglichen. Als Leitstrukturen erwiesen sich phosphorbasierte (Komponente 1) und stickstoffbasierte (Komponente 2) Calixarenstrukturen als vielversprechende Komplexligenanden für Seltene Erden.

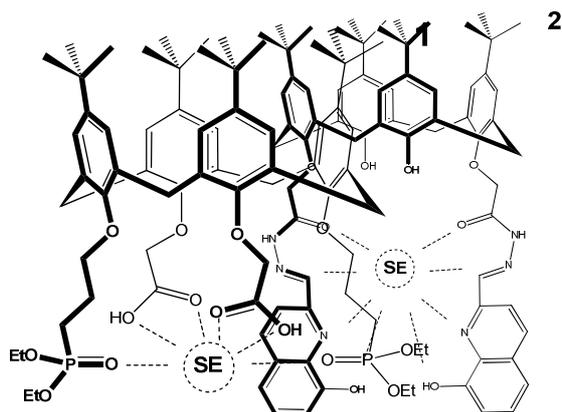


Abb. 1: Präorganisierte Calix[4]arene zur selektiven Flüssig-Flüssig-Extraktion von Seltenen Erden (SE) mit zwei verschiedenen funktionalisierten Calixarensystemen-Komponente 1- links, Komponente 2- rechts

Selektive Gewinnung von Seltenen Erden durch Flüssig-Flüssig Extraktion mit präorganisierten Calixarenen	P9 2/2
Norbert Schreiter , Peter Fröhlich, Martin Bertau	
<i>TU Bergakademie Freiberg, Institut für Technische Chemie</i>	
norbert.schreiter (at) chemie.tu-freiberg.de	

Die Komponenten wurden hinsichtlich ihrer Löslichkeit in verschiedenen Solventien und verschiedenen Extraktionsparametern, wie pH-Wert, Konzentrationen für Extraktion und Reextraktion untersucht. Für Modelllösungen dienten chloridische Seltene Erden von Ce, La, Pr, Nd, Gd, Tb, Er und Y. Zusätzlich wurden noch Trennfaktoren bezüglich oft enthaltener Begleitelemente, wie Fe, Al, Ca, Mg, Zn ermittelt. Dabei zeigte die Komponente 1 und seine Derivate eine sehr starke Affinität gegenüber den Seltenen Erden als Gruppe (> 99 %), wobei ebenfalls eine Teilselektivität zu zahlreichen Begleitelementen, wie Fe, Al, Mg, oder auch Ca beobachtet wurde. Mit der Komponente 2 wurde ein anderes Bindungsverhalten beobachtet, welches die Einzeltrennung von schweren Seltenen Erden ermöglichte. So zeigten besonders Dysprosium als auch Erbium sehr hohe Selektivitäten zu anderen SE-Elementen. Die erreichten Selektivitäten lagen bei $\beta(\text{Er/Dy}) = 4,4$ und $\beta(\text{Dy/Tb}) = 2,5$. Hinzu kommt ein gutes Regenerationsverhalten der Calixarene, was in mehrzyklischen Extraktionen untersucht wurde. Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurden anwendungsorientierte Extraktionen mit Laugungslösungen durchgeführt, woraus exemplarisch die Durchführbarkeit der Calixarenextraktion erfolgreich gezeigt wurde. Damit wird für präorganisierte Calixarene ein großes Potential in der extraktiven Metallgewinnung prognostiziert.

[1] Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Topographie: Bodenschätze in Deutschland, Oeding GmbH, Braunschweig, 2007.

[2] P. Fröhlich, T. Lorenz, G. Martin, B. Brett, M. Bertau, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2017, 56, 2544–2580.

[3] R. Dittmeyer, W. Keim, G. Kreysa, A. Oberholz, *Winnacker-Küchler Chemische Technik: Prozesse und Produkte*, 5. Ed., 6b, VCH-Wiley, Weinheim, 2003, p. 175.

[4] F. Glasneck, K. Kobalz, B. Kersting, *Eur. J. Inorg. Chem.*, 2016, 19, 3111–3122.

[5] A. Jäschke, M. Kischel, A. Mansel, B. Kersting, *Eur. J. Inorg. Chem.*, 2017, 5, 894–901.

Breakage Characterization Based on Ore Components	P10
Alphonse Wikedzi , Sondos Saquran, Thomas Mütze, Urs A. Peuker	
<i>TU Bergakademie Freiberg Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik</i>	
Alphonse-Wendelin.Wikedzi (at) mvtat.tu-freiberg.de	

In mineral processing, it is important to understand how mills respond to different ore blends with different grindability coming from different parts of the deposit. Further, it is also relevant to understand how mineralogical components of different hardness respond to milling, as this has an impact on particle size for the downstream processes. Nevertheless, this is of considerable industrial importance for efficient grinding, mineral liberation, and overall control of grinding circuits.

Most of the fundamental studies for size reduction and modelling of comminution processes are centred on a homogeneous material (i.e. single ore component). However, particles in real comminution systems are heterogeneous in composition and physical properties (i.e. shape, size) and have high difference in grindability. Distinguishing between heterogeneous ore components has benefits which include; designing milling circuits to treat ores based on a single or a group of valuable components, adjustment of process parameters in favour of only the mineral phase of interest (selective grinding), and as a base for development of sensor based pre-concentration techniques (gangue minimization before milling stage).

The main goals in this investigation include; to identify and characterize several ore components from ore blends, determine the breakage characteristics of identified components, and also determine the influence of ore components on the breakage characteristics of heterogeneous ore material. Three ore blends of a low grade copper-gold ore (< 200 mm) from feed to the SAG mill at Buzwagi Gold Mine in Tanzania were used. Firstly, the materials were washed and manually sorted to identify the ore components. The identified ore components were characterized for size and mineral composition by sieving and XRD techniques, respectively. Then single particle breakage tests (i.e. compression) were conducted for selected size fractions of each component using a hydraulic press with maximum load of 50 kN and speed of 15 mm/min. The result from the single particle breakage tests were used to determine important breakage characteristics such as breakage probability, breakage function and breakage energy. In overall, the study is expected to demonstrate how individual ore components influence the breakage characteristics of a heterogeneous copper-gold ore material.

System integrated metal production - the Fairphone example	P11
Markus Reuter	
<i>Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf - Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie</i>	
m.reuter (at) hzdr.de	

This contribution reports on a project completed for Fairphone. The work that will be discussed is summarized in two blogs by Fairphone as well as the references given below:

<https://www.fairphone.com/en/2017/02/27/recyclable-fairphone-2/>

<https://www.fairphone.com/en/2017/08/07/examining-the-environmental-footprint-of-electronics-recycling/>

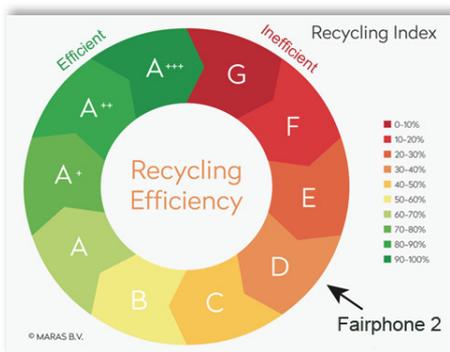
The poster will show some of the results and derive some conclusions from the work using the bill of materials and full materials declaration of the Fairphone, HSC Sim 9 (www.outotec.com) as a simulation tool, GaBi (www.thinkstep.com), calibration from indust

Quantifying Sustainability

FAIRPHONE



Modular design of the Fairphone 2



Recycling Index of the Fairphone 2

- Fairphone is pioneer in the consumer electronics market
 - Conflict free minerals & metals
 - Modular design allows for repairs



- Linking product design to material & metallurgical processing routes
- Quantification of the recycling efficiency of Fairphone 2
- [Blog 1: 27th Feb](#) & [Blog 2: 7th Aug](#)

Key Papers and Software development

Reuter et al. (2015) International Journal of Life Cycle Assessment, 20(5), 671-693
 Rönnland et al. (2016) International Journal of Life Cycle Assessment, 21(10), 1473-1500
 Reuter (2016) Met. Trans B, 47(6), 3194-3220
 HSC Sim: <http://www.outotec.com/products/digital-solutions/hsc-chemistry/>

Outotec

MARAS
 Material Recycling and Sustainability

rial data etc.

Biopolymere für eine saubere Spree	P12
Simona Schwarz¹, Dana Schwarz¹ , Janek Weißpflog ¹ , Andreas Heppe ² , Katja Heppe ²	
¹ <i>Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V. Dresden</i> ² <i>BioLog Heppe GmbH</i>	
schwarz-dana (at) ipfdd.de	

Es wurden optimierte Flockungsmittel auf Basis von Biopolymeren (Chitosan) entwickelt, die erstmals eine gleichzeitige, effektive und umweltfreundliche Entfernung von Eisen- und Sulfationen aus Gewässern ermöglichen.

Von hoher Relevanz ist dies bei der Bekämpfung von Folgeerscheinungen des Bergbaus, wie z.B. auch in den sächsischen Braunkohlegebieten. Dort gelangen nach den Stilllegungen von Tagebauen Eisen- und Sulfationen in die Spree und andere Gewässer. Sie verursachen die sichtbare ockerbraune Verfärbung (Verockerung), stören das ökologische Gleichgewicht, führen zu Störungen der Biosphäre und greifen Bausubstanz im Wasser an.

Bisher genutzte Verfahren zur Abtrennung haben das Problem nicht grundsätzlich und nachhaltig gelöst. Auf der Grundlage langjähriger wissenschaftlich fundierter Forschung zu Flockungsprozessen wurde erfolgreich einen Ansatz entwickelt, bei dem das Biopolymer Chitosan als Absorbermaterial zum Einsatz kommt. Besonders innovativ ist dabei, dass das Chitosan nach geeigneter Modifizierung gleichzeitig Eisen- und Sulfationen adsorbieren kann. In Kooperation mit der BioLog Heppe GmbH wird Chitosan für die Anwendung so optimiert, dass es sparsam dosiert werden kann und für den großflächigen Einsatz geeignet ist. Die Umweltfreundlichkeit des Verfahrens, die sich bereits aus der Verwendung natürlicher, nicht-toxischer Flockungsmittel ergibt, wird noch dadurch gesteigert, dass das abgetrennte Eisen einer Wiederverwertung zugeführt werden kann, indem mit Eisen- und Sulfationen beladenen Chitosanflocken Verhüttungsprozessen zugeführt werden können.

Modellierung des Verdichtungsverhaltens von Zementklinker	P13
Lieven Schützenmeister¹, Dieter Makowlew¹, Thomas Mütze¹, Guido Kache²	
¹ TU Bergakademie Freiberg Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik, Fakultät 4 für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik	
² Thyssenkrupp Industrial Solutions	
Lieven.Schuetzenmeister (at) mvtat.tu-freiberg.de	

Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik; Fakultät 4 für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik

Gutbettwalzenmühlen (engl. High-pressure grinding rolls, HPGR) sind seit mehreren Jahrzehnten in der industriellen Zerkleinerungstechnik etabliert, wobei sich ihr Einsatzbereich aufgrund ihrer kompakten Bauweise und ihres verhältnismäßig niedrigen spezifischen Energieverbrauchs stetig ausweitet. Ständiges Ziel der Entwicklungsarbeit für HPGR ist die Durchsatzoptimierung und die Erhöhung der Anlagenstandzeit. Eine Durchsatzserhöhung erfolgt bei gegebener Walzengeometrie und gegebener Mahlkraft zumeist über höhere Walzenumfangsgeschwindigkeiten. Damit nimmt allerdings auch das Risiko von Betriebsstörungen zu. Hintergrund ist hier, dass das Material im Arbeitsspalt der HPGR innerhalb kurzer Zeit verdichtet wird und die verdrängte Luft in Richtung des Aufgabetrichters entweicht. Insbesondere bei großen Feinkornanteilen in Verbindung mit hohen Walzendrehzahlen kann das Entlüftungsverhalten Störungen bis hin zu einem Zusammenbruch der Materialzufuhr auslösen.

Im Rahmen eines Kooperationsprojektes wird das Verdichtungsverhalten von Zementklinker bei der Gutbettbeanspruchung untersucht und mit dem Entlüftungsverhalten verknüpft. Auf Grundlage von vorangegangenen Untersuchungen soll ein mathematisches Modell entwickelt werden, welches eine Vorhersage von kritischen Betriebszuständen ermöglicht. Das Modell muss neben dem Geschwindigkeitseinfluss auch die Partikelgröße und die Form der Partikelgrößenverteilung berücksichtigen und soll auf weitere mineralische Stoffe neben Zementklinker anwendbar sein. Für die Modellierung der Verdichtung werden im vorliegenden Beitrag bekannte Verdichtungsmodelle verglichen und das Modell mit dem höchsten Anpassungsgrad an die experimentellen Ergebnisse bestimmt. Anhand dieses Modells erfolgt im nächsten Schritt die Verknüpfung der Modellparameter mit den genannten Einflussfaktoren, bevor schließlich die Verbindung zum Entlüftungsverhalten hergestellt wird.

Die Untersuchungen erfolgten in Form von dynamischen Versuchen in Stempelpressen und Durchströmungsversuchen in einer statischen Partikelschüttung unter Variation der Partikelgröße, Form und Breite der Partikelgrößenverteilung und der Beanspruchungsgeschwindigkeit. Da das Verdichtungsverhalten neben der Partikelgröße und -form auch von weiteren Materialeigenschaften wie Härte und Bruchverhalten bestimmt wird, werden neben zwei Zementklinkern auch Ergebnisse von Kalkstein und Quarz als Vergleichsmaterialien gegenübergestellt.

Firmenpräsentationen:

- **Fa. EIRICH** (Industrievertretung)
Ingenieurbüro Dill, Misch- und Verfahrenstechnik
Dipl.-Ing. Stefan Dill
Wackenroder-Str. 14
07745 Jena

- **NEUMAN & ESSER GmbH & Co. KG**
Mahl- und Sichtsysteme
Werkstraße
52531 Übach-Palenberg

- **CEM TOP – DAS STARKE NETZWERK**
REGIONALER PARTNER

Verfahrenstechnik • Planung/Projektierung • Konstruktion

- _ ZADCON GmbH
- _ ZEMDES GmbH

Herstellung (Blechteilfertigung, Umformtechnik,
Baugruppen) • Montage

- _ ABP Maschinenbau GmbH
- _ MAS Maschinen- Anlagenbau und Service GmbH
- _ Schöneich & Co. GmbH
- _ Thyrolf & Uhle GmbH

Steuerung • Automation

- _ TACK Automations- und IT-Systems Köthen GmbH

Schutzrechte • Lizenzierungen

- _ ESA Patentverwertungsagentur Sachsen-Anhalt GmbH

NETZWERKSMANAGEMENT

tti Technologietransfer und Innovationsförderung
Magdeburg GmbH

Tel.: 0391 - 7443520 E-Mail: mail@cemtop.de
Fax: 0391 - 7443511 WEB: www.cemtop.de

Netzwerkmanager:

Eckhard Netzmann • Jürgen Weigt • Dr. Heinz Paul



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 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 geringstmöglichen 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.



NEA **GRC** LEITRINGSICHTER



- Dynamischer Sichter mit integrierter Dispergier-Einheit für maximale Ausbeute
- Oberkornbegrenzung der Feinfraktion: 2 μm - 200 μm
- Durchsatz:
50 kg/h - 50.000 kg/h
- Antriebsleistung:
10 kW - 300 kW
- Luftvolumenstrom:
1.000 m³/h - 40.000 m³/h
- Aufgabegutgröße:
max. 3 mm - 5 mm
- Durchmesser:
bis 2.000 mm



NEUMAN & ESSER
GmbH Mahl- und Sichtsysteme

www.neuman-esser.com



KOMPETENZEN

Industrieanlagen made in Germany

100% hergestellt in Deutschland – mit deutscher Qualitätskontrolle. Die enge Zusammenarbeit der Partner bildet die Basis für Verlässlichkeit und Vertrauen untereinander und zu unseren Kunden.

Regional gemacht – international anerkannt

Die einzelnen Ingenieurbüros und Fertigungsunternehmen des Netzwerkes CEMTOP profitieren von regionaler Nähe in der Umgebung von Dessau. Kurze Wege in der Kommunikation und im Transport ermöglichen hohe Flexibilität in einer geschlossenen Wertschöpfungskette.

Tradition seit 100 Jahren

Ausgehend von der Firma Polysius und dem Unternehmen Zementanlagenbau Dessau bis 1990 gilt der historische Standort bis heute als Quelle der Innovation bei der Verfahrensentwicklung, dem Bau und der Rekonstruktion von Anlagen und Ausrüstungen für die Baustoffindustrie.

NETZWERKSMANAGEMENT

titi Technologietransfer und Innovationsförderung Magdeburg GmbH

Tel.: 0391 - 7443520 E-Mail: mail@cemtop.de
 Fax: 0391 - 7443511 WEB: www.cemtop.de

Netzwerkmanager:
 Eckhard Netzmann • Jürgen Weigt • Dr. Heinz Paul

Impressum

Herausgeber
 titi Technologietransfer und Innovationsförderung Magdeburg GmbH
 Bruno-Wille-Straße 9, 39108 Magdeburg
 Geschäftsführer: Dr. Michael Kläeger, Marko Wunderlich
 Amtsgericht Stendal, HRB 104429
 Umsatzsteuer-Identifikationsnummer: DE 139 310 185

Grafische Konzeption und Gestaltung
 toolbox-media UG (haftungsbeschränkt)

Bildnachweis
 Industrieblick, Production Perig, leungchopan, zhengzaishanhu, BillionPhotos.com, zapp2photo, Annette Schindler, Csak Istvan - Fotolia.com

© Dr.-2017 toolbox-media Magdeburg



**NETZWERK
 ANLAGEN FÜR DIE
 BAUSTOFFINDUSTRIE**

WWW.CEMTOP.DE



**CEM TOP – DAS STARKE NETZWERK
 REGIONALER PARTNER**

Aus der Kooperation mehrerer spezialisierter Ingenieurbüros mit erfahrenen Fertigungsbetrieben für Industrie- und Zementanlagen ergibt sich mit CEMTOP eine innovative Partnerschaft, von der unsere Kunden profitieren:

- Partnerschaft mit gebündelter Expertise und Erfahrung im Bereich Anlagenbau & Systemtechnik
- internationale Geschäftsexpertise
- starke Marktposition durch Kooperationspartnerschaft
- Vergrößerung des Liefer- und Leistungsumfangs durch volle Ausschöpfung der vorhandenen Kapazitäten innerhalb des Netzwerkes
- Realisierung und Revitalisierung bestehender Anlagen
- ständige Weiterentwicklung des gesamten Produktportfolios durch Forschung und Entwicklung

UNSERE NETZWERKPARTNER

Durch die enge Zusammenarbeit der Ingenieurbüros mit den erfahrenen Fertigungsbetrieben für Industrie- und Zementanlagen bildet CEMTOP ein leistungsstarkes Netzwerk, welches großen Konzernen in nichts nachsteht. Durch die schlanken Strukturen ist CEMTOP hochgradig agil und flexibel.

- Verfahrenstechnik • Planung/Projektierung • Konstruktion**
 _ ZADCON GmbH
 _ ZEMDES GmbH
- Herstellung (Blechteilfertigung, Umformtechnik, Baugruppen) • Montage**
 _ ABP Maschinenbau GmbH
 _ MAS Maschinen- Anlagenbau und Service GmbH
 _ Schöneich & Co. GmbH
 _ Thyrolf & Uhle GmbH
- Steuerung • Automation**
 _ TACK Automations- und IT-Systems Köthen GmbH
- Schutzrechte • Lizenzierungen**
 _ ESA Patentverwertungsagentur Sachsen-Anhalt GmbH



**Der Termin für die nächste Tagung (2018)
wird zeitnah auf unserer Homepage veröffentlicht**

Tagungsorganisation:



VERFAHRENSTECHNIK
FÜR ROHSTOFFE

UVR-FIA GmbH
Chemnitzer Str. 40
09599 Freiberg
Deutschland
Telefon: + 49 (0)3731 1621220
Fax: + 49 (0)3731 1621299
E-Mail: [tagung \(at\) uvr-fia.de](mailto:tagung(at)uvr-fia.de)
www.uvr-fia.de

Kontakt Mitveranstalter:

Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie



www.hzdr.de



**TECHNISCHE UNIVERSITÄT
BERGAKADEMIE FREIBERG**

Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.

www.tu-freiberg.de