

Jahrestagung 2015

„Aufbereitung und Recycling“

11. und 12. November 2015
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 2015 sind:

- Lehre und Forschung zur Aufbereitung in 250 Jahren Bergakademie
- Aufbereitung von mineralischen Rohstoffen, Erzen und Baustoffen
- Nutzung moderner quantitativer Analysemethoden aus der Erz- und Gesteinsmineralogie für die Aufbereitung
- Aufbereitung nachwachsender Rohstoffe
- Sekundärrohstoffe durch Recycling
- Verfahren und Maschinen für Zerkleinerung, Klassierung und Sortierung.

Vortragsprogramm	Seite 3
Kurzfassungen der Vorträge	Seite 5
Übersicht der Posteraussteller	Seite 33
Kurzfassungen der Poster	Seite 35
Auswertung der Umfrage aus 2014	Seite 58
Firmenpräsentationen	Seite 59
Vorankündigung der Tagung „Aufbereitung und Recycling“ 2016	Seite 65

Programm am Mittwoch, den 11.11.2015

ab 8:00 Registrierung der Teilnehmer		Seite
9:00	Begrüßung	
9:15	250 Jahre Bergakademie - Entwicklung der Lehre und Forschung auf dem Gebiet der Aufbereitung in Freiberg <i>Referent:</i> Henning Morgenroth (UVR-FIA GmbH)	5
9:45	Die Anwendung von in Freiberg entwickelten Prozessmodellen in der Praxis <i>Referent:</i> Wolfgang Schubert (Titania AS)	7
10:15	Rohstoffressource Abfall – Studium und Forschung im Studiengang Umwelt- und Recyclingtechnik an der Hochschule Nordhausen <i>Referentin:</i> Sylvia Schade-Dannewitz (Hochschule Nordhausen)	8
10:45	Kaffeepause	
11:15	Untersuchungen zur Erfassung der FeNd-Magnete aus Altfahrzeug-, Misch- und Sammelschrotten <i>Referent:</i> Hans-Georg Jäckel (TU Bergakademie Freiberg – Institut für Maschinenbau/RM)	10
11:40	Recycling Seltener Erden aus FeNdB-Dauermagneten <i>Referent:</i> Tom Lorenz (TU Bergakademie Freiberg, Institut für Technische Chemie)	11
12:05	Tantal-Rückgewinnung aus Elektronikschrott <i>Referent:</i> Felix Römer (TU Clausthal, Institut für Aufbereitung, Deponietechnik und Geomechanik)	12
12:30	Aufschlusszerkleinerung von Li-Ionen Traktionsbatterien <i>Referent:</i> Lutz Wuschke (TU Bergakademie Freiberg, Institut für Maschinenbau/RM)	13
12:55	Mittagspause	
14:00	Zum Verständnis der Flotierbarkeit - Untersuchungen zu spezifischen Oberflächenenergieverteilungen und zu hydrophoben Wechselwirkungen <i>Referent:</i> Martin Rudolph (Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie)	14
14:25	Aufbereitung Ehrenfriedersdorfer Spülsande – Untersuchungen zur Anwendung von Dichtentrennung und Flotationsmethoden zur Kassiteritgewinnung im Fein- und Feinstkornbereich <i>Referenten:</i> Thomas Leißner* und Tom Leistner** (*TU Bergakademie Freiberg – Institut für MVT/AT, (** Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie)	15
14:50	Erste Erfahrungen mit dem Einsatz von Sortierzentrifugen <i>Referent:</i> Alexander Kruckow (UVR-FIA GmbH)	16
15:15	Application of MLA to the beneficiation of Y- bearing REE ores <i>Referent:</i> R. Gerhard Merker (MMP Elpenrod)	17
15:40	Kaffeepause und Posterschau die besten 3 Poster werden am Ende der Veranstaltung prämiert	
16:30	Zum Zerkleinerungsverhalten von Dolomit <i>Referent:</i> Tony Fraszczak (TU Bergakademie Freiberg - Institut für MVT/AT)	18
16:55	Die Aufbereitbarkeitsuntersuchungen zu den Eisenerzproben aus der Eisenlagerstätte Tamir in der Mongolei <i>Referent:</i> Dombon Enkhbat (Mongolische Universität der Wissenschaft und Technologie)	19
17:20	Zum Einfluss der Materialfeuchte auf das Klassierungsergebnis von Windsichtern <i>Referent:</i> Thomas Mütze (TU Bergakademie Freiberg – Institut für MVT/AT)	20
18:45	Abendveranstaltung im Schankhaus 1863 (Eingang Kaufhausgasse)	

Programm am Donnerstag, den 12.11.2015

		<u>Seite</u>
9:00	Key Trends in the Mining Industry <i>Referentin:</i> Lilla Grossmann (Siemens AG, PD LD MN)	22
9:25	Breaking down comminution barriers - new dimensions of particle size reduction and liberation by VeRo Liberator® <i>Referent:</i> Gregor Borg (PMS Handelskontor Hamburg)	23
9:50	Anwendungspotential des Schockwellenverfahrens für das Recycling komplexer Industriematerialien <i>Referent:</i> Tim Müller (Impuls Tec GmbH)	24
10:15	Neue Siebterkonzeption zur Durchsatzsteigerung bei der Zementmahlung <i>Referent:</i> Philipp Büttner (TU Bergakademie Freiberg – Institut für Aufbereitungsmaschinen)	25
10:40	Kaffeepause	
11:15	Beschreibung feinkörniger Reststoffe aus der Metallurgie und ihre aufbereitungstechnische Vorbehandlung für besseren Wiedereinsatz <i>Referent:</i> Wolfgang Öfner (Montanuniversität Leoben)	26
11:40	Rückgewinnung von Germanium aus Glasfaserschrotten <i>Referent:</i> Volker Recksiek ((Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie)	27
12:05	The Application of recycling glass byproducts in AAC <i>Referent:</i> Chris Straub (Eindhoven University of Technology – Department of Built Environment)	28
12:30	Gips in Bauschutt – Probleme und Lösungsansätze <i>Referentin:</i> Karin Weimann (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung – FB Thermochemische Reststoffbehandlung und Wertstoffrückgewinnung)	29
12:55	Mittagspause	
14:00	Leaching Kinetics of Technology Metals <i>Referent:</i> Horst Märten (Umwelt- und Ingenieurtechnik GmbH Dresden - UIT)	30
14:25	Gewinnung von Indium aus stark verdünnten Biolaugungslösungen durch Flüssig-Flüssig-Extraktion <i>Referent:</i> Radek Vostal (TU Bergakademie Freiberg, Institut für Technische Chemie)	31
14:50	Extraktion von Zink und Indium aus Zinkblende und Haldenmaterial durch Biolaugung und anschließende Gewinnung aus den Laugungslösungen <i>Referent:</i> Eberhard Janneck (G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH)	32
15:15	Posterprämierung und Verabschiedung	

250 Jahre Bergakademie - Entwicklung der Lehre und Forschung auf dem Gebiet der Aufbereitung in Freiberg

Henning Morgenroth*, Thomas Mütze**

**UVR-FIA GmbH Freiberg*

***Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik an der TU
Bergakademie Freiberg*

morgenroth@uvrfia.de

Vor 250 Jahren, am 21. November 1765, wurde auf Initiative des sächsischen Generalbergkommissars Friedrich Anton von Heynitz (1725-1802) sowie des Freiburger Oberberghauptmanns Friedrich Wilhelm von Oppel (1720-1767) die Bergakademie Freiberg als Ausbildungsstätte für Bergleute gegründet. Zu dieser Zeit war die Aufbereitungskunde ein Teilgebiet der „Bergbaukunst“. Bergingenieure mussten auch Aufbereitungsingenieure sein, denn Aufbereitungsanlagen waren stets eng mit den Gruben verbunden.

1864/72, 100 Jahre nach Gründung der Bergakademie, veröffentlichte Moritz Ferdinand Gätzschnmann erstmals ein Lehrbuch, welches sich einzig mit der Schwerpunkt der Aufbereitung beschäftigte. Gätzschnmann war von 1836-1871 Professor für Bergbaukunde und Aufbereitung an der Königlich-Sächsischen Bergakademie Freiberg.

Mit der Industrialisierung und dem steigenden Bedarf an Rohstoffen wuchs die Bedeutung an Fachkenntnissen im Bereich der Aufbereitung mineralischer Rohstoffe. So wurde 1927 ein nach Hans Madels Plänen gestaltetes Aufbereitungslabor in Betrieb genommen. Madel war von 1924 bis 1939 Professor und Direktor des „Institutes für Aufbereitung und Bergbaukunde“ sowie von 1935-37 Rektor der Bergakademie Freiberg. Das Aufbereitungslabor befand sich neben dem jetzigen Karl-Kegel-Bau in der Agricolastraße und war mit einer dem Stand der Technik entsprechenden Auswahl von wissenschaftlichen Geräten und Aufbereitungsmaschinen für die damalige Zeit vorbildlich ausgestattet. Madel forcierte auch die Prozessorientierung der Aufbereitungstechnik in Lehre und Forschung. U.a. verfasste er im mehrbändigen Handbuch „Der Chemie-Ingenieur“ Abschnitte, die heute zu den mechanischen Prozessen der Verfahrenstechnik zählen. Somit wurde schon damals der verfahrenstechnische Charakter der Aufbereitungstechnik verdeutlicht.

Nach der Berufung von Prof. Gätzschnmann verging dennoch fast ein ganzes Jahrhundert, bis 1950 die Aufbereitung mit der Gründung des „Instituts für Aufbereitung mit der Abteilung Steine und Erden“ unter Professor Helmut Kirchberg eine eigene Fachrichtung wurde.

Prof. Kirchberg setzte sich darüber hinaus erfolgreich für eine außerhalb der universitären Forschung angesiedelte Forschungseinrichtung auf dem Gebiet der Aufbereitung mineralischer Rohstoffe ein. Folgerichtig wurde er 1954 Gründungsdirektor des Forschungsinstitutes für Aufbereitung (FIA).

(Fortsetzung nächste Seite)

250 Jahre Bergakademie - Entwicklung der Lehre und Forschung auf dem Gebiet der Aufbereitung in Freiberg

(Fortsetzung)

Unter der Leitung von Professor Heinrich Schubert (von 1960 bis 1991) erreichte die Entwicklung der Lehre und Forschung auf dem Gebiet der Aufbereitungstechnik in Freiberg ihren vorläufigen Höhepunkt. Sie war im Wesentlichen geprägt durch den Übergang von der stofforientierten Aufbereitungstechnik der Erze und Kohlen hin zu einer wissenschaftlich fundierten, prozessorientierten Aufbereitungstechnik. Das dabei entwickelte Konzept von Grundvorgängen und Mikroprozessen als Teil von Makroprozessen führte folgerichtig dazu, die Aufbereitungstechnik im Kontext der Verfahrenstechnik, speziell der Mechanischen Verfahrenstechnik, zu behandeln.

Durch die Einbeziehung der Aufbereitung von Sekundärrohstoffen wurde ab 1984 auch schon früh ein neues, wichtiges Aufgabengebiet in die Lehre und Forschung eingeführt. Diese überaus bedeutende Entwicklung fand in der internationalen Fachwelt eine derart hohe Anerkennung, dass die Bergakademie 1991 in Dresden den 17. International Mineral Processing Congress (IMPC) ausrichten durfte.

Neben dieser prozessorientierten Ausrichtung im Bereich der Aufbereitungstechnik entstand 1969 mit dem Umzug des Lehrstuhles für Aufbereitungsmaschinen von Dresden nach Freiberg (seit 1970 Teil des neugegründeten Wissenschaftsbereiches Gewinnungs- und Aufbereitungsmaschinen) unter Leitung von Professor Karl Höfl auch auf dem Gebiet des Maschinenbaus eine eigene Fachrichtung.

Die z.T. einschneidenden Veränderungen in Forschung und Lehre in den Jahren von 1990 bis heute führten dazu, dass sich gegenwärtig folgende Institutionen der Lehre und/oder Forschung in der Aufbereitungstechnik widmen:

TU Bergakademie Freiberg, Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik

- Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik
- Institut für Aufbereitungsmaschinen

Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie

(wird seit 2011 gemeinsam durch das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf und die TU Bergakademie Freiberg aufgebaut).

UVR-FIA GmbH

- Ausgründung (1991) aus dem ehemaligen Forschungsinstitut für Aufbereitung Freiberg
- An-Institut der TU Bergakademie

Die aus dieser Konstellation resultierenden vielfältigen Kooperationsbeziehungen der Freiburger Aufbereiter wurden 2014 im Kompetenzcluster für effiziente Rohstoff-Aufbereitung „Freiberg Resource Technologies“ FRT (<http://www.freiberg-resource-tech.com>) gebündelt.

Die Anwendung von in Freiberg entwickelten Prozessmodellen in der Praxis

Wolfgang Schubert

Titania AS

wolfgang.schubert@kronosww.com

Die angewandte Forschung am Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik an der TU Bergakademie Freiberg hatte sich in der Zeit von 1960 bis 1990 vor allem auf volkswirtschaftlich vordringliche Rohstoffprobleme orientiert. Dies waren in den 60er Jahren vor allem Erze des erzgebirgischen Raumes, danach Kalisalze, Baustoffe und Recyclingmaterialien. Ab 1990 ist eine internationale Ausrichtung hinzugekommen.

Es ist ein Kennzeichen des Lehrstuhles, dass viele seiner Forschungsergebnisse mit Hilfe von Industriepartnern unmittelbar in die Praxis überführt worden sind. Das betrifft zum Beispiel die Turbulenz-Prozessmodelle, welche zu verschiedenen Flotationsapparaten für die Feinkorn- und Grobkornflotation geführt haben. Die Doppelfingerrührer-Apparate von SKET fanden so ihren Einsatz in der Zinnerzflotation Altenberg (Feinkornflotation) oder auch im Kaliwerk Zielitz (Grobkornflotation), wo sie mit ihren guten Ausbringenswerten gegen die starke internationale Konkurrenz nach 1990 bestehen konnten und noch heute ihren Dienst verrichten. Die nachfolgende Auflistung zeigt wichtige Schwerpunkte der angewandten Forschung in Freiberg im Verlaufe von 40 Jahren.

- 1968 Dichtesortierung feiner Körnungen in Fächerrinnen
- 1969 Flotation von Baryt und Fluorit mit sulfurierten Fettsäuren
- 1970 Modell der turbulenten Querstromsortierung für Nassklassierer
- 1971 Stochastisches Modell zur Klassierung auf Stößelschwingsieben
- 1973 Rolle der Assoziation der unpolaren Sammlergruppen
- 1974 Maschinen- und Reagensmitentwicklung für Europas größte Sylvinflotation in Zielitz
- 1980 Turbulenzuntersuchungen zur Fein- und Grobkornflotation
- 1985 Fließverhalten von Schüttgütern und Auslegung von Silos
- 1986 Druckzerkleinerung in Kornschichten und die dazugehörige Energieausnutzung
- 1985 Reagensmitentwicklung für die damals größte Zinnerzflotation der Welt in Altenberg
- 1988 On-line Steuerung der Mahlung und Flotation mit einem Computer-Clustermodell
- 1990 Modell Gegentromklassierung für ein Sichterrad mit Trennen im Mikrometerbereich
- 1991 Modell der turbulenten Dichtstromtrennung für Hydrozyklone und andere Klassierer
- 1993 Systematische Untersuchung von Recycling-Zerkleinerungsmaschinen
- 2006 Elektrosortierung von Kunststoffabfällen
- 2008 Waschen von Haufwerken und Filterkuchen

Der Vortrag geht auf die praktische Anwendung einiger entwickelter Prozessmodelle ein, welche die Auslegung von Hydrozyklonen, Aufstromklassierern und Flotationsapparaten, die gezielte Einstellung von Reagensregimen unter Ausnutzung sterischer Eigenschaften verschiedener unpolarer Sammlergruppen, das Auslegen von vibrierenden Siloausträgen und die Voraussage der Filterkuchenreinheit nach dem Waschen ermöglichen.

Rohstoffressource Abfall – Studium und Forschung im Studiengang Umwelt- und Recyclingtechnik an der Hochschule Nordhausen

Prof. Dr.-Ing. Sylvia Schade-Dannewitz

Hochschule Nordhausen

schade@fh-nordhausen.de

Das Rüstzeug der Aufbereitungstechnik erlangte ich bei meinem Studium und anschließender Promotion bei meinem hochverehrten Professor Heinrich Schubert an der Bergakademie Freiberg. Aufgrund der Wiedervereinigung Deutschlands waren die Zukunftsaussichten dieser Branche allerdings nicht allzu positiv einzuschätzen. Somit habe ich mich beruflich in eine Richtung orientiert, in der die elementaren Grundlagen der Aufbereitungstechnik ebenso relevant waren – die Abfall- und Kreislaufwirtschaft sowie Recyclingtechnik. Nach einigen Jahren Tätigkeit in einem großen Ingenieurbüro folgten Jahre als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Bauhaus Universität Weimar am Lehrstuhl Aufbereitung von Baustoffen und Wiederverwertung bei Frau Professor Müller sowie eine Lehrbeauftragung an der FH Jena im Studiengang Umweltgerechte Recyclingtechnik. Als im Jahr 1997 die FH Nordhausen gegründet wurde ergriff ich die Chance, mich auf eine Professur zu bewerben. Als erster Professor dieser neuen Hochschule hatte ich die einmalige Gelegenheit, einen Studiengang zu konzipieren und Labore zu gestalten. Gestartet wurde mit dem Diplom-Studiengang Technische Sanierung, später folgte Flächen- und Stoffrecycling und schließlich seit 2006 der Bachelor Umwelt- und Recyclingtechnik (URT). URT ist ein Ingenieurstudiengang, der insbesondere Lehrinhalte der Verfahrens- und Umwelttechnik sowie des Maschinenbaus miteinander verbindet. Das besondere Profil des Studiengangs liegt in der Fokussierung auf den Schwerpunkt Verfahrenstechnik unter dem Aspekt, Abfall als Rohstoffressource zu nutzen. Verfahrens- und Aufbereitungstechnische Kenntnisse werden in allen Branchen der stoffumwandelnden Industrie sowie bei der Rückgewinnung von Wertstoffen und der Behandlung von Reststoffen benötigt. Im Mittelpunkt steht die effizientere Nutzung der Abfälle in stofflicher als auch energetischer Hinsicht. Die Komplexität der Recyclingaufgaben wird mit einer komplexen Ausbildung an der HSN entsprochen, die in mechanischer, biologischer, chemischer und thermischer Verfahrenstechnik erfolgt. Ergänzt wird das Studium durch Prozess- und Anlagentechnik, eine solide konstruktive Ausbildung für die Anlagenplanung in Apparatebau, CAD und Inventor sowie analytische Verfahren zur Bewertung der Umweltsituation. Zudem wird großer Wert auf Praxisnähe gelegt, was sich in der intensiven laborpraktischen Ausbildung auf hohem Niveau in den Laboren Mechanische, Biologische, Chemische Verfahrenstechnik, Werkstofftechnik, Abwassertechnik sowie Umweltanalytik und zahlreichen Fachexkursionen widerspiegelt. Um den Absolventen ein möglichst breites berufliches Spektrum zu eröffnen, werden angrenzende Inhalte gelehrt, wie umweltwissenschaftliche, betriebs- und volkswirtschaftliche sowie juristische Fächer.

(Fortsetzung nächste Seite)

Rohstoffressource Abfall – Studium und Forschung im Studiengang Umwelt- und Recyclingtechnik an der Hochschule Nordhausen

(Fortsetzung)

Darüber hinaus ist Englisch als Fremdsprache über sechs Semester erfolgreich zu belegen. Projekt- und Bachelorarbeiten werden in der Regel in Zusammenarbeit mit der Industrie durchgeführt. Dass die Hochschule Nordhausen großen Wert auf anwendungsnahe, interdisziplinäre und vernetzte Forschung und Technologietransfer legt, wird in diesem Studiengang besonders deutlich. Der Studiengang konnte bisher 3,65 Mio. € Projektförderung und FuE-Aufträge einwerben und ist Veranstalter des Nordhäuser Sekundärrohstoff-Workshops, der dieses Jahr in der 8. Auflage inzwischen große Resonanz findet. Der Studiengang URT verfügt über Forschungs-Know-how im Sekundärrohstoffrecycling mit den Schwerpunkten Verfahrenstechnische Entwicklungen im Stoffrecycling/Entstaubung, Mechanisch-Biologische Abfallbehandlung und repräsentative Probenahme von Sekundärbrennstoffen. Im Forum „Recycling 2.0 – die Wertstoffwende“, das im Rahmen des Förderprogramms „Zwanzig20“ vom BMBF finanziert wird, hat die Hochschule die Konsortialführerschaft inne.

Untersuchungen zur Erfassung der FeNd-Magnete aus Altfahrzeug-, Misch- und Sammelschrotten

Dr.-Ing. H.-G. Jäckel, Dipl.-Ing. M. Starzinsky

TU Bergakademie Freiberg - IMB/RM

hjaeckel@iam.tu-freiberg.de

Seltenen-Erden-Metalle (SE-Metalle) sind als Technologiemetalle bekannt, die u.a. in der Elektrotechnik/Elektronik von großer Bedeutung sind. Chinesische Erzeuger haben dabei aktuell eine Monopolstellung inne, die in der Vergangenheit zur künstlichen Verknappung und damit zu stark schwankenden Metallpreisen führte. Um die Verfügbarkeit dieser Metallrohstoffe zu verbessern, hat man sich in den letzten Jahren bemüht, alternative Quellen aus dem Bereich sekundärer Rohstoffe, d.h. der Schrotte und metallhaltigen Abfälle zu erschließen.

Im Rahmen der Aktivitäten zur Rückgewinnung der Seltenen-Erden-Metalle (SE-Metalle) kommt den Komponenten Neodym, Praseodym und Dysprosium, mit denen viele Hochleistungs-Magnetwerkstoffe legiert sind, eine besondere Bedeutung zu. Diese gründet sich insbesondere auf die vergleichsweise hohen Gehalte bzw. Masseanteile dieser speziellen SE-Metalle in den Magneten (z.B. Nd bis 25 ... 35 %) sowie auf die vergleichsweise hohen Preise auf dem Weltmarkt (z.B. Nd bis 30 €/kg; Dy bis 90 €/kg).

Unabdingbare Voraussetzung für eine wirtschaftliche Rückgewinnung der SE-Metalle aus FeNd-Magneten mittels pyro- bzw. hydrometallurgischer Prozesse ist das Vorhandensein hochangereicherter Magnetschrott-Konzentrate. Ein wesentliches Problem stellt hierbei die Erkennung und Abtrennung dieser Hochleistungsmagneten dar, die zukünftig verstärkt in den Misch- und Sammelschrotten auftauchen dürften.

Ausgehend von den prinzipiellen Möglichkeiten wird im Vortrag auf die Versuchsergebnisse zur berührungslosen Detektion der Magneten in Wertstoffgemischen, speziell in Schrotten, eingegangen. Die Untersuchungen erfolgten dabei sowohl im Labormaßstab als auch unter den Betriebsbedingungen einer großtechnischen Schrottaufbereitung. Auf der Grundlage dieser Erfahrungen konnte nachfolgend eine Aufkommensanalyse bezüglich stofflicher Zusammensetzung (Magnete mit/ohne Nd) und Anfallmenge (in kg/Jahr) durchgeführt werden. Die daraus resultierenden Konsequenzen für die Wirtschaftlichkeit eines Erfassungskonzeptes, d.h. die aktuelle Werthaltigkeit der Altfahrzeug-, Misch- und Sammelschrotte bezüglich der SE-Magnetwerkstoffe werden abschließend dargestellt.

Recycling Seltener Erden aus FeNdB-Dauermagneten

Dipl.-Chem. T. Lorenz, Dr. P. Fröhlich und Prof. M. Bertau

TU Bergakademie Freiberg - Institut für Technische Chemie

tom.lorenz@chemie.tu-freiberg.de

Bei der Herstellung leistungsfähiger Dauermagneten, wie sie z. B. in Windkraftanlagen oder Elektromotoren eingesetzt werden, stellen die Seltenen Erden Nd, Dy, Tb und Sm nicht substituierbare Rohstoffe dar. Allein 2012 entfielen 22 % des weltweiten Seltenen Erdbedarfs (42.000 t) auf die Magnetherstellung. Damit hat sich die Nachfrage gegenüber 2006 nach diesen strategisch wichtigen Seltenen Erden mehr als verdoppelt. Dennoch werden FeNdB-Altmagneten außerhalb Chinas bislang nur zu < 1 % recycelt. Die mit dem Poster und Vortrag vorgestellte Feststoffchlorierung mit Ammoniumchlorid ist eine unkonventionelle Aufschlussmethode, welche sich gegenüber klassisch nasschemischen Verfahren vor allem durch hohe Einsparungen in den Bereichen Chemikalienbedarf und Entsorgungskosten auszeichnet. Im Rahmen weiterführender Untersuchungen konnte das Konzept der Feststoffchlorierung durch gezielte Kopplung mit einem nachfolgenden Laugungsschritt derart weiterentwickelt werden, dass sich neue Bereiche für die Prozessführung ergeben und eine effektive und weniger chemikalienintensive Alternative für das Recycling von End-of-Life-Magneten zur Verfügung steht.

Tantal-Rückgewinnung aus Elektronikschrott

Felix Römer¹, Maik Bergamos², Daniel Goldmann¹

¹*Institut für Aufbereitung, Deponietechnik und Geomechanik, TU Clausthal*

²*ELPRO Elektronik-Produkt Recycling GmbH*

felix.roemer@tu-clausthal.de

Tantal (Ta, Ordnungszahl 73) ist ein Übergangsmetall der Vanadiumgruppe und wird in verschiedenen High-Tech-Produkten eingesetzt. Hauptanwendung ist die Herstellung von Hochleistungselektrolytkondensatoren mit ca. 60% der weltweiten Tantal-Förderung (ca. 1200 t/a). Zahlreiche Länder klassifizieren Tantal als Konfliktrohstoff, weil verschiedene Bürgerkriegsparteien (v.a. im Kongo) von seiner Förderung profitieren.

Die High-Tech-Anwendungen des Tantals und die unsichere Versorgungslage sorgten für einen Anstieg des Preises für Tantal-Konzentrate auf ca. 200 \$/kg (30% Ta₂O₅, Durchschnitt 2010-2014). Trotz des vergleichsweise hohen Preises, der Versorgungsrisiken und des überwiegenden Einsatzes in einem begrenzten Produktstrom, gibt es kaum Recycling-Ansätze für die Rückgewinnung von Tantal aus Elektronikschrott. Zurzeit wird Tantal in den betreffenden Recycling-Prozessen überwiegend als Staub oder Schlacke ausgetragen und ist aufgrund der Verdünnung wirtschaftlich nicht mehr zurückzugewinnen. Ein Recyclingansatz muss daher vor den pyrometallurgischen Verfahren implementiert werden. Im Rahmen eines Projekts entwickeln die ELPRO Elektronik-Produkt Recycling GmbH und dem Institut für Aufbereitung, Deponietechnik und Geomechanik der TU Clausthal nun ein Verfahren zur Rückgewinnung von Tantal aus Elektronikschrott.

Elektronikschrott ist ein wertstoffreicher, jedoch auch stark heterogener Abfall, der sich aus komplex-integrierten Verbünden zusammensetzt. Folglich ergeben sich für eine Rückgewinnung der Wertstoffe hohe Anforderungen. Es muss eine hohe Selektivität in Bezug auf Zerkleinerung und spezifische Sortierung erreicht werden, damit das Ausbringen der unterschiedlichen enthaltenen Wertstoffe in die zu erzeugenden Konzentrate maximiert wird.

Im Rahmen der Entwicklung eines tragfähigen Verfahrensansatzes zur Rückgewinnung von Tantal aus Elektronikschrott wurden Zerkleinerungs- und Sortierstudien anhand von Tantal-reichen Elektronikschrottkomponenten aus Fahrzeugen und Leiterplatten durchgeführt. Dabei konnte eine mechanische Aufbereitung entwickelt werden, die in der Zerkleinerung einen zerstörungsfreie Korngrößen-selektive Aufkonzentrierung der Tantal-Kondensatoren ermöglicht und im weiteren Tantal-Konzentrate von über 25 % erreicht.

Obwohl eine technische Lösung erarbeitet werden konnte, bestehen weiterhin unterschiedliche Herausforderungen für das Tantal-Recycling. Insbesondere die Identifikation und Bündelung ausreichender Mengen an Tantal-reichem Elektroschrott und die Vergesellschaftung mit weiteren Wertstoffen sind hierbei zu beachten.

Aufschlusszerkleinerung von Li-Ionen Traktionsbatterien

L. Wuschke¹, H.-G. Jäckel¹, M. Gellner², U. A. Peuker²

¹*Lehrstuhl für Recyclingmaschinen*

²*Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik, TU
Bergakademie Freiberg
lutz.wuschke@iam.tu-freiberg.de*

Elektro- und Hybrid-Fahrzeuge bilden eine Alternative zu Fahrzeugen, die mit Verbrennungsmotoren angetrieben werden. Gesetzliche Vorgaben für die stoffliche Verwertung gelten auch für die Elektrofahrzeuge, bei denen allein der Batteriepack bis zu einem Viertel des Gewichts ausmacht. Für das Recycling dieses Batteriepacks gilt dabei die Richtlinie 2006/66/EG, die für eine stoffliche Verwertung von Li-Ionen Batterien 50 % des durchschnittlichen Gewichts vorschreibt. Bestehende Verfahren zum Recycling von Li-Ionen Traktionsbatterien basieren zumeist auf kostenintensiven pyro- und/oder hydrometallurgischen Prozessen. Diese können nicht alle enthaltenen Wertstoffe rückgewinnen, Aluminium und Lithium werden zum Beispiel verschlackt. Im Rahmen des EU-Projektes „ABattReLife“ wurden daher die Möglichkeiten und Grenzen einer mechanischen Aufbereitung untersucht.

Grundlage für eine erfolgreiche Trennung der enthaltenen Wertstoffe ist ein ausreichender Aufschluss der Verbundkomponenten. Die Zelle eines Batteriepacks besteht aus den Komponenten Anode, Kathode, Separator, Gehäuse und Elektrolyt, wobei die metallischen Komponenten der Elektrodenfolien und des Zellgehäuses auf Zellebene und die Gehäuse der Module und Packs auf Batteriepackebene den wirtschaftlich interessantesten Teil darstellen.

Neben sicherheitsrelevanten Untersuchungen wurden Grundlagenuntersuchungen zum Zerkleinerungsverhalten sowohl an den Einzelkomponenten als auch am realen Stoffgemisch durchgeführt. Ziel war ein hinreichend gut zu sortierendes Aufgabematerial für die sich anschließenden Prozessschritte (Klassieren und Aerostromsortieren) zu erhalten. Die Untersuchungen wurden an den Zerkleinerungsaggregaten Rotorreißer, Rotorschere (beide Bauart TUBAF), Schneidmühle (Bauart UG300 MeWa) und Hammermühle (Bauart HM 340 Jehmlich/Nossen) durchgeführt.

Im Rahmen des Beitrags wird auf den spezifischen mechanischen Energieverbrauch, das Masseausbringen und den Aufschlussgrad eingegangen. Neben dem Aufschluss der Verbunde spielt auch die selektive Entschichtung der Elektrodenfolien eine wichtige Rolle, da sich die Wertinhalte der Anoden- und Kathodenfolienbeschichtung (Graphit und Lithiummischoxid) deutlich voneinander unterscheiden. Abschließend werden Vorschläge für ein Verfahrensfließbild vorgestellt, mit denen eine mechanische Aufbereitung im technischen Maßstab bspw. für eine Pilotanlage mit einem Durchsatz von 1 t/h realisiert werden kann. Außerdem werden die Schnittstellen zur Hydro- und Pyrometallurgie aufgezeigt, um den Stoffkreislauf möglichst nachhaltig zu schließen.

Zum Verständnis der Flotierbarkeit – Untersuchungen zu spezifischen Oberflächenenergieverteilungen und zu hydrophoben Wechselwirkungen

Martin Rudolph

*Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf,
Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie
m.rudolph@hzdr.de*

Spätestens seit dem Patent der Gebrüder Bessel aus Dresden von 1877 nutzt man die Anhaftung hydrophober Partikel an Gasblasen in der Flotation, einer Heterokoagulationstrennung, technologisch aus, um Partikelgemische auf Basis ihrer chemisch veränderlichen Benetzungseigenschaften voneinander zu trennen. Ein wesentlicher Mikroprozess ist hierbei der Anlagerungsvorgang, bestimmt durch das Wechselwirkungspotential zwischen einem Partikel und einer Gasblase. Die klassische DLVO Wechselwirkungstheorie beinhaltet für diese Partner nur repulsive Terme, d.h. abstoßende Doppelschichtwechselwirkung und abstoßende van der Waals Wechselwirkung durch eine negative Hamaker-Konstante. Über die Physik der zwingend notwendigen, weil prozessbestimmenden, weit reichenden, anziehenden Wechselwirkungskomponente ist man sich in der Literatur noch nicht einig. Viele Wissenschaftler sehen feinste Gasdomänen auf hydrophoben Oberflächen, oft als Nanobubbles oder Micropancakes bezeichnet, als Vermittler von weit reichenden kapillaren Anziehungskräften. Andere sehen eine weit reichende Wasserstrukturstörung an hydrophoben Oberflächen als Ursache für eine somit entropisch begründete Anziehung.

Am Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie werden in Grundlagenuntersuchungen zur Flotation atomare Gesamtwechselwirkungen zwischen unterschiedlich benetzenden Oberflächen (z.B. Mineralen) und hydrophoben Modellpartikeln in Lösung mit Hilfe der Partikelsonden Rasterkraftmikroskopie analysiert. Zudem wird mit der Methode der inversen Gas Chromatographie die Änderung der spezifischen Oberflächenenergieverteilung als fundamentaler Benetzungsparameter untersucht und mit der Flotierbarkeit in der Mikroflotation in Verbindung gebracht. Der Vortrag fasst den aktuellen Stand der grundlegenden Untersuchungen zusammen. Im Zusammenhang mit den rasterkraftmikroskopischen Untersuchungen werden hydrophobe Wechselwirkungen diskutiert. Auf Basis der Analyse von Oberflächenenergieverteilungen im Zusammenhang mit der Mikroflotation wird ein neues Flotierbarkeitskriterium, die freie Wechselwirkungsenthalpie zwischen einem Partikel und einer Gasblase im Wasser eingeführt und kritisch diskutiert.

Weiterführende Literatur:

- M. Rudolph, U.A. Peuker, Chemie Ingenieur Technik (2014), 86(6), 865-873
- M. Rudolph, U.A. Peuker, Minerals Engineering (2014), 66-68, 181-190
- G. Lecrivain, G. Petrucci, M. Rudolph, U. Hampel, R. Yamamoto, International Journal of Multiphase Flow (2015), 71, 83-93

Aufbereitung Ehrenfriedersdorfer Spülsande – Untersuchungen zur Anwendung von Dichtentrennung und Flotationsmethoden zur Kassiteritgewinnung im Fein- und Feinstkornbereich

Thomas Leißner¹, Tom Leistner², Madicke Embrechts, Bruno Michaux, Inga Osbahr², Robert Möckel², Martin Rudolph², Jens Gutzmer², Urs Peuker¹

¹ *Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik,
TU Bergakademie Freiberg*

² *Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf*

Thomas.Leissner@mvtat.tu-freiberg.de; t.leistner@hzdr.de

Jahrhundertelanger Bergbau im Erzgebirgsraum hat neben einer welterbewürdigten Montanregion auch viele Bergbauhalden zurück gelassen. Unter aktuellen Rohstoffpolitischen Gesichtspunkten können diese Halden potentiellen Ressourcen darstellen. So wurde zum Beispiel im Ehrenfriedersdorfer Revier bis zum Jahr 1990 Zinn und Wolfram gewonnen. Mithilfe eines vielstufigen Verfahrens aus Zerkleinerung, Klassierung und Dichtentrennung wurden Schwermineralmischkonzentrate gewonnen, die in nachfolgenden Trennschritten in ein Kassiterit- und ein Wolframkonzentrat sowie die störenden arsenhaltigen Minerale zerlegt wurden. Beim Erzeugen der Mischkonzentrate über Dichtesortierprozesse von klassiertem Material fielen Bergefraktionen verschiedener Körnungen an. Während die Abgänge der Mittel- und Grobkornsetzmaschinen als Split verkauft wurden, sind die feinkörnigeren Abgänge der Herdwäsche den Spülhalden zugeführt worden. In dem Betriebszeitraum von 1949 bis 1990 wurden ein Zinnausbringen zwischen 58 und 75 Prozent erreicht. Ein nennenswerter Anteil des Zinns ging als feinkörniges, nicht-aufbereitbares Material in den Spülsand verloren, entweder als fein- bis feinstkörniger, freier Kassiterit, welcher nicht durch die Herde gewonnen werden konnte oder als feinkörniger, mit Bergemineralen verwachsener Kassiterit, der aufgrund des unzureichenden Aufschlusses in die Abgänge gelangte.

Im Rahmen des internationalen EMerald-Masterprogramms wurden zwei Abschlussarbeiten angefertigt, die sich mit Untersuchungen zur Aufbereitbarkeit des Ehrenfriedersdorfer Spülsands befassen. Hierbei lag der Fokus im Erhalt von Aussagen zur möglichen Gewinnung des fein- und feinstkörnigen Kassiterits durch Feinstkorndichtentrennung mittels Sortierzentrifugen (Falcon Separator) sowie durch verschiedene Flotationsmethoden (konventionelle Schaumflotation und Agglomerationsflotation). Basierend auf Ergebnissen der Aufschlussanalyse (Mineral Liberation Analyzer, MLA) wurden verschiedene Trennschnitte festgelegt und mittels Querstromklassierung Probenmaterial in definierten Größenklassen erzeugt. Die experimentellen Untersuchungen erfolgten am klassierten Material. Aussagen zum Ausbringen und zur Anreicherung des Kassiterits in den einzelnen Prozessschritten wurde durch Gehaltsbestimmung der Prozessprodukte mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (XRF) gewonnen.

Erste Erfahrungen mit dem Einsatz von Sortierzentrifugen

Dipl.-Ing. Irina Bremerstein, **M. Sc. Alexander Kruckow**

UVR-FIA GmbH

kruckow@uvr-fia.de

Als Sortierzentrifugen werden vertikal rotierende, konische Zylinder bezeichnet welche zur Dichtentrennung von Erzen mit einem Vielfachen der Erdbeschleunigung eingesetzt werden. Die Besonderheit besteht in der fluidisierten Wirbelschicht, in der es zu einem permanenten Materialaustausch zwischen frischem Aufgabegut und abgereicherten Bergen kommt. Der Vorteil gegenüber anderen Aufbereitungsverfahren ist der deutlich höhere Durchsatz und der geringere Platzbedarf. Zudem kann durch die hohe Zentrifugalkraft in geringere Partikelgrößenbereiche vorgestoßen werden. Sortierzentrifugen werden bereits seit einigen Jahren großtechnisch in der Goldaufbereitung eingesetzt, da sie durch ihre Geometrie und Betriebsweise prädestiniert für die Anreicherung von Erzen mit sehr geringen Wertstoffgehalten sind.

Die UVR-FIA verfügt über zwei Geräte dieser Bauart. Mit dem Laborgerät ist es möglich eine Aussage über die Aufbereitbarkeit des Materials zu treffen. Unverwachsene Wertminerale mit hoher Dichte werden in den Konzentratrinnen zurückgehalten und von leichten Bergemineralen getrennt. Das Großgerät kann mit geringem Platzbedarf große Massenströme einengen und erste Vorkonzentrate erzeugen. Die Auslegung erfolgt auf Basis der Ergebnisse der Laborsortierzentrifuge.

Mittels systematischer Untersuchungen mit einem Referenzmaterial wird das Potential der Laborsortierzentrifuge hinsichtlich erreichbarer Reinheiten und Ausbringen untersucht. Die daraus abgeleiteten Erkenntnisse werden bei der Sortierung z.B. von Haldenmaterial auf Zinn und industriellen Abfallprodukten, die Selten-Erden-Mineralen enthalten, angewendet.

Application of MLA to the beneficiation of Y- bearing REE ores

R. Gerhard Merker¹, Prof. Dr. Bernhard Schulz², Thomas Leißner³,
Dr. Henning Morgenroth⁴

¹ MMP Elpenrod; ² TU-BAF Freiberg (Institut für Mineralogie); ³ TU-BAF Freiberg (Institut für MVTAT); ⁴ UVR-FIA Freiberg

merker@merker-mineral-processing.de

The hype about the rare earth elements (REE) has passed its summit for a while and even advanced mining projects have failed recently.

However, there is a couple of promising REE projects that are still under development. Of particular interest are sources containing a high proportion of the so called critical REE (CREE). CREE, being the sum of Nd+Eu+Tb+Dy+Y, is a group of the most sought after REE+Y-elements that are expected to keep a high level of monetary value in the long run presumably caused by short supply and high demand.

In 2012, the first author read the paper "About the processing of carbonatite RE-ores" at the UVR-FIA Freiberg conference giving some general introduction on the issue of the beneficiation of REE-ores.

This time, the authors present selected results of the Mineral Liberation Analyses (MLA) applied to beneficiation tests on Y-bearing flotation tailings of a quite complicated mineralogy. Thereby, real as well as virtual fractions of milling products were investigated comparatively.

Real fractions were produced by mechanical screening prior to the MLA whereas the virtual fractionation was done by the MLA software.

The "virtual-sizing-approach" features a much simpler preparation and considerably lower cost. It can be favorably applied to intimately locked ores that need a fine grinding to as PSD below a "99%-passing-value" of 25 microns. However, its practical use is in dispute in terms of the reliability of the results.

The available MLA results are exemplified in terms of modal mineralogy, mineral recovery, locking/liberation and particle size characteristics.

Chances and constraints of a practical use of the "virtual-sizing-approach" for mineral processing tests are discussed and conclusions for a practical application of due MLA data by mineral processing engineers are drawn.

Zum Zerkleinerungsverhalten von Dolomit

Tony Fraszczak¹, Thomas Mütze¹, Bernd Lychatz², Olaf Ortlepp³

^{1,2}Technische Universität Bergakademie Freiberg, ¹Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik, ²Institut für Eisen- und Stahltechnologie, ³Wünschendorfer Dolomitwerk GmbH

Tony.Fraszczak@mvtat.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. Zur Gewinnung des Rohdolomits geht die Wünschendorfer Dolomitwerk GmbH momentan beim Abbau sukzessive vom Tage- zum Tiefbau über, wodurch höhere Kosten sowie eine verändernde Gesteinsmorphologie zu erwarten sind. Es war zu untersuchen, inwiefern sich letztere auf das Aufbereitungsverhalten auswirkt und bestehende Bruch- und Klassierprozesse hinsichtlich der Ausbeute einer gut durchströmbareren Produktkörnung optimiert werden können.

Der Beitrag stellt neben der Gesteinscharakterisierung und Analyse von Sprenghaufwerken grundlagenorientierte Zerkleinerungsversuche in den Vordergrund, welche die definierte Beanspruchung am Einzelkorn der Mehrfachbeanspruchung in gängigen Maschinen der Grobzerkleinerung gegenüberstellt. Die aus dem grundlegenden Vergleich von Druck- und Prallbeanspruchung gewonnen Erkenntnisse über erzeugte Kornformen und Feinanteile machten deutlich, inwiefern mittels Druckbeanspruchung höhere Ausbeuten der Lagerstätte erreicht werden können. Großtechnische Kreislaufversuche im Backenbrecher zeigten, dass durch eine mehrfache Beanspruchung bei mittleren Zerkleinerungsverhältnissen die Zerstörung der spezifisch schwächeren Varietäten der Lagerstätte und damit der Feinanteil im Zerkleinerungsprodukt begrenzt sowie deutlich höhere Ausbeuten als mit der herkömmlichen Betriebsweise erreicht werden können.

Neben einer IST-Zustandsanalyse der bestehenden Anlage wurde basierend auf den Grundlagenuntersuchungen eine mögliche Steigerung der Zielkornfraktion sowie die Reduzierung des Feinanteils prognostiziert. Durch eine darauf aufbauende Erweiterung der Aufbereitungsanlage um eine Vorabsiebung steigt die Ausbeute an Ofensteinen um min. 10 %. Im Vortrag wird anhand dieser sehr praxisnahen Problemstellung der Nutzen einer umfangreichen Charakterisierung des Ausgangsmaterials und grundlegender Zerkleinerungsversuche am Einzelkorn für die Optimierung bestehender Aufbereitungsprozesse aufgezeigt.

Aufbereitbarkeitsuntersuchungen zu den Eisenerzproben aus der Eisenlagerstätte Tamiriin gol der Mongolei

D. Enkhbat, Ch. Erdenenyam, Yo. Majigsuren

Fakultät für Geologie und Bergbau der Mongolischen Universität der Wissenschaft und Technologie

enkhbat@must.edu.mn

In den letzten Jahren wurden mehrere Eisenerz-Aufbereitungsanlagen in der Mongolei neugebaut und in Betrieb genommen. Es wurden 2 generelle Probleme beobachtet. Erstens funktionieren die Aufbereitungsanlagen gut, wenn das Eisenerz magnetitreich ist. Zweitens stellt die Magnetscheidung das meist eingesetzte Aufbereitungsverfahren dar.

Im Rahmen dieses Beitrages werden die ersten Ergebnisse der Aufbereitbarkeitsuntersuchungen an der Eisenerzlagerstätte Tamiriin gol der Mongolei dargestellt. Diese Lagerstätte liegt ca. 400 km westlich von Ulaanbaatar und es gibt eine Aufbereitungsanlage.

Als erstes wurden die mineralogische Zusammensetzung und die magnetischen Eigenschaften der Erzkörper vor Ort untersucht und die unterschiedlichen Eisenerztypen auseinandergehalten. Die Ergebnisse dieser Voruntersuchungen deuten auf vier verschiedene Eisenerztypen wie z.B. die magnetitreiche, hämatitreiche, magnetit-hämatit gemischte und oxidierte Erzzonen. Von jedem Erztyp wurden Proben für die Charakterisierung der Eisenerze und für die Aufbereitbarkeitsuntersuchungen genommen. Außerdem wurden auch die Eisenkonzentrate, Zwischenprodukte und Abgänge der Aufbereitungsanlage in dieser Lagerstätte beprobt.

Die mineralogischen Untersuchungen wurden an einem Erzmikroskop durchgeführt und die Anteile der Erzminerale abgeschätzt, die für die Interpretation von den Ergebnissen der Aufbereitbarkeitsuntersuchungen von Bedeutung sind.

Im Aufbereitungslabor wurden die magnetischen Eigenschaften mit Davis Tube Analysator untersucht, um zu sehen wie weit die Magnetscheidung für die verschiedenen Eisenerztypen eingesetzt werden kann und welche Erztypen für die Magnetscheidung geeignet sind.

An den ausgewählten Proben wurden anschließend die Aufbereitungsuntersuchungen an einem Nassmagnetscheider durchgeführt und die Qualität der Eisenkonzentrate mit dem Davis Tube Analysator bestimmt.

Zum Einfluss der Materialfeuchte auf das Klassierergebnis von Windsichtern

M.Sc. Gunnar Kretschmar¹, M.Sc. Tony Fraszczak², **Dr.-Ing. Thomas Mütze**²,
Frank van der Meer³

¹Knauf Gips KG ²TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische
Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik, ³WEIR Minerals

Thomas.Muetze@mvtat.tu-freiberg.de

Windsichter sind Klassiermaschinen, in denen Partikel unter Ausnutzung unterschiedlicher Bewegungsbahnen in einer Gasströmung getrennt werden. Neben dem Volumenstrom der Gasströmung und der wirkenden Feldkraft hängt das Klassierergebnis vom Dispersitätszustand in der Trennzone und damit von der Strömungsgeometrie, der Turbulenz sowie interpartikulären Wechselwirkungen ab. Da die Windsichtung feuchter Schüttgüter in der Literatur nur unzureichend thematisiert wird, wurde im Rahmen einer Machbarkeitsstudie der Einfluss der Aufgabefeuchte auf das Trennergebnis anhand zweier statischer Schwerkraftsichter sowie zweier Abweiseradsichter untersucht. Insgesamt wurde eine Verringerung der Trennschärfe mit höherer Materialfeuchte erwartet [1].

Als Versuchsmaterial standen zwei Eisenerzproben zur Verfügung. Sie wurde neben Mineralogie und Granulometrie umfassend hinsichtlich der Bindung der Feuchtigkeit im Material und deren Auswirkung auf die Festigkeit der zu klassierenden Partikel und Agglomerate charakterisiert. Als Sichter wurden vier Laborsichter verwendet: ein Schwerkraft-Gegenstromsichter Bauart Petkus, ein mehrstufiger Schwerkraft-Querstromsichter (Zick-Zack-Sichter, Fa. Alpine) sowie zwei Laborabweiseradsichter (100 MZR, Fa. Alpine, und TC-15M, Fa. Nisshin engineering). Während die Schwerkraftsichter mit repräsentativen Erzproben beschickt wurden, musste das Aufgabematerial für die Abweiseradsichter zuvor getrocknet und bei einer Korngröße von 315 µm abgesiebt werden. Ausgehend von getrockneten Materialproben erfolgte stets eine gezielt abgestufte Wiederbefeuchtung auf bis zu 10 Ma.%. Die Windsichtung wurde an den Schwerkraftsichtern bei einer Trennkorngröße von 240 µm, bei den Abweiseradsichtern für Trennkorngrößen im Bereich 45...110 µm und unter Variation der Dispergierstärke untersucht. Neben der Feuchtigkeit der Produkte sowie der Ausbeute an Feingut als Produktfraktion einer entsprechenden Aufbereitungsanlage wurde die Qualität der Sichtung anhand von Teilungsmenge, Trennkorngröße und Trennschärfe beurteilt. Eine automatisierte mineralische Aufschlussanalyse (MLA) lieferte Informationen zur Anreicherung und Entmischung der einzelnen Mineralphasen des Eisenerzes.

(Fortsetzung nächste Seite)

Zum Einfluss der Materialfeuchte auf das Klassierergebnis von Windsichtern (Fortsetzung)

Grundsätzlich war in den Abweiseradsichtern trotz erhöhter Aufgabefeuchte eine Trennung in Fein- und Grobgut möglich. Das Feingut wurde durch den pneumatischen Transport vom Sichtluft-Volumenstrom auf Feuchten um $0,65 \pm 0,14$ % getrocknet. Aufgrund der kürzeren Kontaktzeit von Grobgut und Sichtluft war dieses speziell bei höheren Aufgabefeuchten mit Restfeuchten bis 2,85 Ma.-% wesentlich feuchter. Mit steigender Ausgangsfeuchte nahm die Teilungsmenge, d.h. der Anteil ungesichtet ins Grobgut ausgetragener Agglomerate, zu und entsprechend das Feingutmasseausbringen und die Ausbeute feinkörniger Partikel ab.

Unabhängig von den untersuchten Prozessbedingungen konnte für den 100 MZR die aus der Literatur [2] bekannte konstant scharfe Trennung nun auch für unterschiedliche Materialfeuchten nachgewiesen werden.

Beim TC-15M konnte neben dem Einfluss des Trennschnitts auch die Wirkung einer Vordispergierung sowie unterschiedlicher Kombinationen von Sichtluft-Volumenstrom und Rotorumfangsgeschwindigkeit untersucht werden. Die damit erreichte intensivere Trocknung des Aufgabematerials beim Transport zur Sichtradaußenkante bewirkte unabhängig von der Aufgabefeuchte eine um bis zu 56 % höhere Ausbeute an feinkörnigen Produktpartikeln.

Hinsichtlich der Schwerkraftsichtung erwies sich der einstufige Schwerkraft-Gegenstromsichter Bauart Petkus bereits bei Feuchtigkeiten oberhalb 2 Ma.-% als ungeeignet. Die Kontaktzeiten des agglomeriert vorliegenden, feuchten Aufgabematerials mit der Sichtluft waren zu kurz, um eine nennenswerte Trocknung, und die Beanspruchung der Partikel vom Sichtkanal zu schwach, um eine hinreichende Dispergierung zu erreichen. Die mehrstufige Klassierung im Zick-Zack-Sichter war dem entgegen auch bis ca. 3 Ma.-% erfolgreich und unabhängig von der Feuchtigkeit des Aufgabematerials durchführbar.

Für eine technologische Umsetzung wurden folgende erste Lösungsansätze gefunden:

- Bis 3 Ma.-% Aufgabefeuchte genügt Frischluft mit einer Feuchtigkeit von ca. 50 %, um ein Aufgabematerial bei der Windsichtung auf eine Feuchtigkeit zu trocknen, die in den betrachteten Abweiseradsichtern eine hinreichende Dispergierung und entsprechend gutes Trennergebnis zu ermöglichen. Darüber hinausgehend ist zwingend eine zusätzliche Trocknung vorzusehen.
- Statische Sichter können feuchtes Aufgabematerial nur dann erfolgreich klassieren, wenn durch eine geeignete Prozessführung eine mehrstufige Aufwirbelung und entsprechend lange Kontaktzeit des Materials mit trockener Frischluft gewährleistet sind.

Die Untersuchungen ergaben weiterhin Hinweise auf eine selektive Zerkleinerung der unterschiedlichen Mineralphasen und speziell die Übermahlung der Wertmineralkörner. Welche Auswirkungen dies auf einen zu konzipierenden Mahlkreislauf haben wird, ist aus den bisherigen Versuchen nicht abzuschätzen.

[1] B. Kubier, H. Schubert: Untersuchungsergebnisse und Erfahrungen mit einem neuen Feinstkornsichter. Freiburger Forschungshefte **A778** (1988) 130-141

[2] O. Lauer: Neuer Fliehkraft-Laborwindsichter mit weitem Trennbereich. Chemie Ingenieur Technik **41** (1969) 8, 491-496

Key Trends in the Mining Industry

Lilla Grossmann

Siemens AG, PD LD MN

lilla.grossmann@siemens.com

The global demand for mineral raw materials is currently decreasing due mainly to low global economic growth. The historical view of the mining industry shows that real prices of most commodities fell throughout the last century. This general course was briefly interrupted by short periods of price surges. The last period of high commodity prices occurred between 2004 and 2012. Such periods are characterized by excessive investment in new capacity. These inherent market dynamics induced some industry movements and development decisions, which in hindsight, turned out to be the reasons for the current industry misery. The over dependency on market developments in China, for example, is one of the issues most troubling the industry. This presentation will discuss the present status of the mining industry and will outline future mid-term development.

It will focus on detailed analysis of the specific influencing trends which shape the mining industry. The different aspects and the context of recent technological developments will be highlighted and future development paths will be shown. The key point of the presentation will be the analysis of the recent developments in information technology - known as IoT or Industry 4.0. The spotlight will be put on its influence and its relevance for operation excellence in the mining industry.

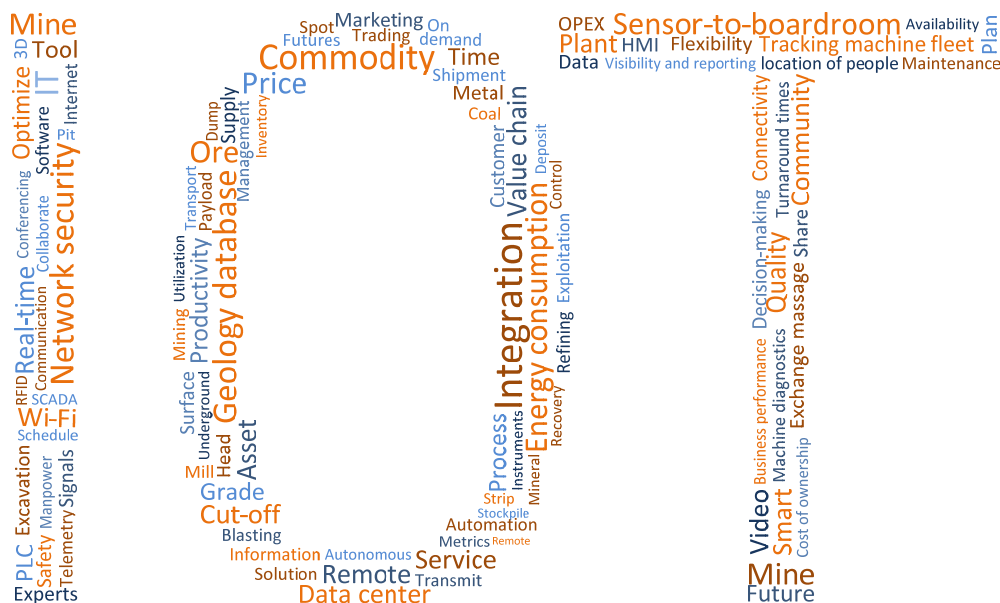


Figure 1: Vision of Internet of Things in the mining industry

Breaking down comminution barriers - new dimensions of particle size reduction and liberation by VeRo Liberator®

Gregor Borg^{1,2}, Felix Scharfe¹, Christof Lempp³, and Andreas Kamradt²

1 PMS, Abteistrasse 1, Hamburg, Germany, www.veroliberator.de

2 Economic Geology and Petrology Research Unit, MLU Halle-Wittenberg, Germany

3 Rock Mechanics and Engineering Geology Unit, MLU Halle-Wittenberg, Germany

gregor.borg@veroliberator.de

Over the last decades, classical and even more recent comminution systems have made relatively little progress with regard to improved energy consumption, reduction ratio, and particle liberation. Currently depressed metal and mineral commodity prices confront the international mining and mineral processing community with technical as well as economic challenges. Incremental efficiency improvements are simply not sufficient to compensate for the drastic price reductions the raw materials industry is faced with. More fundamental innovation along the entire mineral processing chain is thus necessary to cope with these challenges. The all-new VeRo Liberator® has the potential to break this deadlock due to its radically improved performance with respect to energy consumption, reduction ratio, and particle liberation as mentioned above.

The VeRo Liberator® operates in the 100t/h throughput class with a maximum energy consumption of 230 kWh. The working principle involves a three-fold axle-in-axle system that rotates at high velocity. Three levels with 75 hammer tools of approx. 90 cm length rotate clockwise and anticlockwise against each other, inflicting multiple high velocity impacts on the ore. The machine is suitable for the comminution of ore, slag, armored concrete, and other solid heterogeneous materials. Testing with massive sulphide ore from Rio Tinto, Spain, has given a reduction ratio of 480. This results from 120 mm diameter feed with an output of 94% with a diameter of less than 250 µm in a single pass. Additionally, the VeRo Liberator® achieves almost complete particle liberation with ore and waste particles breaking and separating almost exclusively along the particle boundaries. The predominant inter-particle breakage is apparently due to “impact-shock-wave-stimulation” of the particles, which react differently according to their specific compressibility and the elasticity moduli. These effects are due to the high-frequency, high-velocity impacts of the hammer tools onto the material, the material onto the casing and material onto material.

Other significant parameters of the VeRo Liberator® include a very low noise level, a small physical footprint of 2,5 x 2,5 m, which allows the transport to and the installation at underground facilities. Additionally, the impact energy is converted to thermal energy, i.e. to heat, and this has proven to have a drying effect on naturally moist ore, allowing for subsequent dry sieving down to the 20 µm particle range.

To date, the VeRo Liberator® has been tested on numerous materials from several mines and smelters in Europe and Australia with similar results. This machine is suitable to replace several comminution steps, i.e. primary and secondary crushers as well as a first ball mill. The VeRo Liberator® can thus reduce both CAPEX and OPEX in ore processing or recycling drastically.

Anwendungspotential des Schockwellenverfahrens für das Recycling komplexer Industriematerialien

Tim Müller

ImpulsTec GmbH

tim.mueller@impulstec.com

Die ImpulsTec GmbH ist ein HighTech-Unternehmen mit dem Kerngeschäft der Entwicklung und des Vertriebs von Schockwellenzerkleinerungsanlagen. Das materialselektive elektrohydraulische Zerkleinerungsverfahren des High-Tech Unternehmens bietet dabei vor allem für die stoffliche Trennung von komplexen Industriematerialien einen überzeugenden Lösungsansatz. Besonders bei Verbundwerkstoffen wie Solarmodulen oder Lithium-Ionen Batteriezellen kommen die Vorteile der innovativen Zerkleinerungstechnologie zur Entfaltung. Das Verfahren bedient sich intensiver mechanischer Druckwellen, sogenannter Schockwellen, welche durch gezielt generierte elektrische Entladungen in einem flüssigen Medium erzeugt werden und anschließend auf das Mahlgut treffen und damit dessen Fragmentierung bewirken. Das Verfahren zeichnet sich durch seine hohe Trennselektivität aus, da sich die zerkleinernde Wirkung gezielt an Schwachstellen im Werkstoff bzw. an Grenzflächen von Materialien mit differierenden akustischen Eigenschaften entfaltet.

Das Schockwellenverfahren ermöglicht so die schonende Auftrennung von Elektro- bzw. Elektronikgeräte an mechanischen Schwachstellen und damit eine selektive Zerlegung in ihre einzelnen Komponenten. Durch die makroskopische Zerlegung von komplexen Baugruppen ergeben sich vielfältige alternative Verwertungsstrategien für herausgelöste und vereinzelte Bauelemente.

Durch die schonende Rückgewinnung einzelner Materialien mit Hilfe der innovativen Zerkleinerungstechnologie der ImpulsTec GmbH ergeben sich viele neue Recyclingansätze, weg von der reinen stofflichen Verwertung hin zu einem funktionellen Recycling von hochwertigen Materialien, wie z.B. von Aktivmaterialien aus Lithium-Ionen-Batteriezellproduktion. Weitere Anwendungen liegen in der Aufbereitung von Erzen, dem Ablösen dünner Beschichtungen von Oberflächen, sowie dem Zerkleinern von Reinstmaterialien.

Inhalte des Vortrags:

- Vorstellung der elektrohydraulischen Zerkleinerungstechnologie
- Anwendungen zum Elektrogeräterecycling
- Anwendungen zum Aufschluss von Kompositmaterialien
- Anwendungen im Bergbau
- Anlagentechnik

Neue Sichterkonzeption zur Durchsatzsteigerung bei der Zementmahlung

P. Büttner^{*}, Dr.-Ing. H. Günter^{**}, Prof. Dr.-Ing. H. Lieberwirth^{*}

^{*} *TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen*

^{**} *Köppern Aufbereitungstechnik GmbH & Co. KG*

Philipp.Buettner@iam.tu-freiberg.de

Die Feinzerkleinerung von Klinker und Zusatzstoffen gehört zu den energieintensivsten Prozessschritten bei der Zementherstellung. Durch den Einsatz von Gutbett-Walzenmühlen (GBWM) konnte die Durchsatzleistungen der Anlagen gesteigert werden, es sind Durchsatzsteigerungen von 20 % dokumentiert. Eine der effektivsten Möglichkeiten der Zementmahlung ist die Fertigmahlung in der GBWM, jedoch weichen die Zementeigenschaften, speziell der Wasserbedarf, von dem in der Kugelmühle gemahlenem Zement ab. Somit konnte sich die GBWM zur Fertigmahlung nur selten durchsetzen. Die Kugelmühle musste somit zwingend im Mahlkreislauf erhalten bleiben, um den Zement die gewohnten Eigenschaften aufzuprägen.

Im Laufe der Zeit entwickelten sich weitere Schaltungsvarianten der Kreislaufmahlung. Es wurde die Hybridmahlung eingeführt, bei der die GBWM einen größeren Anteil bei der Feinheitserzeugung durch die Rückführung von Griesen übernehmen soll. Nachteilig bei dieser Variante ist, dass die Kugelmühle weiterhin mit einem breitem Partikelband beaufschlagt wird. Bei der Kombimahlung werden zwei separate Mahl-Sicht-Kreisläufe für GBWM und Kugelmühle eingerichtet. Die Kugelmühle wird mit einem engen Partikelband beaufschlagt und kann somit kürzer ausgeführt werden. Die Variante hat den Nachteil eines zusätzlichen Sichters. Alle bisher genannten Varianten besitzen zusätzlich den Nachteil, dass das in der GBWM erzeugte Fertigprodukt weiterhin die Kugelmühle passieren muss und Mahlkapazitäten belegt.

Durch eine neue kompakte Sichterkonzeption konnte dieser Nachteil behoben werden. Die neue Variante besteht zum einen aus einem statischen Kaskadensichter und zum anderen aus einem dynamischen Stabkorbsichter. Beide Sichter werden mit demselben Luftvolumenstrom betrieben. Es werden sowohl Schülpen aus der GBWM als auch Kugelmühlenausgangsgut auf den Sichter aufgegeben. Durch die zweistufige Trennung entstehen drei Fraktionen: Fertiggut, feine Griesen und grobe Griesen. Die Zementeigenschaften dieser Sichterkonzeption weichen nicht von einem reinen Kugelmühlenzement ab, da ein Großteil der Endfeinheit weiterhin in der Kugelmühle erzeugt wird.

Beschreibung feinkörniger Reststoffe aus der Metallurgie und ihre aufbereitungstechnische Vorbehandlung für besseren Wiedereinsatz

Wolfgang Öfner

Montanuniversität Leoben, Österreich

wolfgang.oefner@unileoben.ac.at

Bei vielen metallurgischen Prozessen fallen zwangsläufig große Mengen an feinkörnigen Reststoffen an, die sich meist sowohl durch hohe Wertstoff- wie auch bedeutende Schadstoffgehalte auszeichnen. Letztere be- oder verhindern oft den Wiedereinsatz der Reststoffe im großen Umfang, wenn sie nicht angemessen dazu vorbereitet werden. Aus energetischen Gründen sind dafür mechanisch-physikalische Trennverfahren vorzuziehen.

Um solche aufbereitungstechnische Maßnahmen gezielt entwickeln zu können, müssen die Reststoffe entsprechend beschrieben werden. Da sich diese Reststoffe in einigen Aspekten von üblichem mineralischem Rohgut unterscheiden, können die bewährten Methoden der Merkmalsklassenanalyse oft nicht oder nur eingeschränkt angewendet werden.

Dieser Beitrag stellt einige Untersuchungen vor, die im Rahmen eines Dissertationsprojektes an verschiedenen Arten von metallurgischen Reststoffen durchgeführt wurden. Für einige der Proben wurden einfache adäquate Trennmethode gefunden, wobei sich die notwendigen Einstellungen teilweise sehr stark unterscheiden und die gemeinsame Verarbeitung unmöglich machen.

Rückgewinnung von Germanium aus Glasfaserschrotten

Volker Recksiek, Christiane Scharf

Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie

v.recksiek@hzdr.de

Germanium ist ein unentbehrliches Element für die europäische Informationstechnologie. Steigende Anforderungen an die Geschwindigkeit der Datenübertragung erfordern den Einsatz von Lichtwellenleitern, deren Produktion ohne Germaniumverbindungen nicht möglich ist. Wegen großer Versorgungsrisiken und des hohen Rohstoffpreises wurde der Halbleiter im Jahr 2010 von der Europäischen Kommission als kritischer Rohstoffe eingestuft. Die weltweite Germaniumproduktion betrug im Jahr 2014 circa 165 Tonnen wovon etwa 30% für die Produktion von Lichtwellenleitern verbraucht wurden. Bei der Herstellung von Lichtwellenleitern fallen während verschiedener Prozessschritte Neuschrotte an, die hauptsächlich aus germaniumhaltigen Quarzglas und Kunststoff bestehen. Vor allem die Rückgewinnung von Germanium aus Produktionsschrotten der germaniumreichen Multimodefasern (MMF) ist wirtschaftlich interessant. Die Germaniummenge in den jährlich weltweit anfallenden Produktionsabfällen der MMF-Herstellung wird auf mindestens 3 Tonnen mit einem Wert von derzeit 5,4 Millionen US-Dollar geschätzt. Deshalb soll die Möglichkeit der Rückgewinnung des Germaniums aus den Produktionsschrotten aufgezeigt werden. Die Charakterisierung der Schrotte sowie die mechanische Aufbereitung werden vorgestellt, des Weiteren wird ein Ansatz zur metallurgischen Rückgewinnung des Germaniums vorgeschlagen.

Zur Bestimmung der Germaniumgehalte werden bei Faserschrotten die Elektronenstrahlmikrosonde und bei den Faser-Vorformen die Röntgenfluoreszenzanalyse eingesetzt. Die mechanische Aufbereitung ist für Schrotte von Faser-Vorformen und Fasern unterschiedlich. Da die Faser-Vorformen aus reinem Glas bestehen, können sie mit Kugelmøhlen bis zur gewünschten Partikelgröße zerkleinert werden. Die Faser-Schrotte hingegen sind mit einer Kunststoffummantelung versehen. Aufgrund der unterschiedlichen Materialeigenschaften von Glas- und Kunststoffanteil bietet sich zur Erzeugung möglichst reiner Fraktionen die mechanische Aufbereitung an. Die Mahlung erfolgt mit einer Kombination aus Schneid- und Schermøhlen. Glas- und Kunststofffraktionen lassen sich nach der Mahlung durch Siebung und Sichtung weitestgehend trennen. In einem sich anschließenden geplanten metallurgischen Verfahren werden die oxidischen Verbindungen im Glasanteil zu Germaniumtetrachlorid und Siliciumtetrachlorid umgesetzt. Die Chloride zeichnen sich durch niedrige Siedepunkte aus und sind destillativ gut trennbar. Nach weiteren Reinigungsschritten können sowohl Germaniumtetrachlorid als auch Siliciumtetrachlorid wieder zur Herstellung von Lichtwellenleitern verwendet werden.

The Application of recycling glass byproducts in AAC

Chris Straub, M.V.A. (Miruna) Florea, H.J.H. (Jos) Brouwers

*Eindhoven University of Technology (TU/e) / Department of the Built Environment /
Unit: Building Physics and Services*

c.straub@tue.nl

During municipal waste glass recycling a certain fraction of material is obtained which is not recyclable due to its small particle size (it would be blown out of the oven, comparable to fly ash). Additionally, this fraction contains a high amount of organics (food remains, mainly sugar, as well as residues of the labels, mainly cellulose), which often have a negative effect on concrete setting. Due to these properties the material has no current applications. Moreover, stock piling outdoors is associated with certain risks (it is blown off like dune sand).

The application of glass in cement- and lime based building materials is limited by various disadvantages. On one hand there is an increased risk of Alkali-Silica-Reactions (ASR), on the other hand there is a limited binding of the slippery glass surface with the binding agent.

As part of the research project of the Material Innovation Institute (M2i), “M81.1.12478 Development of Eco Autoclaved Aerated Concrete” (AAC), the behaviour and the application possibility of this material is investigated. The glass residue serves as a silicate source and could to be applied successfully in AAC without adaptation of the recipe up to a 40 % replacement level. The glass powder affects the slurry like a plasticiser, while at higher replacement levels (60%) the typical AAC pore structure is negatively affected.

An increased strength of the hardened material of up to 40% was achieved, compared to the reference mixture. The shrinkage increased (from 0.7 to 1.17 mm/m) proportionally with the substitution level. Microscopic evaluation (SEM) revealed that a more dense material structure is created around the glass grain due to the increased solubility of glass compared to quartz. This dense material is enriched with alkalis from the dissolved glass. Because of the hydrothermal treatment of the material the alkalis are bound in the crystal lattice of tobermorite and not available for further reactions. It seems that the organics have no influence of the product during or after autoclaving, apart from a minor discolouring.

In summary, the application of glass recycling residues in AAC was proven to be possible. Up to a certain replacement level the material can serve as silica source and is beneficial for the overall performance. At higher substitution levels an adaptation of the recipe is necessary to compensate negative trends in shrinkage and pore structure.

Gips in Bauschutt – Probleme und Lösungsansätze

Dr. Karin Weimann, Dr. Burkart Adamczyk

*Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung, Fachbereich 4.4,
Thermochemische Reststoffbehandlung und Wertstoffrückgewinnung*

karin.weimann@bam.de

Baumaterialien aus Gips, wie z.B. Gipsputze oder Wandbauplatten aus Gips, verfügen über hervorragende Baustoffeigenschaften. Daher wurden sie in den vergangenen Jahrzehnten zunehmend bei der Errichtung von Wohn- und Geschäftsbauten als Innenausbaumaterialien eingesetzt. Entsprechend muss beim Rückbau dieser Gebäude im anfallenden Bauschutt mit einem Anstieg von Sulfaten, die aus den gipshaltigen Baumaterialien stammen, gerechnet werden. Da Sulfate aus mehreren Gründen gerade in wiederaufbereiteten mineralischen Sekundärbaustoffen unerwünscht und entsprechend reglementiert sind, müssen Lösungswege für die Limitierung der Sulfate in Sekundärrohstoffen aus Bauschutt beschritten werden.

Für die Separierung von gipshaltigen Materialien aus den für die Wiederverwertung vorgesehenen Baurestmassen stehen sich zwei Lösungsansätze gegenüber:

- die Separierung der gipshaltigen Materialien bei den Rückbau- bzw. Abbrucharbeiten,
- die Aussortierung von gipshaltigen Materialien während der Bauschuttaufbereitung.

Für beide Lösungsansätze stehen schon verschiedene Techniken und Verfahrensweisen zur Verfügung, die hier einander gegenübergestellt werden.

Leaching Kinetics of Technology Metals

Harald Kalka¹⁾, Julia Krause¹⁾, **Horst Märten**^{1,2)}, Jana Nicolai¹⁾, und Micha Zauner¹⁾

¹⁾Umwelt- und Ingenieurtechnik GmbH Dresden (UIT), Dresden, Deutschland

²⁾ Heathgate Resources Pty. Ltd., Adelaide, Australien

h.maerten@uit-gmbh.de

The efficiency of both primary ore processing (comminution, mechanical beneficiation) and hydrometallurgical extraction (leaching) determines the feasibility/economics of technology metals' production from mineral resources. Besides in-situ recovery (ISR) of technology metals (applicable to particular deposits only) both heap/dump leaching and tank/autoclave leaching could be economic hydrometallurgical approaches. These are currently investigated and optimized for a number of technology metals including Co, U, La, Nd, Cd, Li, Y, Bi, Dy, Se, Sm, Zr, Ga, In, Tb, Eu, Pd, Pt, Ge, Ga, Re, Rh, Hf, Ta, Sc, Te, Th (global production in descending order), focusing on (heavy) rare earth elements (H)REE in particular. This paper summarizes recent advancements in studying leaching kinetics by various experimental means in combination with kinetic models for extraction technologies including

- ISR (reactive transport in permeable deposits under saturated conditions),
- Heap and stope/block leaching (percolate reactive transport),
- Tank/autoclave leaching,

in all cases considering the specific ore mineralogy, leaching chemistry and physical parameters (determining the leachant-mineral contact). The models are used to up-scale from lab conditions to industrial applications for engineering and optimizing plant performance for various operational modes (e.g. counter-current operation).

Experimental studies of leaching kinetics are performed for the above three technological categories in UIT's new hydrometallurgical test center (suitable for processing ore samples containing naturally occurring radioactive materials NORM as well) by using (saturated) column leach test facilities for acid/alkaline and vertical/horizontal operation, percolate column leach test facilities, and batch/autoclave test facilities, respectively, all operating automatically and equipped with in-line sensors for parameter measurements, partly operated with temperature/pressure control.

Whereas hydrological 3D models (e.g. FEFLOW) are used to optimize the leachant-ore contact in ISR and heap/block leach applications, several new reactive-transport model approaches with focus on leaching kinetics were developed and successfully implemented. In addition to saturated-flow reactive transport in 1D-3D, the generalized KiLea* is applicable to percolate leaching (reproducing the influence of particle-size distribution in particular). It is comparable with the recent heap leaching model developed by Maledo et al., 2012, however, considering leach kinetics in dependence on chemical conditions (pH, redox) in more detail.

The paper demonstrates several application examples for all 3 recovery options, in particular for (H)REE, Cu and U recovery.

Gewinnung von Indium aus stark verdünnten Biolaugungslösungen durch Flüssig-Flüssig-Extraktion

Radek Vostal, Peter Fröhlich, Martin Bertau

TU Bergakademie Freiberg

vostal@mailserver.tu-freiberg.de

Das Biohydrometallurgische Zentrum Freiberg hat das Ziel ein Verfahren zu entwickeln, welches die Gewinnung und Konzentrierung von Indium aus einer Laugungslösung von heimischen Sphalerit ermöglicht. Aus diesem Erz entsteht mit Hilfe von Mikroorganismen eine polymetallische Lösung, die auch Indium in kleinen Mengen enthält. Um das Indium erfolgreich gewinnen zu können, muss dieses bis zu 10000mal konzentriert und von anderen Metallen abgetrennt werden.

Es wird ein erster Technologieentwurf zur Gewinnung von Indium aus sehr verdünnten polymetallischen Lösungen, die vor allem Zn und Fe als Hauptkomponenten enthalten, mittels Flüssig-Flüssig Extraktion vorgestellt. Beginnend mit einer Modellösung bestehend aus 10 g/l Zn, 2 g/l Fe und 11 mg/l Indium werden die Ergebnisse der Solventextraktion mit 0,05 M DEHPA als Extraktionsmittel präsentiert. Um die absolute Indiumkonzentration zu erhöhen, wurde ein Phasenverhältnis von organischer zu wässriger Phase zwischen 1 : 20 verwendet. Dadurch wurde Indium im Extrakt um Faktor 20 konzentriert, während die Begleitelemente Zink und Eisen nur im begrenzten Maße mitextrahiert wurden (2 %). Mitextrahiertes Zink konnte anschließend mit 0,1 M Schwefelsäurelösung zu 99% entfernt werden, so dass eine sehr reine Indiumlösung für die Reextraktion zur Verfügung stand. Nach der Reextraktion der mit Indium beladenen DEHPA-Lösung mit einer Reextraktionslösung (1 M Salzsäure mit 3,5 M Natriumchlorid) in einem Phasenverhältnis von 2,5 : 1 wurde eine Endkonzentration von 500 mg/l Indium erreicht! Dies ist ein bedeutendes Ergebnis, was zur Wirtschaftlichkeit des gesamten Aufbereitungsprozesses beiträgt und die sich anschließenden etablierten Gewinnungsverfahren erst ermöglicht.

Um Indium weiter zu konzentrieren wurde die Reextraktionslösung erneut einer Flüssig-Flüssig-Extraktion mit 1 M Cyanex 923-Lösung unterzogen. Dieses Extraktionsmittel verfügt über die Eigenschaft Chlorokomplexe zu extrahieren, wie sie beim Indium nachgewiesen wurden. Deshalb war es möglich, Indium vollständig aus der Reextraktionslösung mit Cyanex 923 zu entfernen, wobei nur 10% des Eisens mitextrahiert wurden.

Extraktion von Zink und Indium aus Zinkblende und Haldenmaterial durch Biolaugung und anschließende Gewinnung aus den Laugungslösungen

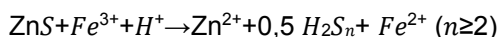
Mirko Martin, Eberhard Janneck, René Kermer, Anke Patzig, Susan Reichel

G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH

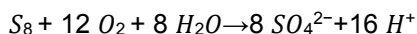
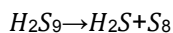
e.janneck@geosfreiberg.de

Innerhalb des Projektes „Gewinnung strategischer Metalle und anderer Mineralien aus sächsischen Bergbauhalden (SMSB)“ wurden Flotationsrückstände der Halden „David Schacht“ und „Hammerberg“ bei Freiberg untersucht. Durch den hohen Anteil von Freiburger Zinkblende im Material liegt die Zinkkonzentration bei 0,6 bis 1,2 % w/w und Indium ist als weiteres Wertelement in einer Konzentration von 10-15 mg/kg TS vorhanden. Ein Untersuchungsgegenstand des Projektes war die Aufarbeitung der Flotationsrückstände mittels Biolaugung, da diese Technologie durch den geringen Arbeits- und Energieaufwand eine kosteneffiziente Gewinnung der Wertelemente unter umweltschonenden Bedingungen ermöglicht.

Zinkblende wird durch Mikroorganismen generell über den Polysulfidmechanismus gelaugt. Dabei wird zunächst chemisch durch Protonen die Bindung zwischen Metall und Schwefel gespalten bevor die Oxidation des Sulfidschwefels durch Fe^{3+} erfolgt.



Die so entstehenden Polysulfide können zu elementarem Schwefel abgebaut werden, der wiederum mikrobiell unter sauren Bedingungen zu Schwefelsäure weiter oxidiert wird:



Zunächst dienten Schüttelkolbenversuche und Säulenversuche mit indiumhaltiger Freiburger Zinkblende und einer Laugungsmischkultur (G.E.O.S.-Stammsammlung) zur Festlegung der grundlegenden Prozessbedingungen (pH, Korngröße, Feststoffanteil). Anschließend fand die Laugung im Batch-Bioreaktormaßstab zur Optimierung der Bedingungen und Laugungsrate statt. Dabei konnte für Zink ein Ausbringen von 100% für Indium von ca. 80% bei Feststoffgehalten von bis zu 40% erreicht werden.

Daraus resultierend ergaben sich hohe Konzentrationen von Zink und Eisen aber auch des Nebenelementes Indium und der Schwermetalle Arsen und Cadmium in der Laugungslösung. Für die Gewinnung von Indium wurde eine Strategie entwickelt, bei der durch gezielte Anhebung des pH-Wertes der Lösung Eisenverbindungen gemeinsam mit Indium und Arsen als Eisenhydroxysulfate ausfallen. Eine weitere Anreicherung des Indiums kann durch Auflösen des Präzipitats anschließende Eisenreduktion und schrittweise Anhebung des pH-Wertes erfolgen. In Anwesenheit von AsO_4^{3-} verschiebt sich der Fällungsbereich für die Abtrennung von Indium hin zu pH 1,5 bis 2,0, so dass Indium als $In(OH)_3/InAsO_4$ getrennt von Aluminium, Eisen und divalenten Ionen wie Zn, Cd und Cu gefällt werden kann. Das indiumhaltige Konzentrat kann dann hydro- oder pyrometallurgisch weiterverarbeitet werden.

Gefördert durch:



FKZ 033R095B

Die unterstrichenen Autoren präsentieren das Poster vor Ort

Wann können Flockungshilfsmittel effektiv eingesetzt werden? <u>S. Schwarz</u> ¹ , G. Petzold ¹ , M. Mende ¹ , B. Borchers ² , W. Palitzsch ² ¹ Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V., ² Loser Chemie GmbH	P1
Adsorptionsdeinking statt Flotation: Polymergranulate als Druckfarbensammler in einem neuartigen Recyclingprozess <u>Gudrun Petzold</u> , Simona Schwarz Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V.	P2
Recent investigations on flotation of black-shale hosted copper ores from Sangerhausen-Mansfeld mining district at UVR-FIA GmbH ¹ I. Bremerstein, ¹ <u>J. Schaefer</u> and ² A. Kamradt ¹ UVR-FIA GmbH, Freiberg; ² Martin Luther University Halle-Wittenberg, Halle	P3
Synthesis, Complexation Studies and Rare Earth Solvent Extraction Properties of Novel Tetrasubstituted Calix[4]arenes <u>F. Glasneck</u> and B. Kersting Institute of Inorganic Chemistry, Leipzig University, Leipzig, Germany	P4
Charakterisierung von imprägnierten Amberlite XAD 7 HP für die Trennung Seltener Erden-Ionen mittels Trennsäule <u>Anja Grohme</u> , Urs A. Peuker TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik	P5
MECHANICAL ACTIVATION OF CEMENTITIOUS MATERIALS IN STIRRED MEDIA MILL <u>Gábor Mucsi</u> , Ádám Rácz, Roland Szabó, Barnabás Csőke UNIVERSITY of MISKOLC, FACULTY of EARTH SCIENCE & ENGINEERING, HUNGARY Institute of Raw Material Preparation and Environmental Process Engineering	P6
Erkennung und Erschließung von Rohstoffpotenzialen aus dem Hochbau mittels eines mobilen Systems - ResourceApp <u>Christian Stier</u> ¹ , Ansilla Bayha ¹ , Jens Forberger ¹ , Neyir Sevilimis ² , Rebekka Volk ³ ¹ Fraunhofer-Institut ICT; ² Fraunhofer-Institut IGD, ³ Karlsruher Institut für Technologie KIT, Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion IIP	P7
Anreicherung von Wertkomponenten aus der Feinfraktion vorzerkleinerter Li-Ionen Batterien mit Hilfe der Dichtesortierung ¹ <u>Martha Gellner</u> , ² Lutz Wuschke, ² Hans-Georg Jäckel, ¹ Urs A. Peuker ¹ Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik; ² Institut für Maschinenbau TU Bergakademie Freiberg	P8
Untersuchung der Adsorption von Flotationsreagenzien mittels Rasterkraftmikroskop und Raman-Spektroskopie <u>Bent Babel</u> ¹ , Martin Rudolph ¹ , Urs Peuker ² ¹ Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie; ² Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik, TU Bergakademie Freiberg	P9
MECHANICAL PREPARATION OF END OF LIFE FLAT SCREEN TV PARTS FOR CRITICAL ELEMENTS ENRICHMENT <u>Sándor Nagy</u> , Imre Gombkötő, Barnabás Csőke Contact: Sándor Nagy, senior lecturer UNIVERSITY of MISKOLC, FACULTY of EARTH SCIENCE & ENGINEERING, HUNGARY Institute of Raw Material Preparation and Environmental Process Engineering	P10
Recycling von Mauerwerkbruch <u>Katrin Rübner</u> ¹ , Alexander Schnell ² ¹ Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) ² Bauhaus-Universität Weimar	P11

Verfahren zur Rückgewinnung des Silbers von Datenträgern Dr. Klaus Krüger*, Meinolf Stützer* , Felix Sträubig** <i>*Gesellschaft zur Förderung von Medizin,- Bio- und Umwelttechnologien e.V.**Calbe Chemie GmbH</i>	P12
Entwicklung von Bindemitteln mit reduzierter CO₂-Bilanz aus Reststoffen der Papierindustrie Toni Ihlenfeldt¹ , Gregor J. G. Gluth ¹ , Klaus Landwehrs ² <i>¹Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Fachbereich 7.4 Baustofftechnologie, Berlin; ²Fachhochschule Potsdam, Fachbereich Bauingenieurwesen, Potsdam</i>	P13
Gewinnung von Lithiumcarbonat aus lithiumhaltigen Mineralien mittels CO₂-Behandlung Gunther Martin, C. Pätzold, M. Bertau* <i>TU Bergakademie Freiberg, Institut für Technische Chemie</i>	P14
Thermische und chemische Behandlung von Kraftwerksaschen zur Rückgewinnung strategisch wichtiger Metalle B. Brett¹ , D. Schrader ² , K. Räuchle ¹ , G. Heide ² , M. Bertau ¹ <i>¹Institut für Technische Chemie, ²Institut für Mineralogie, TU Bergakademie Freiberg</i>	P15
Erhöhung der Repräsentativität von Proben durch zufällige Volumenelemententnahmen Wertstoffballen mit Hilfe der Ballenbeprobung Christian Borowski, M.Eng. (HSN), Prof. Dr.-Ing. Sylvia Schade-Dannewitz (HSN), Prof. Dr.-Ing. Daniel Goldmann (TUC), Dr. Jürgen Poerschke (HSN), Dirk Barnstedt (S&B) <i>Hochschule Nordhausen (HSN); Technische Universität Clausthal (TUC), Schulz & Berger Luft- und Verfahrenstechnik (S&B)</i>	P16
Gewinnung von Platin und Gadolinium aus pharmazeutischen Abfällen Seifert, M. , Lorenz, T., Fröhlich, P., Bertau, M., Jacob-Seifert, K. <i>TU Bergakademie Freiberg; FNE Entsorgungsdienste Freiberg GmbH</i>	P17
Mikrobielle Laugung von Seltenen Erden aus Leuchtpulver Stefanie Hopfe , Dr. Sabine Kutschke, Dr. Katrin Pollmann <i>Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie, Abteilung Aufbereitung</i>	P18
Biologische Laugung von Kupfer aus Kupferschiefer Sophia Kostudis , Kai Bachmann, Sabine Kutschke, Katrin Pollmann, Jens Gutzmer <i>Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie</i>	P19
Entwicklung und Anwendung analytischer Methoden in der Kupferschiefer Aufbereitung Anne Rahfeld , Robert Möckel, Jens Gutzmer <i>Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie</i>	P20
Replicating particle size distributions towards the application of recycled concrete in concrete P.M.F. (Perry) van de Wouw, M.V.A. (Miruna) Florea, and H.J.H. (Jos) Brouwers <i>Building Physics & Services, Eindhoven University of Technology</i>	P21
Gewinnung von Germanium aus Gärresten Dipl.-Chem. Norbert Schreiter , Dr. rer. nat. Peter Fröhlich, Prof. Dr. rer. nat. habil. Martin Bertau <i>Technische Chemie, TU Bergakademie Freiberg</i>	P22

Poster 1	Wann können Flockungshilfsmittel effektiv eingesetzt werden?
	S. Schwarz¹ , G. Petzold ¹ , M. Mende ¹ , B. Borchers ² , W. Palitzsch ²
	¹ Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V., ² Losser Chemie GmbH
	simsch@ipfdd.de

Bei der Aufbereitung von mineralischen Rohstoffen, Erzen und Baustoffen werden häufig Flockungshilfsmittel (FHM) eingesetzt. In einem aktuell bearbeiteten Forschungsprojekt ist die Verringerung des Frischwasserbedarfs und die Einsparung von FHM durch Optimierung der Lösetechnologie für Polyelektrolyte das Ziel der Arbeiten. Zum Erreichen des Zieles ist die Entwicklung einer neuen innovativen Lösetechnologie für FHM notwendig. Dazu ist es notwendig, dass

1. Aussagen über die Wirkung von verfahrenstechnischen Parametern auf die Lösegeschwindigkeit von FHM zu Lösungen mit Konzentrationen unterhalb der Überlappungskonzentration gemacht werden können,
2. Untersuchungen zur Aufklärung der Lösungszustände durchgeführt werden, speziell um zu verstehen, wie die Polymere (FHM) wann vorliegen (liegen Polymere vereinzelt vor und haben keine Wechselwirkung zueinander, ist ein optimaler Einsatz mit anderen Stoffen möglich),
3. Einflüsse unterschiedlicher betrieblicher Betriebswasserqualitäten auf die Stabilität und die Wirkung der verdünnten Flockungshilfsmittellösungen geprüft werden,
4. systematische Applikationsuntersuchungen in potentiell zu bedienenden Anwendungen / Märkten vorgenommen und bewertet werden, geeignete Märkte identifiziert und gleichzeitig aus den Ergebnissen der Applikationsuntersuchungen notwendige Anpassungen der Produkteigenschaften mit entsprechenden Implikationen für Rezeptur und Prozessführung abgeleitet werden.

Erste Ergebnisse aus diesem Projekt sollen vorgestellt werden. Als FHM werden vorrangig Polyacrylamide untersucht. Um die Frage wann und wie lange sind FHM effektiv einsetzbar wurden verschiedene Untersuchungen in Abhängigkeit von der Zeit durchgeführt. Außerdem wurde das Lösemittel Wasser in unterschiedlichen Qualitäten verwendet.

Poster 2	Adsorptionsdeinking statt Flotation: Polymergranulate als Druckfarbensammler in einem neuartigen Recyclingprozess
	Gudrun Petzold, Simona Schwarz
	<i>Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V.</i>
	petzold@ipfdd.de

Das Adsorptionsdeinking ist eine neue Technologie zum Entfernen von Druckfarben bei der Papieraufbereitung. Anstelle der klassischen Flotation wird die im wässrigen Medium dispergierte Druckfarbe an geeigneten Polymergranulaten wie z.B. Polypropylen (PP) oder Polyamid (PA) adsorbiert und danach abgetrennt. Dadurch lassen sich die Prozesse mit höheren Stoffdichten fahren und somit erhebliche Mengen an Wasser und Energie sparen. Abbildung 1 zeigt, dass die Effektivität der Abtrennung von der Art der Druckerzeugnisse abhängt. Magazinpapiere (linke Probe) lassen sich unter den gewählten Bedingungen schlechter deinken als Zeitungspapier (rechts).



Deshalb wurde der Einfluss verschiedener Papierarten (Newspaper (NP), slightly calandered (SC) oder light weight coated (LWC)) sowie Druckfarben wie Offset (heat set oder cold set) sowie Tiefdruck (TD) auf den Prozess systematisch untersucht und kritisch bewertet. Dazu wurden sowohl papiertechnisch relevante Parameter (Deinkability score) ermittelt als auch die Wechselwirkungen in den Stoffsuspensionen anhand von Ladung und Oberflächenspannung charakterisiert. Eine weitere charakteristische Größe war die Partikelgrößenverteilung in der Suspension, wobei LWC durch einen sehr hohen Feinanteil gekennzeichnet ist. Um die Grundlagen bezüglich des Polymereinsatzes zu untersuchen, wurden aus den Granulaten Prüfkörper hergestellt und bezüglich Ladung (Zetapotenzial) und Hydrophobie (Randwinkel) charakterisiert. Dabei unterscheiden sich die "Massenpolymere" wie PP oder PA bezüglich des Zetapotenzials kaum, aber bezüglich des Randwinkels. Der Einfluss der Polymereigenschaften auf das Deinking - Ergebnis wurde untersucht und die Eignung der bereits verwendeten PP bzw. PA bestätigt, so dass keine kostenintensiven Modifizierungen bzw. teuren Spezialpolymere notwendig sind. Zur Wiederverwendung der Granulate können diese mittels Tensidlösung und Ultraschall gereinigt werden [1].

Literatur:

[1] Schwarz, S. u.a.: Wie Polymere das Papierrecycling verbessern, GIT Labor-Fachzeitschrift 11/2013

Poster 3	Recent investigations on flotation of black-shale hosted copper ores from Sangerhausen-Mansfeld mining district at UVR-FIA GmbH
	I. Bremerstein ¹ , J. Schaefer ¹ and A. Kamradt ²
	¹ <i>UVR-FIA GmbH, Freiberg;</i>
	² <i>Martin Luther University Halle-Wittenberg, Halle</i> schaefer@uvr-fia.de

Economically recoverable Kupferschiefer-type mineralization occur mainly at the southern boundary of the Permian Zechstein basin stretching from East England over the North Sea and Germany to Poland and has been initially mined in the Praehistoric era, but verifiable extracted at higher extend in medieval times (1200 A.C.). Mining in the Mansfeld-Sangerhausen area was generally marked by winning of the Permian stratiform black shale-hosted ore. Regarding to the high content of organic matter, the processing to recover copper and byproducts was exclusively restricted to the pyrometallurgical route, which has produced both huge amounts of waste rocks and tailings. However, stratigraphic adjacent lithotypes, namely the hanging wall Werra limestone/dolomite and footwall Rotliegend sandstone have been mined in several Mid-European Kupferschiefer-type mining districts (Richelsdorf, Lower Silesia/SW Poland, Lower Rhine Basin) and are still extensively recovered in the Polish Kupferschiefer-type deposits.

The mineralogical composition of the fine laminated black shale ore from Mansfeld-Sangerhausen is dominated by quartz, dolomite, clay minerals and significant portion (up to 15 %) of organic matter. The ore mineralization consists of finely disseminated base metal sulphide particles, partly closely intergrown, and bedding parallel sulphide bands or cross cutting sulphide-bearing veins. The economically important ore is mainly characterized by bornite, chalcocite, chalcopyrite and subordinately Cu-Ag-sulphides, that are accompanied by various contents of sphalerite, galena, and pyrite. The common ore particle sizes in particular in the fine disseminated portion ranges from few to hundred microns, but can partly exceed hundreds of microns in the vein-type ore.

For the recovery of the valuable minerals, a comminution of the material is necessary to unlock the very finely intergrown ore minerals mechanically. The grinding product then is subject to a flotation adjusted to the high amount of fines to gain a flotation concentrate, which further can be processed pyrometallurgically.

The mineral processing of fine particles by flotation, which is problematic due to their low mass and their high specific surface, has been investigated theoretically in detail, but set into practice often only by the aid of empirical research approaches. Additional to its fine intergrowth, the high content of organic carbon and clay in the black shale ore represent a challenge for mineral processing. In 2015 first investigations regarding different pre-treatment processes combined with flotation test series are carried out.

To investigate the thermal and/or chemical treatment of the Kupferschiefer, a completely new approach is taken that has not been studied yet. The intension is to change the behaviour in floating by changing the surface of the carbonaceous compounds of the material.

By the flotation of Mansfeld dump material, a copper concentrate of more than 10 % Cu can be generated. Further tests in combination with special pre-treatment methods show, that it is also possible to restrain the recovery of organic carbon in the copper concentrate. The results of these tests on a carbonaceous black shale ore will be presented.

Products of the black shale ore comminution and flotation concentrates have been analyzed based on sieve analysis and laser diffraction method to determine the particle size distribution. XRD-analyses and chemical analyses as well as scanning electron microscopic investigation are carried out to characterize the mineralogical composition of the products along the whole process chain.

Poster 4	Synthesis, Complexation Studies and Rare Earth Solvent Extraction Properties of Novel Tetrasubstituted Calix[4]arenes
	F. Glasneck and B. Kersting
	<i>Institute of Inorganic Chemistry, Leipzig University</i>
	florian.glasneck@uni-leipzig.de

Calix[4]arenes play a key role as host molecules in supramolecular and macrocyclic chemistry.¹ Due to their unique combination of properties, calix[4]arene derivatives are desired ligands for a wide variety of guest species ranging from inorganic ions to neutral organic molecules.^{2,3} For rare earth metal separation highly selective binding sites are required to discriminate between lanthanide ions which exhibit similar charge and radii. Hence, our interest is focused on designing novel calix[4]arene based ligands bearing carboxylate and phosphonate groups at the lower rim which possess high affinity towards the oxophilic lanthanide cations. In this regard, the size and form of the corresponding binding pockets needs to be chosen and modified carefully with respect to the target cationic species by altering e.g. the spacer length and the donor atom geometry. Additionally, the application of our ligands in liquid-liquid extraction requires a highly lipophilic molecular scaffold that is spatially separated from the rather polar metal binding sites.

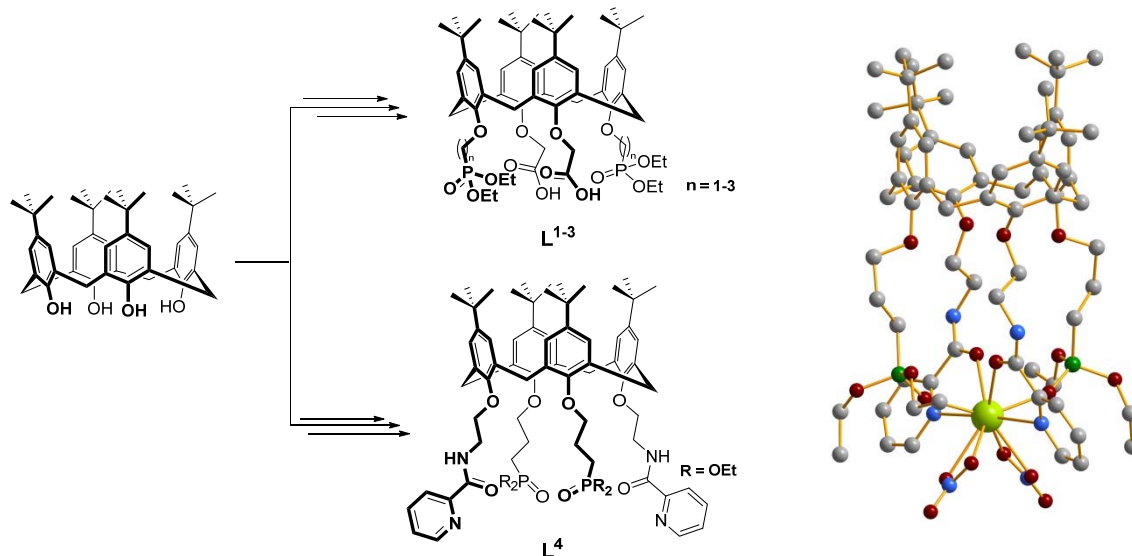


Figure 1. Tetrasubstituted ligands in cone conformation (left) and molecular structure of the Pr(III) complex $[L^4Pr(NO_3)_2]^+$ (right).

We will present straight forward synthetic approaches towards a tetrasubstituted calix[4]arene based ligand as well as its extensive characterization. Furthermore, the complexation behavior towards Ln(III) cations is described and interaction experiments in liquid phase as well as solvent extraction studies are presented.

¹ Böhmer, V. *Angew. Chem. Int. Ed.* **1995**, 34, 713–745.

² van Dienst, E.; Reinhoudt, D.N. *Pure Appl. Chem.* **1993**, 3, 387–392.

³ Lo, P.K.; Wong M.S. *Sensors* **2008**, 9, 5313–5335.

Poster 5	Charakterisierung von imprägnierten Amberlite XAD 7 HP für die Trennung Seltener Erden-Ionen mittels Trennsäule
	Anja Grohme, Urs A. Peuker
	<i>TU Bergakademie Freiberg – Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik</i>
	Anja.Grohme@mvtat.tu-freiberg.de

Seltene Erden sind heutzutage kaum noch aus unseren Technologien wegzudenken. Windräder, Flachbildschirme oder auch Smartphones könnten ohne diese Metalle nicht hergestellt werden. Die Lagerstätten mit Seltenen Erden (SE) haben trotz einer Reihe von Unterschieden gemein, dass die verschiedenen SE-Elemente immer als Gemische auftreten, die aufgrund der chemisch ähnlichen Eigenschaften sehr schwer in die einzelnen Elemente aufzutrennen sind. Um die benötigten hochreinen Metalle (>99%) zu gewinnen, sind kostspielige Verfahren wie z.B. die Solventextraktion notwendig. Um das Gefahrenpotential, welches von den dort eingesetzten Chemikalien ausgeht zu verringern, werden neue, alternative Trennungungsverfahren benötigt.

Eine Alternative stellt die Extraktionschromatographie¹ dar. Schlüssel zum Erfolg dieses Verfahrens sind neben der Auswahl eines geeigneten Adsorptionsmaterials, das in einer Trennsäule das Seltene Erdgemisch in die einzelnen Komponenten oder Komponentengruppen aufspaltet, die Wahl der Prozessparameter, bei der die Trennsäule arbeitet. Wichtige Parameter sind dabei pH-Wert, Fließgeschwindigkeiten und Partikelgröße. Das Adsorptionsmaterial wiederum muss sowohl die Ionen der Seltenen Erden im hohen Maße adsorbieren als auch durch geeignete Elutionsmittel selektiv desorbieren können.

Im vorliegenden Beitrag wird Amberlite XAD 7 HP imprägniert mit Di-(2-ethylhexyl)-Phosphorsäure als ein geeignetes Adsorptionsmaterial vorgestellt. Dessen Leistungsfähigkeit wurde durch Batchversuche anhand von Adsorptionsisothermen und durch Versuche mit einer Trennsäule anhand von Durchbruchkurven überprüft und geeignete Prozessparameter ermittelt. Als Elutionsmittel wurden Salzsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure untersucht. Hohe Elutionsraten konnten mit Salzsäure erreicht werden.

¹ Lee, G. S., et al., *Separation of major impurities Ce, Pr, Nd, Sm, Al, Ca, Fe, and Zn from La using bis(2-ethylhexyl)phosphoric acid (D2EHPA)-impregnated resin in a hydrochloric acid medium*. Separation and Purification Technology, 2010. 71(2): p. 186–191.

Poster 6	MECHANICAL ACTIVATION OF CEMENTITIOUS MATERIALS IN STIRRED MEDIA MILL
	Gábor Mucsi , Ádám Rácz, Roland Szabó, Barnabás Csőke
	<i>UNIVERSITY of MISKOLC, FACULTY of EARTH SCIENCE & ENGINEERING, HUNGARY</i>
	<i>Institute of Raw Material Preparation and Environmental Process Engineering</i> ejtmucsi@uni-miskolc.hu

Coal fired fly ash is one of the most important industrial by-products generated huge amount worldwide. On the other hand, it might be valuable raw materials in a wide range of application, mainly in the construction industry due to its high alumino-silicate content. However, their quality is very heterogeneous. Namely, the reactive ones are of great importance in the cement and other allied industries. Nevertheless, the less valuable by-products are landfilled. The low reactivity of such secondary raw materials can be improved by mechanical activation (Mucsi et al., 2009).

Mechanical activation through ultrafine milling is an effective procedure where an improvement in technological processes can be attained via a combination of several effects, which influence the properties of applied minerals (Balaz et al, 2010). The primary effect of mechanical activation is the comminution of mineral particles, which results in changes in a great number of physicochemical properties of a particular system.

The aim of the present poster is to represent some research results of the Institute of Raw Material Preparation and Environmental Processing, University of Miskolc, Hungary in the field of mechanical activation of fly ash and portland cement and to show the effect of the mechanical activation on the properties of fly ash based hydraulic and geopolymer binder.

The mechanical activation was performed in a laboratory scale high energy density mill, namely a stirred media mill with ceramic liners and discs. The particle size distribution (PSD) of the raw and the ground materials was measured by a HORIBA LA-950V2 laser diffraction particle size analyzer. The structure of the fly ash as well as the resulted binder product after aging was investigated by FTIR spectroscopy. Stretching and bending vibrations of chemical bonds in samples induced by infra range electromagnetic waves detected by JASCO FTIR 4200 type Fourier transform infrared spectrometer. Furthermore, SEM analysis was performed to monitor the particle morphology.

The results of the experiments show the effect of the fly ash fineness on the compressive strength of the resulted binder. Relationships between grinding fineness, material structure and compressive strength were revealed. It was found that stirred media mill is an efficient device in order to tailor the reactivity of industrial by-products.

Poster 7	Erkennung und Erschließung von Rohstoffpotenzialen aus dem Hochbau mittels eines mobilen Systems - ResourceApp
	Christian Stier¹ , Ansilla Bayha ¹ , Jens Forberger ¹ , Neyir Sevilimis ² , Rebekka Volk ³
	¹ Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT, Pfinztal ² Fraunhofer-Institut für Grafische Datenverarbeitung IGD, Darmstadt ³ Karlsruher Institut für Technologie KIT, Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion IIP, Karlsruhe
	christian.stier@ict.fraunhofer.de

Der Anteil an Bau- und Abbruchabfällen beträgt mit rund 200 Mio. t mehr als 50 % der jährlich anfallenden Abfälle in Deutschland.¹ Dabei sind Rückbau- und Abbruchprojekte durch einen großen Zeit- und Kostendruck gekennzeichnet. Bei der heute üblichen Erfassung von Rückbauobjekten durch Begehung werden die verbauten, oft werthaltigen Materialien grob geschätzt, was zu einer großen Abweichung zur tatsächlichen Materialzusammensetzung führen kann. Dennoch dienen diese Schätzwerte derzeit als Grundlage für das Angebot und die Projektplanung der Rückbauunternehmer.

Im Projekt ResourceApp wurde ein Demonstrator entwickelt, der erstmals die mobile, dreidimensionale und semantische Erfassung von Gebäuden und Bauteilen in Echtzeit ermöglicht. Dazu werden über einen Kinect Sensor Tiefeninformationen und Bilddaten auf einen Laptop übertragen. Softwareseitig werden die Information hinsichtlich 3D-Daten und Bilderkennung ausgewertet. Mittels einer Schnittstelle werden die Daten an das Inventarisierungs- und Planungsmodul transferiert. Darin ermöglicht der Demonstrator die Ermittlung des Rohstoffinventars des aufgenommenen Gebäudes in unterschiedlichem Detaillierungsgrad je nach Bauteil und Material. Vom Gebäuderohstoffinventar werden dann Aktivitäten zur Separierung, zum Rückbau und zur Sortierung erzeugt, die erforderlich sind um die betreffenden Zielwertstoffe wiederzugewinnen. Anschließend werden die Aktivitäten ressourcenoptimal auf die zur Verfügung stehenden Mitarbeiter und Maschinen geplant. In bereits durchgeführten Praxistests zur Verifizierung der Ergebnisse der Gebäudeaufnahme und der Gebäudeinventarisierung wurden verschiedene Büroräume und der Teil eines Krankenhauses aufgenommen, welcher gerade analysiert wird. Dieser wird bei der Entkernung sortiert und gewogen, um das durch das ResourceApp System identifizierte Potenzial dem tatsächlichen Rohstoffpotenzial gegenüberzustellen.

In weiteren Praxistests an anderen Gebäuden, sind neben der Weiterentwicklung des Demonstrators auch Betrachtungen zur Praxistauglichkeit bspw. hinsichtlich der Echtzeitfähigkeit oder der Stromversorgung des Demonstrators geplant. Deren Umsetzung soll sukzessive getestet und verbessert werden.

¹ http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de_jb10_jahrtabu12.asp; 22.09.2015

Poster 7

Fortsetzung

Das Projektkonsortium besteht aus jeweils drei Forschungseinrichtungen und Unternehmen. Das Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT bringt neben der Projektleitung seine Kompetenzen im Bereich Kreislaufwirtschaft und Ressourceneffizienz ein. Das Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD deckt mit der Bilderkennung und grafischen Datenverarbeitung das nötige Fachwissen der Informatik ab. Neben den beiden Fraunhofer-Instituten ist das Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion IIP des Karlsruher Instituts für Technologie KIT Teil des Projektkonsortiums. Das IIP hat viel Erfahrung zur operativen Rückbauplanung und Kreislaufwirtschaft im Baubereich und ist in diesem Projekt u. a. für die Methodenentwicklung und die Integration in der Software verantwortlich. Die Praxispartner begleiten die Praxisverifikation, um die Bedürfnisse der späteren Anwender schon bei der Entwicklung zu berücksichtigen. Zwei Abbruchunternehmen mit Schwerpunkt Sanierung (COSAWA Sanierung GmbH, Peine) bzw. Rückbau (Werner Otto GmbH, Hameln), sowie einem Umwelt-Beratungsbüro (Arke, Hessisch Oldendorf) werden die im kleinen Maßstab gezeigten Erfolge auf echten Baustellen auf ihre Praxistauglichkeit überprüfen.

Das Verbundforschungsvorgaben „ResourceApp“ wird seit April 2013 für drei Jahre im Rahmen des BMBF-Rahmenprogramms FONA unter der Fördermaßnahme r³-Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Strategische Metalle und Mineralien gefördert. Die Autoren danken dem BMBF und der Projektträgerschaft PTJ (Außenstelle Berlin). Weitere Informationen finden sich im Internet unter <http://www.r3-innovation.de/>

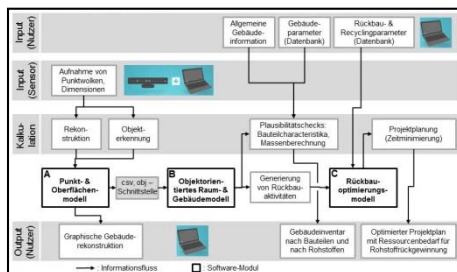


Abbildung 1: Systemarchitektur der ResourceApp mit Informationsflüssen, Eingabe/Ausgabe durch Sensor und Nutzer, sowie den drei Hauptmodulen der Software (Quelle: KIT, IIP)

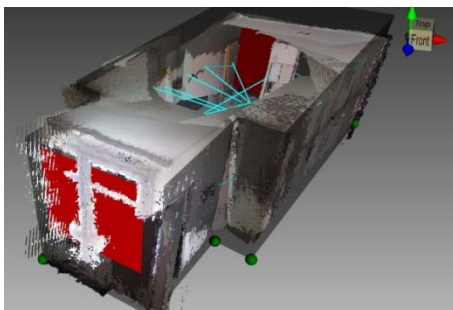


Abbildung 2: Virtuelles Abbild eines realen Patientenzimmers durch Echtzeit-3D-Rekonstruktion (Quelle: Fraunhofer IGD)

Poster 8	Anreicherung von Wertkomponenten aus der Feinfraktion vorzerkleinerter Li-Ionen Batterien mit Hilfe der Dichtesortierung
	Martha Gellner¹ , Lutz Wuschke ² , Hans-Georg Jäckel ² , Urs A. Peuker ¹
	<i>TU Bergakademie Freiberg</i>
	¹ <i>Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik</i> ² <i>Institut für Maschinenbau</i> martha.gellner@mvtat.tu-freiberg.de

Die Bundesregierung (BMWi) sieht bis 2020 die Einführung mindestens einer Million Elektrofahrzeuge vor. Daraus ergibt sich ein zunehmender Einsatz an HV-Energiespeichern und resultierend eine Zunahme der Rücklaufmengen in einigen Jahren. Das Recycling dieser leistungsfähigen Speichermodule ist mittelfristig dringend notwendig. Alle Elektrofahrzeuge unterliegen zudem der EU-Altfahrzeugrichtlinie, welche ab diesem Jahr gilt. Darin wird eine gesetzlich vorgeschriebene Verwertungsquote von 85/95 % (stoffliche/energetische Verwertung) für Altfahrzeuge gefordert. Bei einer mechanischen Aufbereitung der HV-Speicher fällt u.a. eine Feinfraktion (< 1 mm) mit einem Anteil von bis zu 30 % der Gesamtmasse an. Diese besteht vorrangig aus den Beschichtungskomponenten der Elektroden, den Elektrodenfolien, Elektrolyt-Rückständen sowie auch der Separatorfolie.

Zum Erreichen der vorgeschriebenen Verwertungsquoten müssen auch die Wertstoffkomponenten der Feinfraktion (z.B. Co, Mn, Ni, Cu, Al) zurückgewonnen werden. In bestehenden Recyclingprozessen wird sich derzeit meist nur auf ein bis zwei dieser Komponenten beschränkt. Durch Ausnutzung der verschiedenen Eigenschaften (Dichte, Suszeptibilität, Oberflächenbeschaffenheit,...) der einzelnen Materialkomponenten sollen die Wertstoffe so aufbereitet werden, dass sie einer metallurgischen Weiterverarbeitung zugänglich gemacht werden können. Erreicht werden kann dies durch eine Reduzierung des in der Feinfraktion enthaltenen Kohlenstoffs.

Im vorliegenden Beitrag werden Ergebnisse der Dichtesortierung zur Anreicherung der Wertstoffkomponenten vorgestellt. Die Machbarkeit einer Dichtesortierung der Feinfraktion wurde zunächst durch eine Schwimm-Sink-Analyse überprüft. Anschließend wurden im Multi-Plex Zickzack-Sichter MZM (Fa. Hosokawa Alpine) bei unterschiedlichen Luftvolumenströmen zwischen 2 und 10 m³/h Sortierversuche durchgeführt. Dabei konnten im Leichtgut Anreicherungen um das 1,3-fache des Kohlenstoffs bis zu einem Volumenstrom von 6 m³/h erzielt werden. Es wurde zudem der Einfluss einer Klassierung der Feinfraktion auf das Ergebnis untersucht.

Poster 9	Flotationsreagenzien mittels Rasterkraftmikroskop und Raman-Spektroskopie
	<u>Bent Babel</u>¹ , Martin Rudolph ¹ , Urs Peuker ²
	<i>TU Bergakademie Freiberg</i>
	<i>¹Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie ²Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik b.babel@hzdr.de</i>

Das Rasterkraftmikroskop (Atomic Force Microscope, AFM) ist ein vielseitiges Werkzeug, um Oberflächeneigenschaften und Partikel-Partikel-Wechselwirkungen zu untersuchen. Im Bereich der Aufbereitung mineralischer Rohstoffe können Rückschlüsse auf Trennprozesse wie Magnetscheidung, triboelektrische Sortierung und Flotation gewonnen werden. Im Fall der Flotation können mittels einer speziellen Sonde (Colloidal Probe, CP) hydrophobe Wechselwirkungen zwischen Sonde und Mineraloberfläche untersucht werden. Eine Einschränkung dieser Technik ist die mangelnde Verknüpfung zwischen den hydrophoben Wechselwirkungen mit der chemischen Signatur des Minerals und der adsorbierten Reagenzien. Diese Einschränkung kann durch die kombinierte Nutzung von AFM und Raman-Spektroskopie überwunden werden. Die Kombination beider Techniken heißt spitzenverstärkte Raman-Spektroskopie (Tip-Enhanced Raman-Spectroscopy, TERS). Dabei wird ein plasmonischer Effekt, der durch die Wechselwirkung von sichtbarem Licht mit Edelmetallnanopartikeln entsteht, genutzt, um die Raman-Streuung in unmittelbarer Nähe zur Oberfläche des Nanopartikels zu verstärken. Die Verstärkung ermöglicht es, die chemische Signatur von Dünnschichten zu analysieren, deren Detektion mit konfokaler Raman-Spektroskopie nicht möglich ist.

Durch die Kombination von TERS und CP-AFM Messungen ist es möglich sowohl die Adsorption von Flotationsreagenzien auf mineralischen Oberflächen durch deren chemische Signatur nachzuweisen als auch deren Einfluss auf die Hydrophobizität der Oberfläche zu untersuchen. Somit ermöglicht die Nutzung der beschriebenen Techniken ein besseres Verständnis von Mikroprozessen und eine bessere physikalische und chemische Beschreibung von Makroprozessen.

Diese grundlegenden Untersuchungen mit CP-AFM und TERS werden an Mineraleinbettungen (Quarz, Kassiterit, Apatit, Calcit und Scheelit) mit einer Oberflächenrauigkeit kleiner 10 nm durchgeführt. Dabei soll der Einfluss von Sammler- und Drückeradsorption auf die hydrophoben Wechselwirkungen mittels CP-AFM untersucht und die Adsorption mittels TERS charakterisiert werden.

Poster 10	MECHANICAL PREPARATION OF END OF LIFE FLAT SCREEN TV PARTS FOR CRITICAL ELEMENTS ENRICHMENT
	Sándor Nagy , Imre Gombkötő, Barnabás Csőke
	<i>UNIVERSITY of MISKOLC, FACULTY of EARTH SCIENCE & ENGINEERING, HUNGARY</i>
	<i>Institute of Raw Material Preparation and Environmental Process Engineering</i> ejtnagys@uni-miskolc.hu

Primary and secondary raw materials are among the main building blocks of a growing economy. Products with high added value require special materials. Recently, worldwide production of some important raw materials mainly comes from a handful of countries, for example: China (Rare Earths Elements (REE)), Russia, South Africa (Platinum Group Elements (PGE)), Democratic Republic of Congo (Cobalt), etc.

In the EU as well as in Hungary, the importance of the so called 14 critical raw materials has been recognized. Within the frame of the TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0005 - CriticEL project, the Institute of Raw Materials Preparation and Environmental Processing of the University of Miskolc worked on the exploration of the primary and secondary sources and developing innovative preparation technologies of critical raw materials in Hungary.

Parts of electronic devices containing critical elements (CE). In LCD TVs and monitors the display panel, the CCFL or LED backlights, printed circuit boards and NiMH batteries are the main CE sources. Plasma display panel (PDP) containing also more CEs.

Mechanical preparation of these parts are a good way to enrich this expensive raw materials. In this paper this processes will be summarized connected with above mentioned parts, based on the results of the CRITICEL project, focusing on LCD display panels and NiMH batteries.

During the research a well specified sample of quite large amount of displays had been used. The exact place and shape of the ITO (indium-tin oxide) layer were determined by SEM analysis. The applied preparation technology was developed based on the results of our investigations and by technologies found in the literature. The mechanical part of developed process: liberation of different display layers, removal of liquid crystal and grinding.

NiMH accumulators are widely used in electronic devices. Cathode containing Nickel and Cobalt and anode used in NiMH accumulators is containing complex alloys including also cobalt, nickel and rare earth (REE) mischmetal alloys. The paper focuses on introducing mechanical separation experiments in order to pre-enrich REE (comminution, liberation, iron removal, separation etc.).

Poster 11	Recycling von Mauerwerkbruch
	Katrin Rübner¹, Alexander Schnell²
	¹ <i>Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)</i>
	² <i>Bauhaus-Universität Weimar</i> katrin.ruebner@bam.de

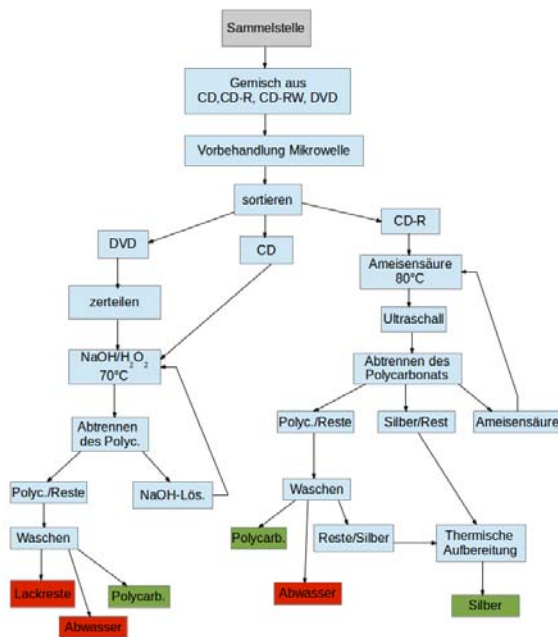
Die Herstellung von leichten Gesteinskörnungen aus Mauerwerkbruch ist eine Möglichkeit des Recyclings von heterogenen und teilweise feinkörnigen Bau- und Abbruchabfällen. Mauerwerkbruch fällt in Deutschland mit bis zu 20 Millionen Tonnen pro Jahr an und weist größere Verwertungsdefizite als Betonbruch auf. Der neuen Verwertungsstrategie liegt die Idee des rohstofflichen Recyclings zu Grunde. Das heißt, das Recycling baut auf der chemisch-mineralogischen Zusammensetzung des Ausgangsmaterials auf. Aus Mauerwerkbruch können am Ende eines mehrstufigen Herstellungsprozesses durch thermische Erhärtung im Drehrohrofen poröse Leichtgranulate mit Rohdichten zwischen 600 kg/m³ und 1400 kg/m³ produziert werden [1-3].

Die aus Mauerwerkbruch hergestellten Leichtgranulate erfüllen die Anforderungen an leichte Gesteinskörnungen nach DIN EN 13055, und es lassen sich damit Leichtbetone nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2 herstellen. Ihre Festigkeits- und Dauerhaftigkeitseigenschaften sind mit denen herkömmlicher Leichtbetone mit Blähtonkörnungen sehr gut vergleichbar [4, 5]. Um jedoch den Vorgang der Porosierung besser verstehen, den Herstellungsprozess optimieren und die Eigenschaften der Granulate maßschneidern zu können, wurden zusätzlich zu den makroskopischen Charakteristika, wie beispielsweise Festigkeit, Porosität und Wasseraufnahme, die chemisch-mineralogischen und mikrostrukturellen Eigenschaften der Leichtgranulate untersucht [6]. Im Poster werden die Ergebnisse der Charakterisierung der Leichtgranulate im Vergleich zu herkömmlichem Blähton vorgestellt.

- [1] A. Müller, A. Schnell, K. Rübner, Aufbaukörnungen aus Mauerwerkbruch, Chem. Ing. Tech. 10 (2012) 1780-1790
- [2] A. Müller, A. Schnell, K. Rübner, Die Herstellung von Leichtgranulaten aus Mauerwerkbruch, Mauerwerk 17 (2013) 6, 365-371
- [3] A. Schnell, K. Rübner, H.-M. Ludwig, Herstellung von Leichtgranulaten aus mineralischen Reststoffen für die Anwendung in Leichtbetonen und Mörteln, Tagungsband 19. Int. Baustofftagung ibausil, Bauhaus-Universität Weimar, 2015
- [4] K. Rübner, A. Schnell, F. Haamkens, P. Jakubcová, A. Müller, Leichtbeton aus Aufbaukörnungen, Chem. Ing. Tech. 10 (2012) 1792-1797
- [5] K. Rübner, A. Schnell, F. Haamkens, P. Jakubcová, A. Müller, Leichte Gesteinskörnungen aus Mauerwerkbruch für die Betonherstellung, Tagungsband 18. Int. Baustofftagung ibausil, Bauhaus-Universität Weimar, Band 2, 2012, S. 1058-1065
- [6] K. Rübner, A. Schnell, B. Peplinski, A. Zimathies, S. Hempel, Mikrostrukturelle und mineralogische Eigenschaften leichter Gesteinskörnungen aus Mauerwerkbruch, Tagungsband 19. Int. Baustofftagung ibausil, Bauhaus-Universität Weimar, 2015

Poster 12	Verfahren zur Rückgewinnung des Silbers von Datenträgern
	Dr. Klaus Krüger*, <u>Meinolf Stützer*</u> , Felix Sträubig**
	*Gesellschaft zur Förderung von Medizin,- Bio- und Umwelttechnologien e.V. **Calbe Chemie GmbH
	stuetzer@gmbu.de

Datenträger in Form einer CD bestehen im hauptsächlichen aus Polycarbonat, einer Metall- und einer Schutzschicht. Bei dem größten Anteil der CD's wird Aluminium als Reflexionsschicht verwendet. Für den zahlenmäßig geringeren Anteil, den CD-R's dagegen, wird Silber bzw. Gold eingesetzt. Trotz schwankender Börsenkurse wird in der Zukunft die Rückgewinnung von Edelmetallen aus Sekundärrohstoffen eine zunehmende Rolle spielen. Auch das Polycarbonat, als weiterer lukrativer Stoff, gewinnt an Interesse. Durch die Kombination verschiedener Verfahrensprinzipien (Sortieren, Mikrowelle, Leaching, Ultraschall, siehe Abbildung) lassen sich die einzelnen Komponenten einfach und in hoher Qualität zurückgewinnen.



Da die Materialzusammensetzung, insbesondere die der Reflexionsschicht, für die einzelnen Datenträgertypen charakteristisch ist, lässt sich eine Vorsortierung (CD, CD-R, CD-RW, DVD) relativ einfach und schnell über ein RFA-System durchführen. Eine Vorbehandlung durch eine kurzzeitige Mikrowellenbestrahlung verbessert den Ablösevorgang und zerstört

die Datenstruktur. Durch Auswahl geeigneter Leachingmittel kann Aluminium aufgelöst und Silber bzw. Gold abgetrennt werden. Der Ablösevorgang wird durch den Einsatz von Ultraschall beschleunigt. Am Ende des Prozesses erhält man die entschichteten Polycarbonatscheiben sowie das metallische Silber bzw. Gold.

Für das Verfahren wurde von der Calbe GmbH und der GMBU e.V. ein Schutzrecht unter dem Titel: „Recyclingverfahren für metallisierte, kunststoffbasierende Datenträger“ (AZ 102015106177) angemeldet.

Poster 13	Entwicklung von Bindemitteln mit reduzierter CO₂-Bilanz aus Reststoffen der Papierindustrie
	Toni Ihlenfeldt¹, Gregor J. G. Gluth¹, Klaus Landwehrs²
	¹ <i>Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Fachbereich 7.4 Baustofftechnologie, Berlin</i>
	² <i>Fachhochschule Potsdam, Fachbereich Bauingenieurwesen, Potsdam</i> toni.ihlenfeldt@bam.de

Beim Recycling von Altpapier entstehen Schlämme, die energetisch verwertet werden. Ein Abfallprodukt dieser Verbrennung ist die Papierasche. Diese wird teilweise als Zusatzstoff in der Klinker- und Zementherstellung eingesetzt [1]. Die mineralogische Zusammensetzung der Papierasche bietet Potenzial, diese als reines Bindemittel in der Baustoffindustrie zu verwenden.

Um Bindemittelleime herzustellen, wurde die Papierasche mit Steinkohlenflugasche, Hüttensandmehl und Mikrosilica vermengt. An den Leimproben erfolgten mechanische Prüfungen, kalorimetrische und thermogravimetrische Messungen sowie Mikrostrukturanalysen. Im Anschluss wurden mit den geeigneten Mischungen Bindemittel-Boden-Gemische hergestellt.

Die Analyse des Reaktionsverhaltens mittels Kalorimetrie zeigt, dass die Bindemittel in den ersten Minuten sehr hohe Wärmemengen abgeben. Durch die Reduzierung des Papierascheanteils im Gemisch verringert sich die Wärmemengenabgabe deutlich. Grund dafür ist der Austausch der Papierasche mit den reaktionsträgeren Komponenten wie Steinkohlenflugasche, Hüttensandmehl oder Mikrosilica. Alle Proben zeigten, dass sich mit Erhöhung des Papierascheanteils im Gemisch die Verarbeitbarkeit der Leime verschlechtert, sich aber die Druckfestigkeit nach 28 Tagen erhöht. (Abb.)

Ein Teil der Proben erreicht nach 28 Tagen Druckfestigkeiten die den mechanischen Anforderungen nach DIN EN 13282 [2] entsprechen. Die hydratisierte Papierasche setzt sich mineralogisch wie folgt zusammen: Calcit, Portlandit, Quarz, Belit, Gehlenit und Monocarboaluminat.

Die reine Papierasche und ein Gemisch aus Steinkohlenflugasche wurden für die weiteren Untersuchungen zur Eignung als Bindemittel für die Bodenverfestigung ausgewählt.

Die in dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen bilden eine Basis für den Einsatz der Papierasche als reines Bindemittel sowie als Zusatz zur Bodenverbesserung und Bodenverfestigung. Um weitere Erkenntnisse zur Eignung in diesen Bereichen zu erlangen, sind praxisnahe Untersuchungen an Testflächen notwendig.

[1] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser und Abfall e.V. 2011, Merkblatt: Abwasser und Abfälle aus der Papierherstellung, Hennef.

[2] DIN EN 13282, Hydraulische Tragschichtbinder–Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien; 2015, Deutsche Fassung, Beuth Verlag, Berlin

Poster 14	Gewinnung von Lithiumcarbonat aus lithiumhaltigen Mineralien mittels CO₂-Behandlung
	Gunther Martin, C. Pätzold, M. Bertau*
	<i>TU Bergakademie Freiberg, Institut für Technische Chemie</i>
	gunther.martin@chemie.tu-freiberg.de

Lithium ist eines der strategischen Metalle, das als essentiell für Zukunftstechnologien gilt. Dabei steht vor allem die Elektromobilität im Blickpunkt des Interesses. Die erwartete Nachfragesteigerung für das wichtigste Lithiumderivat Li₂CO₃ wird sehr unterschiedlich bewertet und reicht von derzeit ca. 100.000 t/a bis auf 320.000 t im Jahr 2020.

Etwa 75 % der weltweiten Li-Produktion erfolgt gegenwärtig aus den Salaren Südamerikas (Chile, Argentinien). Die restlichen 25 % verteilen sich auf wenige andere Länder der Erde (z. B. Australien) und werden neben Salaren aus lithiumhaltigen Mineralien, wie beispielsweise Spodumen, Lepidolith oder Zinnwaldit, gewonnen.

Bekannte Verfahren zur Gewinnung von Li₂CO₃ aus Mineralien basieren auf dem Aufschluss mit starken Säuren, insbesondere Schwefelsäure, oder dem Kalksteinbrennen. Die Carbonatisierung mittels CO₂ / sc-CO₂ zur Darstellung von Li₂CO₃ verspricht einen ökologischen und wirtschaftlich hochinteressanten Prozess im Vergleich zum Stand der Technik, da:

- CO₂ ein günstiges Aufschlussmedium ist,
- im Vergleich zu Standardverfahren keine anderen Chemikalien insbesondere NaOH und Na₂CO₃ als Fällungsmittel benötigt werden,
- ausschließlich Alkaliverbindungen in die Flüssigphase überführt werden und somit Li₂CO₃ aufgrund dessen Löslichkeitsverhalten leicht zu separieren ist,
- keine Li-Verluste bei der Fällung von Aluminiumhydroxid (Spodumen, Lepidolith) bzw. Aluminium-Eisen-Mischhydroxid (Zinnwaldit) zu beobachten sind.

Versuche zum Aufschluss von ungetemperten zerkleinerten Mineralien unter sc-CO₂ (150 bar, 150 °C, 24 h) im wässrigen Medium führen lediglich zu Li-Aufschlussraten <5 %.

Durch eine thermische Vorbehandlung können die lithiumhaltigen Mineralphasen von Spodumen, Lepidolith und Zinnwaldit zu β-Spodumen (LiAlSi₂O₆) konvertiert werden und bei der anschließenden Carbonatisierung Li-Aufschlussraten >75 % erreicht werden.

Die Tatsache, dass sich nach der Temperung Spodumen, Lepidolith und Zinnwaldit unter CO₂-Atmosphäre im Prinzip identisch verhalten, lässt erstmals die Anwendung eines einzigen verfahrenstechnischen Ansatzes für diese Mineralien zu.

Den innovativen Gesamtprozess rundet neben der Carbonatisierung die Elektrodialyse als Membranverfahren zur Konzentrierung der LiHCO₃-Lösung ab, bevor anschließend Li₂CO₃ bei Temperaturen von 80...90 °C aus der konzentrierten Lösung ausgefällt wird.

Poster 15	Thermische und chemische Behandlung von Kraftwerksaschen zur Rückgewinnung strategisch wichtiger Metalle
	B. Brett¹, D. Schrader², K. Räuchle¹, G. Heide², M. Bertau¹
	<i>TU Bergakademie Freiberg</i>
	<i>¹Institut für Technische Chemie</i> <i>²Institut für Mineralogie</i> beate.brett@chemie.tu-freiberg.de

Braunkohlenaschen aus Kraftwerken weisen als sekundäre Rohstoffquellen ein bisher ungenutztes Potenzial auf. Allein in deutschen Kraftwerken fallen jährlich bis zu 18 Millionen Tonnen an, deren gegenwärtige Verwertung vorrangig in der Rekultivierung ausgekohelter Tagebaue liegt. Die Extraktion von Wertmetallen aus Braunkohlenaschen ist ein bisher nicht verfolgter Ansatz, den es gerade in Zeiten von Rohstoffverknappung und der Monopolstellung einiger Länder nicht zu vernachlässigen gilt. Bisherige Forschungstätigkeiten beschäftigten sich vorrangig mit der Verwertung von CO₂, dem Entfernen von Schwermetallen für eine problemlose Entsorgung der Aschen sowie dem Einsatz in der Baustoffindustrie.

Für die Mobilisierung der in den Braunkohlenaschen enthaltenen Wertmetalle wurden Strategien am Beispiel eines Stabilisats der Kraftwerke Boxberg und Schwarze Pumpe (Lausitzer Revier) entwickelt. Angestrebt wird dabei ein wirtschaftlich tragfähiger Prozess, der die Extraktion strategischer Metalle, wie auch von Metallen und Metalloxiden des täglichen Bedarfs und baustoffliche Verwertung der Rückstände berücksichtigt.

Eine Problematik bei der Aufbereitung von Aschen besteht darin, dass eine vollständige Extraktion von Wertmetallen bisher nicht realisiert werden kann, da diese in Kristallgitter einiger Bestandteile eingebaut sind, insbesondere Silikate, die sich nur unvollständig in Mineralsäuren lösen lassen. Ein vielversprechender und innovativer Ansatz die Mobilisierung der strategischen Metalle zu steigern, liegt in der Kombination einer thermischen und chemischen Behandlung. Durch gezieltes Tempern werden Phasenumwandlungen und Rekristallisationsprozesse glasiger Bestandteile eingeleitet, welche in Folge zu einer Anreicherung von Spurenelementen an der Oberfläche führen. Gleichzeitig lassen sich schwer- bzw. unlösliche Aschekomponenten in säurelösliche Verbindungen überführen. Darüber hinaus ist der Aufschluss von Silikaten mit überkritischem CO₂ (sc-CO₂) unter hydrothermalen Bedingungen, in Analogie zu einer natürlichen Verwitterung (*enhanced weathering*), eine neuartige Herangehensweise.

Poster 16	Erhöhung der Repräsentativität von Proben durch zufällige Volumenelemententnahmen Wertstoffballen mit Hilfe der Ballenbeprobung
	Christian Borowski (HSN) , Sylvia Schade-Dannewitz (HSN), Daniel Goldmann (TUC), Jürgen Poerschke (HSN), Dirk Barnstedt (S&B)
	<i>Hochschule Nordhausen (HSN); Technische Universität Clausthal (TUC), Schulz & Berger Luft- und Verfahrenstechnik (S&B)</i>
	borowski@fh-nordhausen.de

Die Recyclingindustrie in Deutschland wird weiterhin mit großen Herausforderungen konfrontiert. Der Markt für Sekundärrohstoffe steht durch die freien Kapazitäten in den Müllverbrennungsanlagen und dem günstigen Rohölpreis erheblich unter Druck. Damit ein hochwertiges Recycling durchgeführt werden kann, muss die Qualität der Inputströme hoch und wertstoffreich sein.

An der Hochschule Nordhausen wird in Kooperation mit der Schulz & Berger Luft- und Verfahrenstechnik GmbH (Altenburg) in einem ZIM-Projekt eine Apparatur zur repräsentativen Beprobung von verdichteten Sekundärkunststoffen in Form von Ballen entwickelt. Diese Apparatur soll es dem Anwender ermöglichen, zügig repräsentative Proben aus angelieferten Ballenchargen zu entnehmen und bei Unterschreitung der entsprechenden Qualitätsanforderungen eine Abweisung zu veranlassen.

Stand der Technik ist eine aufwendige, händische Sortierung von ca. 80 kg bis 100 kg aus dem Balleninneren. Jene willkürlichen Probenahmen sind nicht reproduzierbar und benötigen einen intensiven Zeit- und Mitarbeitereinsatz. Des Weiteren kann die angelieferte Ballenware nicht hinreichend genug einer Qualitätskontrolle unterzogen werden. Auffällige Lieferungen sind nicht mehr abweisbar, da das Material volumenvergrößert vorliegt oder bereits in den Produktionsprozess eingeschleust wurde. Dies führt zu hohen administrativen Aufwendungen hinsichtlich der Zahlungsmodalitäten.

Forschungsschwerpunkt ist u. a. die Erfassung des Ballenvolumens über ein digitales Koordinatensystem zur zufallsgenerierten Probenahme. Diese Beprobung wird mit Hilfe von Bohrwerkzeugen getätigt, welche auf den jeweiligen Ballen zugschnitten sind. Dafür ist eine stoffliche Charakterisierung der zurzeit eingesetzten Ballen nötig. Die Repräsentativität wird mit den etablierten Probenahmeverfahren verglichen und Nebenbedingungen überprüft. Ferner ist die Apparatur modular aufzubauen und von einer Person zu bedienen. Dabei soll die statistische Sicherheit in einem guten Verhältnis zum Zeitaufwand stehen.

Aktuell wird die Ballenbeprobung im DIN Arbeitsausschuss NA 062-05-83 AA „Sekundärbrennstoffe“ diskutiert. Diese unterstützt perspektivisch den Qualitätssicherungsprozess vor und nach der Produktion. Eine daraus mündende Richtlinie kann nicht nur im Sekundärbrennstoffbereich Anwendung finden, sondern auch in anderen Bereichen, in denen mit Wertstoffballen umgegangen wird. Im Fokus stehen neben den klassischen Sortierbetrieben auch spezialisierte Recycler.

Poster 17	Gewinnung von Platin und Gadolinium aus pharmazeutischen Abfällen
	Seifert, M. , Lorenz, T., Fröhlich, P., Bertau, M., Jacob-Seifert, K.
	<i>TU Bergakademie Freiberg ; FNE Entsorgungsdienste Freiberg GmbH</i>
	martin.seifert@chemie.tu-freiberg.de

In dem Forschungsprojekt PlaGado wird das Recycling von Wertstoffen aus pharmazeutischen Abfalllösungen untersucht. Es handelt sich hierbei in der Regel um industrielle Abfälle, die mit Schwermetallen belastet sind, toxisch wirken und/oder stark basisch bzw. stark sauer sind. Bei der FNE Entsorgungsdienste GmbH werden im Rahmen langjähriger Entsorgungsverträge verschiedene pharmazeutische Abfälle übernommen und aufgrund der CMR-Einstufung fachgerecht entsorgt. Solche Problemabfälle enthalten Wertstoffe, die mit chemischen Verfahren zurückgewonnen werden können. Diverse Präparate enthalten in hohem Maße Platin. Bestimmte Arten von Röntgenkontrastmittel enthalten Gadolinium. Derzeit findet keine Aufarbeitung bzw. Rückgewinnung dieser strategischen Metalle statt.

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Abreicherung wirtschaftlich verwertbarer Seltenmetalle, wie Platin und Gadolinium, aus Abfällen der chemisch-pharmazeutischen Synthese und Produktion. Die heterogenen Stoffströme wurden eingehend nach ihrer Zusammensetzung untersucht, wobei hohe Gehalte an störenden organischen Bestandteilen detektiert wurden. Bei dem in Abbildung 1 angestrebten Verfahren werden die unterschiedlichen Platinverbindungen zunächst zu $\text{Pt}(\text{NH}_3)_2(\text{Cl})_2$ vereinheitlicht und dabei der TOC (total organic carbon) mittels neuartigem AOP-Verfahren (advanced oxidation process) unter Verwendung von Ozon herabgesenkt. Nach anschließender Thermolyse wird das Edelmetall gewonnen, wobei eine Reinheit von 99,95 % erzielt werden kann. Als Nebenprodukt wird Ammoniumchlorid gewonnen, welches in den Prozess zurückgeführt werden soll. Gegenstand derzeit Untersuchungen sind nasschemische Methoden zum Abbau der organischen Belastung und Zementationsversuche mit unterschiedlichen Reduktionsmitteln, wie Zink und Magnesium zur Edelmetallabscheidung.



Abbildung: Schematische Darstellung des angestrebten Recyclingprozesses.

Poster 18	Mikrobielle Laugung von Seltenen Erden aus Leuchtpulver
	Stefanie Hopfe , Dr. Sabine Kutschke, Dr. Katrin Pollmann
	<i>Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie, Abteilung Aufbereitung</i>
	s.hopfe@hzdr.de

Seltene Erden (SE) werden in fast allen neuen Technologien eingesetzt, dennoch gibt es bis heute kein umweltfreundliches Recycling-Verfahren. Bei Verwertung von Energiesparlampen und Leuchtstoffröhren fallen in Deutschland jährlich rund 175 Tonnen Leuchtpulver an [1, 2], die aufgrund der Quecksilber-Belastung als Sondermüll gelagert werden müssen. Gebunden in den schwer wasserlöslichen Dreibanden-Farbstoffen enthält das Leuchtpulver ca. 10% SE-Oxide [3]. Bei vollständigem Recycling könnten aus den Leuchtstoffabfällen folglich 17,5 Tonnen SE-Oxide gewonnen werden. Bei den derzeit niedrigen SE-Preisen [4] entspräche das einem Wert von einer halben Million Dollar.

In dieser Arbeit wurde deshalb die mögliche Rückgewinnung von SE aus Leuchtpulver mithilfe von biohydrometallurgischen Techniken untersucht. Aufgrund der elektrochemischen Randbedingungen, erscheint die Laugung mit organischen Säuren und metallbindenden Proteinen erfolgversprechender als Oxidations- oder Reduktionsreaktionen [5, 6]. Auf dieser Grundlage und der Literatur [7] wurden verschiedene hetero- und autotrophe aerobe Mikroorganismen (MO) als Rein- und Mischkultur ausgewählt. Mit den MO-Stämmen wurden zweiwöchige Laugungsexperimente im Batch-Verfahren durchgeführt. Zur Bestimmung des Einflusses der MO wurden außerdem Experimente mit Kulturüberständen ohne MO gestartet. Mittels ICP-MS wurden die Konzentrationen von verschiedenen Metallionen der Dreibanden-Farbstoffe im Überstand bestimmt. Die gebildeten organischen Säuren wurden durch HPLC analysiert.

Erfolgversprechende Ergebnisse konnten mit den chemoorgano-heterotrophen MO *Yarrowia lipolytica*, *Komatsgateibacter xylinus* und *Lactobacillus casei* sowie mit der Mischkultur *Kombucha* erzielt werden. Allen gemeinsam ist die Absenkung des pH-Wertes während der Kultivierung infolge der Bildung von organischen Säuren. Der Mechanismus für die Auflösung der Dreibanden-Farbstoffe ist daher wahrscheinlich mit der Carboxyl-Funktionalität verknüpft. Dennoch schienen auch die MO einen Einfluss auf die Solubilisierung zu haben, da bei den Experimenten mit Kulturüberständen niedrigere Laugungsraten erzielt wurden. Diese Arbeiten zeigen erstmals, dass eine Biolaugung von Seltenen Erden aus technischen Produkten prinzipiell möglich ist.

- [1] Gallenkemper, B. and J. Breer, Analyse der Datenerhebung nach ElektroG über die Berichtsjahre 2009 und 2010 zur Vorbereitung der EU-Berichtspflicht 2012, in Fachgebiet III 1.6, D. Hörig (Editor) 2012, Umweltbundesamt: Dessau-Rosslau, Ahlen.
- [2] Lightcycle, Verwertbare Bestandteile von Altlampen, 2014, Riemann, Stephan.
- [3] Haucke, E., T. Huckenbeck, and R. Otto, Verfahren zur Rückgewinnung seltener Erden aus Leuchtstofflampen, Osram AG, 2011: Germany.
- [4] Argus Media: Metal-Pages, URL: <https://www.metal-pages.com> (Stand 29.07.2015)
- [5] Evans, C.H., Biochemistry of the Lanthanides. Biochemistry of the Elements, Editor. E. Frieden. Vol. 1. 1990, New York, London: Plenum Press.
- [6] Morss, L.R., Yttrium, Lanthanum, and the Lanthanide Elements, in Standard Potentials in Aqueous Solution, Editoren: A.J. Bard, R. Parsons, and J. Jordan. 1985, Marcel Dekker, Inc.: New York, Basel. p. 587-629.
- [7] Krebs, W., et al., Microbial recovery of metals from solids. FEMS Microbiology Reviews, 1997. 20 (3-4): p. 605–617.

Poster 19	Biologische Laugung von Kupfer aus Kupferschiefer
	Sophia Kostudis , Kai Bachmann, Sabine Kutschke, Katrin Pollmann, Jens Gutzmer
	<i>Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie, Abteilung Aufbereitung</i>
	s.kostudis@hzdr.de

Die Kupferschiefervorkommen Mitteleuropas stellen eine anspruchsvolle lokale Ressource von Basismetallen wie Kupfer, aber auch strategischen Elementen wie Gallium oder Molybdän dar. Um diese Wertstoffe aus dem Kupferschiefer umweltfreundlich und effizient zu gewinnen, werden biotechnologische Laugungsverfahren untersucht. Die klassische Biolaugung, die säureliebende Mikroorganismen verwendet, stößt beim Kupferschiefer aufgrund hoher Karbonatgehalte von bis zu 18 % (Material aus Polkowice, Polen) an ihre Grenzen, da der optimale mikrobielle pH-Bereich um pH 2 überschritten wird. Daher werden alternative Verfahren getestet; so beispielsweise die Produktion organischer Säuren wie Glutamin- oder Zitronensäure durch Mikroorganismen. Hier wurden mithilfe von Schimmelpilzen bereits gute Kupferausbeuten aus Material des Kupferschiefertyps erzielt. Allerdings konnte in eigenen Arbeiten gezeigt werden, dass bei der Verwendung organischer Säuren die Laugungseffektivität im neutralen pH-Bereich höher ist als im schwach sauren Milieu. Daher stellt der Beitrag Ergebnisse zur Biolaugung von Kupfer aus Kupferschiefer im neutralen pH-Bereich vor. Dabei werden sowohl geochemische als auch mineralogische Daten präsentiert.

Poster 20	Entwicklung und Anwendung analytischer Methoden in der Kupferschiefer Aufbereitung
	Anne Rahfeld , Robert Möckel, Jens Gutzmer
	<i>Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie</i>
	a.rahfeld@hzdr.de

Kupferschiefer ist eine Ressource mit großer Bedeutung in Europa. Im Zuge neuer Entwicklungen in der Aufbereitungstechnik, einer gesteigerten Ressourcen- und Energieeffizienz und einem Interesse an alternativen Verfahren, besteht die Nachfrage nach detaillierten geochemischen und mineralogischen Informationen. Dementsprechend werden analytische Methoden benötigt die in der Lage sind Kupferschiefer nicht nur zu charakterisieren sondern auch durch Zerkleinerung, Flotation und Biolaugung hervorgerufene Änderungen nachzuweisen.

Klassische analytische Verfahren sind gänzlich ungeeignet für die Analyse von Kupferschiefer, aufgrund seiner komplexen Zusammensetzung bestehend aus einem hohen Anteil an Sulfiden und organischem Kohlenstoffverbindungen, sowie seines außergewöhnlich feinkörnigen Aufbaus der Matrix aus Tonen und Karbonaten. Nur der Einsatz moderner quantitativer Analysemethoden aus der Erz - und Gesteinsmineralogie und die Entwicklung neuer Vorgehensweisen ermöglicht eine verlässliche Untersuchung des Materials. Zum Einsatz kommen hierbei quantitative Röntgendiffraktometrie (QXRD), automatisierte Mineralidentifikation (MLA), Röntgenfluoreszenz (XRF), Atomemissionsspektrometrie (ICP-OES) und Neutronenaktivierung (INAA).

Poster 21	Replicating particle size distributions towards the application of recycled concrete in concrete
	P.M.F. (Perry) van de Wouw , M.V.A. (Miruna) Florea, and H.J.H. (Jos) Brouwers
	<i>Building Physics & Services, Eindhoven University of Technology</i>
	P.M.F.v.d.Wouw@tue.nl

In general, the particle packing of a concrete mix design can be improved by adding materials with complementary particle sizes, approaching the optimal particle packing estimated by applying the modified Andreasen and Andersen grading. However, a material with not enough fines can also be considered as having too many coarse particles. The material can be redistributed according to packing optimisation. This approach is particularly interesting when a material possesses a wide particle size distribution, e.g. Recycled Concrete Aggregates (RCA). For this study, a recycled concrete sand is produced from concrete construction and demolition waste through jaw and vertical impact crushing.

A mortar according to EN 196-1:2005 is used as a reference. By adjusting the Particle Size Distribution (PSD) of RCS to represent the PSD of the Norm Sand (NS) as closely as possible, a similar mortar can be made using RCS. Using the PSD of the NS, combining the density of the NS fractions and the density of the Recycled Concrete (RC) fractions, the volume of the RC particles is matched to the volume of the NS fractions and the masses of the individual RC fractions are determined.

Commonly, the Relative Density (RD) of materials is determined using a (helium) pycnometer. RD solely takes into account the material and its relative volume. In comparison to NS, RCS is more porous, which is attributed to the porous nature of the hardened cement paste attached. When using RD, a calculation error can occur due to the fact that porosity is not included, resulting in the implementation of a larger volume of RC. In order to avoid this, the reference mortar can be recreated using RC by applying the compacted density for calculating RC fractions. This density is determined according to EN 1097-4 for the fines, while for the fractions larger than 125 µm, the compacted density is determined using an Intensive Compaction Tester (ICT).

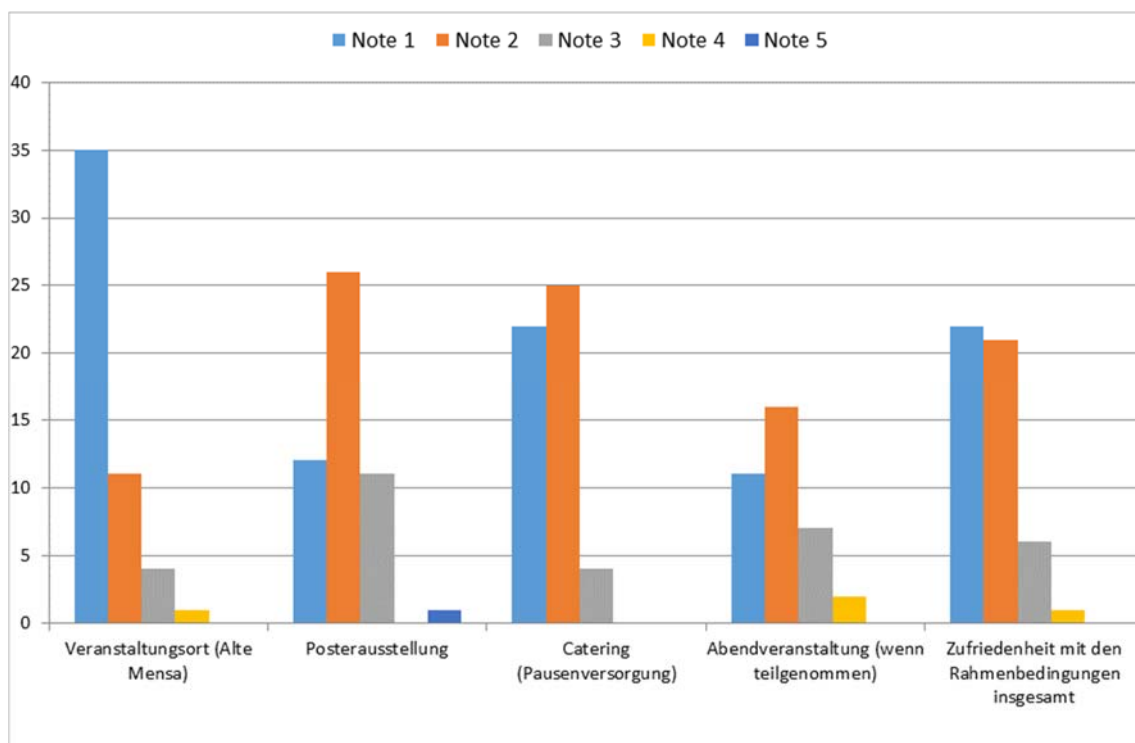
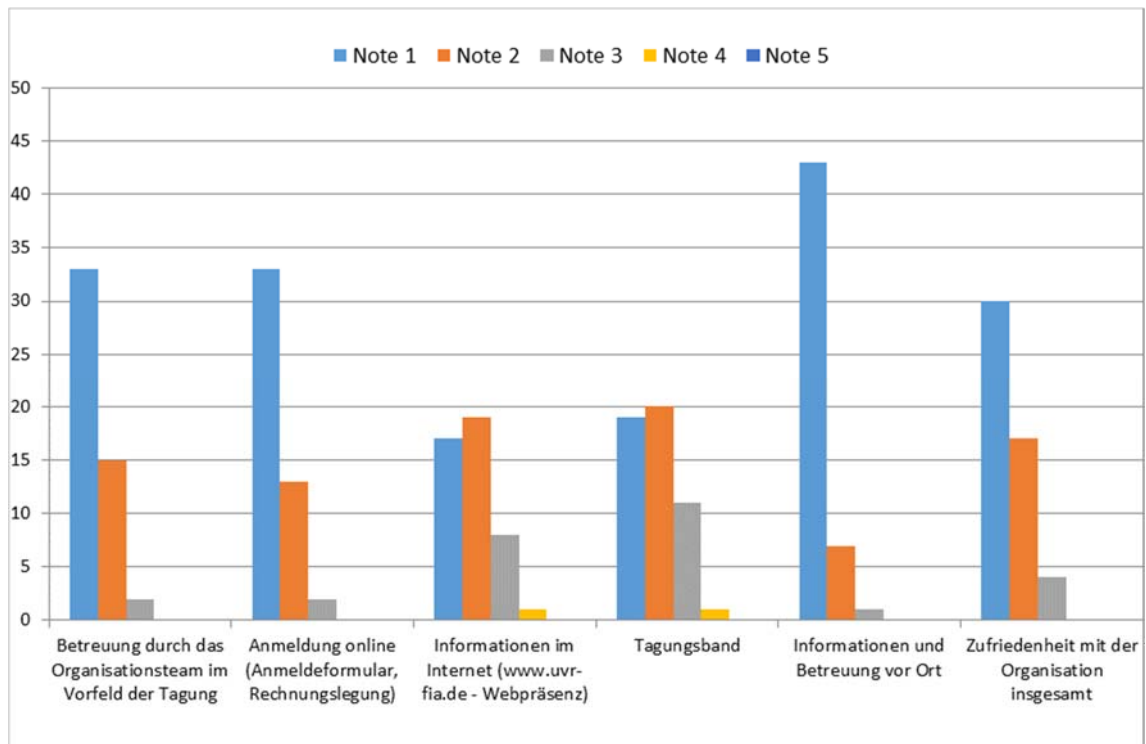
Next to the influence of the type of density used to calculate corresponding fraction masses, the greater porosity of the RC leads to a larger water demand for the aggregates, in turn influencing fresh properties: reducing slump and thereby compaction. More water could be added; however, the water/cement ratio (w/c) influences the microstructure of the cement paste, hence influencing the hardened properties of the mortar. Excluding a changing w/c ratio as variable, a super plasticizer is added in order to match the flowability of the RC mortar to the NS mortar. This mix is however on a delicate balance between bleeding and inadequate compaction, both highly influencing the properties of the hardened mortar. In order to overcome the problem of potential inadequate compaction with the regular vibrated mortar of RCS, zero-slump (earth moist) concrete is produced using the ICT. Here, since plasticizer would relatively easily cause flowability, 52% additional water was added to compensate for the water absorption of the RCS. The initial results of this study resulted in a strength reduction for the RCA-containing zero-slump concrete mix.

Poster 22	Gewinnung von Germanium aus Gärresten
	Dipl.-Chem. Norbert Schreiter , Dr. rer. nat. Peter Fröhlich, Prof. Dr. rer. nat. habil. Martin Bertau
	<i>Technische Chemie, TU Bergakademie Freiberg</i>
	norbert.schreiter@chemie.tu-freiberg.de

Germanium ist in der Erdkruste mit ca. 1,5 ppm zu finden und wird großtechnisch als Nebenprodukt der Zink- und Kupfererzgewinnung gewonnen. Aufgrund der fehlenden Primärlagerstätten von Germanium in Europa, zählte es durch seine hervorragenden chemischen und physikalischen Eigenschaften zu einem der strategisch wichtigsten Elemente der Zukunft. Einen Beitrag zur Versorgung kann durch Phytomining auf Haldenlandschaften oder Industrie belasteten Böden geleistet werden. Über die Wurzeln können Silizium reiche Pflanzen Germanium aufnehmen und im Pflanzengewebe speichern. Dies wird im BMBF-Projekt PhytoGerm untersucht, wo Pflanzen zur erhöhten Germaniumaufnahme gesucht werden, um eine Wertmetallgewinnung mit einem bereits bestehenden Prozess zu koppeln. Mit der anschließenden Fermentation wird die organische Biomasse in Biogas umgewandelt, wobei das Germanium im Abfallstrom, dem Gärrest verbleibt. Dieser wird einer Fest/ Flüssig-Trennung mit Polymerzusatz zugeführt, um eine vollständige Phasenseparation zu erreichen. Technisch kann dieses über eine Schneckenpresse oder einem Dekanter erfolgen. Die erhaltene Festphase wird anschließend zur Energiegewinnung verbrannt und die Restaschen für die Germaniumgewinnung genutzt. Hierbei erfolgt eine chemische Laugung, wonach sich eine Konzentrierung mittels flüssig/flüssig-Extraktion anschließt. Das erhaltene Reextrakt wird zur Entfernung von Begleitelementen in salzsaurer Lösung destilliert und Germanium als Germanium(IV)-dioxid im Anschluss ausgefällt. Durch diese Verknüpfung eines wirtschaftlichen Prozess, wie der Biogasfermentation, mit der Metallgewinnung profitieren beide Prozesse von den jeweiligen verfahrensspezifischen Vorteilen und fördern eine ganzheitliche Rohstoffverwertung (Zero-Waste-Konzept).

Auswertung der Umfrage 2014, an der sich 51 Tagungsteilnehmer beteiligt hatten.

Die Ergebnisse der Teilnehmerbefragung der letzten Tagung haben uns in einigen Punkten bestärkt und in anderen Punkten zu Veränderungen angeregt. Die Ergebnisse waren:



Firmenpräsentationen:

- DR. JAKOBS GMBH/AKSA MAGNET
- Eirich (Industrievertretung der Fa. Eirich)
- SIC Processing
- Umwelt- und Ingenieurtechnik GmbH Dresden (UIT)
- ZEMDES GmbH in Dessau-Roßlau / Deutschland

DR. JAKOBS GMBH/AKSA MAGNET

Dr. Jakobs GmbH ist spezialisiert auf Produkt- und Prozessentwicklung im Bereich hochreiner Minerale mit starkem Fokus auf Quarzsande für den Einsatz in Halbleiter-, Gieserei- und Glasindustrie sowie Bauchemie. Daneben bildet die Aufbereitung von Schwermineralen einen weiteren Schwerpunkt.

Nicht nur höchste Kompetenz in der Physikalischen Aufbereitung mit Hilfe Dichtesortierung, Magnetscheidung und Elektroscheidung, sondern auch Physiochemische Verfahren wie die Flotation sowie spezielle Laugungsmethoden sind unsere Stärken. Zudem beschäftigt sich die Dr. Jakobs GmbH mit der Entwicklung neuer Anwendungsgebiete von Ultraschallbehandlung in der Mineralaufbereitung und Veredelung.

Der Vertrieb von Anlagen ist ein zweites Standbein der Firma.

Im Bereich der Dichtesortierung bietet Dr. Jakobs GmbH die Schüttelherde der Firma Holman-Wilfley an. Gerade im Bereich der Aufbereitung von feinsten Kupfer- und Aluminiumanteilen im Kabel- und Leiterplattenrecycling hat sich diese Art der Dichtesortierung durchgesetzt.

Mit AKSA MAGNET vertritt Dr. Jakobs GmbH einen starken Partner im Bereich der Trocken- und Nassmagnetscheidung im Europäischen Markt. AKSA MAGNET bietet das komplette Magnetscheiderprogramm für Mineralaufbereitung sowie Recycling an:

Trommelmagnetscheider (Nass/trocken) - WHIMS (kontinuierliche Nassmagnetscheider) – Bandmagnetscheider – Magnetfilter – Überbandmagnetscheider – Magnetgitter – Wirbelstromscheider

Mit Hilfe der Eddy Current Scheider (Wirbelstromscheider) können Nichteisenmetalle bis in den Bereich von 1 mm abgetrennt werden.

Neben der extrem hohen Fertigungsqualität der Anlagen, in denen nur hochqualitative Komponenten eingesetzt werden, zeichnen sich die Geräte durch ein extrem interessantes Preis-/Leistungsverhältnis aus.

Zusätzlich beinhaltet das Leistungsangebot von AKSA MAGNET energieeffiziente Scheibenfilter für die Abtrennung von Sandfraktionen aus wässrigen Suspensionen.

AKSA MAGNET verfügt ein bestens ausgestattetes Technikum, in dem neben allen Arten von Magnetscheideaufgaben durchgeführt werden können.

Darüber hinaus vertreibt Dr. Jakobs GmbH Ultraschallanlagen für Labor-, Pilot- und Produktionseinsatz für die mineralaufbereitende Industrie.

Weitere Informationen erhalten Sie unter www.dr-jakobs-gmbh.de oder www.aksamagnet.com.tr

Dr. Jakobs GmbH, Dr. Udo Jakobs, Törringstrasse 24, 84359 Simbach/Inn, Tel.: 08571 921414, email: info@dr-jakobs-gmbh.de



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 schüttfähigen 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.





SiC Processing (Deutschland) GmbH

Sägeslurry und Recycling von
Reststoffen

*Unser Leistungsangebot – Forschung
und Entwicklung mit angegliedertem
Technikum auf 1500 m² Fläche*

- **Fest-Flüssig-Trennung:**

Mikro- und Nanofiltration (Filterpressen
Keramische Scheibenfilter,
Membranfilter, Kerzenfilter)

- **Nassmechanische Fest-Fest-Klassierung:**

Trennung von Feststoffen bis in den
unteren µm-Bereich (Hydrozyklone,
Dekanter und Sieblinien)

- **Behandlung und Reinigung von
Feststoffen / Gemischen:**

Entwässerung und Trocknung über
Filterpressen und Bandfilter sowie diverse
Trocknertypen

- **Behandlung von technischen
Flüssigkeiten:**

Entfärbung, Entsalzung, Entwässerung
und Destillation von schwer
entflammaren Flüssigkeiten

- **Mahlprozesse für Feinstkörnungen**

- **Durchführung von Forschungs-
und Entwicklungsaufträgen**

- **Entwicklung und Optimierung
von bestehenden Verfahren**

Analytikdienstleistungen – Standardmethoden zur Partikel- und Flüssigkeitscharakterisierung

- Rasterelektronenmikroskopie
(mit energiedispersiver
Röntgenspektroskopie zur Analyse von
Elementen ab C)
- Gaschromatographie/Massenspektrome-
trie (zur Analyse organischer
Verbindungen)
- Röntgen Fluoreszenzanalyse (TXRF, zur
Elementaranalyse ab Na)
- UV-Vis Spektroskopie
- Bestimmung der Korngrößenverteilung
- Bestimmung der Kornform
- Wasser- und Säurezahlbestimmung
- pH-Messungen (auch in organischen
Lösungsmitteln)
- Bestimmung von Farbzahl und CSB-
Wert



Unsere Forschungsthemen – Für die wir teilweise externe Unterstützung anstreben

- Rindenmehl (aus der Herstellung von
Chinarindenextrakt)
- Flachsfasern (stark verunreinigt mit
Sand/Erde)
- Aluminium-Pigment-Abfälle
(verunreinigt mit Lösungsmitteln)
- Roh-Glyzerin
- Diverse Schleifsuspensionen
(Schleifkorn in Trägerflüssigkeit)
- Haldenmaterialien (kupfer- oder
zinkhaltige Stäube)
- Strahlmittel (z.B. Korund oder
Stahlkugeln)
- Ruße
- Aluminium-haltige Stäube
- Aluminiumoxid-haltige Stäube
- Filterstäube (zur Abtrennung von
werthaltigen Materialien)
- Kunststoff-Metallgemische

Kontakt:

SiC Processing (Deutschland) GmbH

Dr. Tobias Mayer-Uhma

Neuteichnitzer Straße 46

D – 02625 Bautzen

service@sic-processing-bautzen.de

www.sic-processing-bautzen.de

Telefon: 03591 5293 30

Exploration Technologies

UIT offers efficient exploration solutions combining **geophysical surveying in regional scale** with **drilling/innovative borehole logging** in smaller scale, finally represented by state-of-the-art geo-modelling of technology metal prospects in particular. Main fields of know-how and experience include:

- Geophysical surveying, focusing on high-resolution shallow seismic (< 1,000 m depth) combined with refractive tomography
- Manufacture/service of new-generation radiological borehole logging tools (APFN⁺) with pulsed neutron generator and multi-scaling neutron and γ -spectroscopy for multi-functionally logging ore grade, lithological profiles, main mineral abundances and borehole geometry
- 3D structural/ore body modeling:
 - Geological interpretation and 3D modeling (GOCAD/Micromine/WellCAD)
 - Integrative interpretation/ visualization of mineral prospects and identification of exploration target
 - Assessment of recovery potential (mineralogy/ore grade, geochemistry, reactivity, yield)
- 3D hydrology of mining prospects and assessment of mine water management
- Feasibility studies for mineral resources, focusing on technology metals including rare-earth elements (REE), uranium and others, in particular in the field of in-situ recovery (ISR)

Extractive Metallurgy, Mineral Processing, Remediation

UIT provides comprehensive consulting for developing highly efficient mineral processing and (hydro) metallurgical extraction/separation/refining of technology metals as well as full-scale engineering of processing plants. UIT operates a **hydrometallurgical test center**, in particular suitable for testing (naturally) radioactive mineral samples and investigating NORM separation in metallurgical processing.

- Comminution and mechanical beneficiation of ores for maximizing recovery in the first stage
- Optimization of tank/heap/in-situ leaching by dedicated lab test facilities in combination with process simulation for upscaling
- Hydrometallurgical recovery by ion-exchange (IX), resin-in-pulp, solvent extraction and others
- Separation and refining technologies, in particular applying IX chromatography (IEX)
- Full-scale down-stream processing to intermediate/final product
- In particular, removal of naturally occurring radioactive material (NORM), e.g. required in processing most REE minerals, expert know-how on the relevant technologies/licensing
- Process simulation and reactive transport modeling for numerous applications including:
 - Reactive transport modeling for ISR planning and optimization as well as post-mining remediation (natural attenuation, enhanced natural attenuation, in-situ remediation)
 - Kinetics of hydrometallurgical/leaching systems including tank and heap leaching as well as in-situ leaching (from 0D to 3D approaches)
 - Bio-hydrometallurgical options in reduced environments
 - Full-scale process simulation and mass balance (chemicals' consumption, yields, residues)
 - Optimization of IX and IEX by reactive transport simulation in IX columns
- Mine water management/treatment technologies – full-scale engineering:
 - Active and passive water treatment technologies, expertise in acid-mine drainage (AMD), specialized AMD treatment technologies including high-density sludge (HDS) and modifications, highly efficient sulfate removal, in-situ methods, in-lake neutralization, etc.
- Monitoring of mining operations and aftercare - design and turn-key implementation of monitoring networks (fieldbus, LAN, web applications) on the basis of UIT's SENSolog/SENSoweb standards or realizing customized solutions





ZEMDES GMBH IN DESSAU-ROßLAU / DEUTSCHLAND

ZEMDES ist ein Engineering-Unternehmen, das im Anlagenbau für die Zementindustrie und für ausgewählte Bereiche der Mineralstoff-Industrie tätig ist. Das Unternehmen wurde im April 2010 gegründet und hat seinen operativen Sitz in Dessau-Roßlau. Unser Personal verfügt über jahrzehntelange Erfahrung im Anlagenbau.

Zuverlässig und flexibel, erfahren und innovativ – wir konzipieren und realisieren kundenspezifische Lösungen in allen Bereichen des Anlagenbaues und für jede Projektphase. Ob komplette Anlage oder Teilanlage, ob Rekonstruktion vorhandener Anlagen oder Planung und Bau neuer Anlagen – als kompetenter Partner verfügen wir über die notwendige Größe und Stärke, auch umfangreiche Projekte in die Tat umzusetzen.

WAS WIR FÜR DIE KUNDEN TUN

ZEMDES liefert komplette Anlagen, Teilanlagen und einzelne Ausrüstungen für die Realisierung der Projekte unserer Kunden. Ob Neuanlage auf der „grünen Wiese“ oder Erweiterung vorhandener Anlagen oder effizientere Produktionsabläufe – ZEMDES erstellt das passende Engineering und liefert die notwendigen Ausrüstungen.

Die Leistung der ZEMDES beginnt mit der Untersuchung der Rohstoffe, geht über das Prozess-Engineering, die Planung und Errichtung der Anlage und endet mit der Inbetriebnahme. Darüber hinaus beraten und betreuen wir unsere Kunden bei der Optimierung der Produktion und bei der Wartung und Instandsetzung der Anlagen.

Kunden, die ihr Projekt mit eigenem Personal umsetzen wollen, brauchen in einigen Punkten die Unterstützung eines erfahrenen Projektabwicklers. Auch wenn wir keine Ausrüstungen liefern, können Sie doch die Leistungen unseres Unternehmens in Anspruch nehmen.

Was bei Turn-key Projekten selbstverständlich zum Leistungsumfang des Anlagenbauers gehört, bietet ZEMDES ihren Kunden auch als eigenständige Service-Leistungen an. Ob als Ergänzung zu eigenen Projekten oder als eigenständige Dienstleistung bei Fremdprojekten, ZEMDES bringt immer die ganze Erfahrung eines gestandenen Anlagenbauers in die Projekte unserer Kunden ein.

Für eine Reihe von Prozessen der Aufbereitung mineralischer Rohstoffe kann ZEMDES, auch in Zusammenarbeit mit renommierten Instituten und Hochschulen, maßgeschneiderte Lösungen anbieten. Dabei kommen sowohl erprobte Technologien zur Anwendung, als auch, gemeinsam mit unseren Partnern, weiter und neu entwickelte Verfahren. Besonders im Bereich der Wärmetechnik, ist das spezifische Wissen unserer Mitarbeiter für diese Prozesse, Grundlage für die Gestaltung optimaler Prozessabläufe.

Im Bereich der wärmetechnischen Anlagen kann ZEMDES direkt oder indirekt beheizte Drehöfen sowie ein- oder mehrstufige Zyklon-Wärmetauscher anbieten. Drehöfen werden insbesondere in Anlagen eingesetzt, in denen pulverförmige bis grobkörnige Produkte bei hohen Temperaturen (bis ca. 1.600 °C) behandelt werden. In Zyklon-Wärmetauschern können pulverförmige bis feinkörnige Stoffe im niedrigen bis mittleren Temperaturbereich (bis ca. 900 °C) im Gasstrom thermisch behandelt werden.

ZEMDES GmbH

Andreas Hanke

Vertrieb / Verfahrenstechnik

andreas.hanke@zemdes.com

T: +49 340 - 8704 – 246 F: +49 340 - 8704 - 290

www.zemdes.com

Vorankündigung der Jahrestagung 2016

Die nächste Vortragsveranstaltung unter dem Leitthema Aufbereitung und Recycling

**findet voraussichtlich am 9. und 10. November 2016
in Freiberg statt.**

Terminplan

Ende April 2016:	Einladung mit der Aufforderung zur Einreichung von Vorschlägen für Tagungsbeiträge (Vortrag bzw. Poster)
Ende Juli 2016:	Ablauf der Einreichungsfrist für Tagungsbeiträge Übermittlung der entsprechenden Kurzfassungen (Vortrag bzw. Poster)
Anfang September 2016:	Versand der Einladung mit Tagungsprogramm und Freischaltung des online-Anmeldeformulars

Tagungsorganisation

UVR-FIA GmbH
Chemnitzer Str. 40, 09599 Freiberg
Telefon: 03731 1621220
Fax: 03731 1621299
E-Mail: tagung@uvr-fia.de
www.uvr-fia.de