

# Tagung 2019

## „Aufbereitung und Recycling“

7. und 8. November 2019  
Freiberg

*Tagungsband*

Veranstalter:



GESELLSCHAFT FÜR VERFAHRENSTECHNIK  
UVR-FIA e.V. FREIBERG



HELMHOLTZ-INSTITUT FREIBERG  
FÜR RESSOURCENTECHNOLOGIE



TECHNISCHE UNIVERSITÄT  
BERGAKADEMIE FREIBERG

Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.



VERFAHRENSTECHNIK  
FÜR ROHSTOFFE

**Schwerpunkte der Tagung sind:**

**Mineralische Rohstoffe – Wertstoffe aus Abfall**

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

*erstmalige Verleihung des Heinrich-Schubert-Preises (s. Seite 8)*

**Inhalt Tagungsband:**

	Seite
Vortragsprogramm* (*Informationen zu den Autoren finden Sie bei den Kurzfassungen)	
● Donnerstag, 7.11.2019 (bis V7)	3
● Donnerstag, 7.11.2019 ab V8 (15.40 Uhr)	4
● Freitag, 8.11.2019	5

Kurzfassungen der <b>Vorträge</b>	6-28
Übersicht der Posteraussteller	29
Kurzfassungen der <b>Poster</b>	30-39
Firmenpräsentationen	40-44

<b>Donnerstag – 7.11.2019 (bis Posterschau)</b>				Seite im Tagungsband
ab 8:00		Registrierung		
9:00		Begrüßung		
9:15	V1	Eine <b>Pilotanlage</b> für die Aufbereitung eines Komplexerzes der <b>Lagerstätte Hämmerlein/Tellerhäuser</b>	<b>Technik</b>	6
		Referent:	Dr.-Ing. Henning Morgenroth UVR-FIA GmbH	
9:40	V2	Eine <b>Pilotanlage</b> für die Aufbereitung eines Komplexerzes der <b>Lagerstätte Hämmerlein/Tellerhäuser</b>	<b>Ergebnisse</b>	7
		Referent:	Prof. Dr. K. G. van den Boogaart HZDR - HIF	
<b>10:05 Kaffeepause</b>				
10:35	<b>erstmalige Verleihung des Heinrich-Schubert-Preises an eine (ehemalige) Studentin der TU Bergakademie Freiberg für eine hervorragende Abschlussarbeit durch den Dekan der Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik (Fakultät 4) der TU Bergakademie Freiberg</b>			
	<b>die Ausgezeichnete stellt ihre prämierte Arbeit kurz vor</b>			
11:05	V3	Herausforderungen der Elektroscheidung im Dispersitätsbereich < 100 µm – Status quo der Leobener Forschungsaktivitäten		9
		Referentin:		
11:30	P	alle Posteraussteller präsentieren (jeweils 3 Minuten) ihre Poster in einem fortlaufenden Vortrag		29
<b>12:00 Mittagspause</b>				
13:00	V4	Feinstabsiebung mittels Ultraschall – Stand der Technik und Beispiele aus der industriellen Praxis		10
		Referent:		
13:25	V5	DC - Entwicklung eines Deflektorsichters		11/12
		Referent:		
13:50	V6	Trockene Aufbereitung von Eisenerzen		13
		Referent:		
14:15	V7	CEOPS – Mehrwert durch kontinuierliche Korngrößenmessung		14/15
		Referent:		
<b>14:40 Posterschau mit Kaffeepause</b>				

Donnerstag – 7.11.2019 (nach Posterschau)				Seite im Tagungsband
15:40	V8	Aufbereitung von Schlacken/sekundären Brennstoffen/Elektroschrott sowie primären Rohstoffen aller Art		16
		Referentin:	Dr. Tanja Butt Retsch GmbH	
16:05	V9	Pyrometallurgische Rückgewinnung von Edelmetallen aus Altkatalysatoren, Nutzung der Schlacke		17
		Referent:	Dr. Rainer Wegner ReMetall Deutschland AG	
16:30	V10	Rückgewinnung der FeNdB-Magnete aus Windkraftanlagen		18
		Referent:	Dr.-Ing. H.-G. Jäckel TU Bergakademie Freiberg (IAM)	
16:55	V11	Recycling von Seltenen Erden aus Elektroschrott durch selektive Anreicherung an heimischen Tonmineral-Rohstoffen		19
		Referent:	Dr. Christoph Piribauer FGK GmbH	
17:20	V12	Historische Aufbereitung in Schneeberg Fundgrube Wolfgangmaßen		20
		Referent:	Dipl. Ing. Uwe Bruder bruderconsult	
<p>ab 19.00 Uhr findet eine <b>Abendveranstaltung</b> im Schankhaus 1863 - Kaufhausgasse (Nebengasse vom Ratskeller, Obermarkt) statt</p> <p>Die Speisen sind frei, Getränke Selbstzahler. Eine vorherige schriftliche Anmeldung ist erforderlich. (Die Anzahl der Plätze ist begrenzt.)</p>				

<b>Freitag – 8.11.2019</b>				Seite im Tagungsband	
9:00	V13	Untersuchungen zur Bergeabscheidung mittels Wendelscheider		D	21
		Referentin:	Dipl.-Ing. Irina Bremerstein UVR-FIA GmbH		
9:25	V14	Die Auswahl eines optimalen Sensors zur sensorbasierten Sortierung unter Anwendung automatisierter Mineralogie in Kombination mit Maschinellem Lernen			22
		Referent:	M.Sc. Marius Kern HZDR - HIF		
9:50	V15	The impact of mineralogy on processing for recovery of chromite and PGE in the Bushveld Complex, South Africa		23	
		Referent:	Dipl.-Geologe Kai Bachmann HZDR – HIF - Erzlabor		
<b>10:15 Kaffeepause</b>					
10:30	V16	Untersuchungen zur mechanischen Vorkonzentraterzeugung als Prozessschritt zur stofflichen Verwertung von Wärmedämmverbundsystemen (WDVS)		E	24
		Referent:	M.Sc. Martin Simons RWTH Aachen – I.A.R.		
10:55	V17	Aufbereitung von Kunststoffen und organischen Rohstoffen mit der neuentwickelten JEHMLICH Schneidmühle CM 342			25/26
		Referent:	Dr.-Ing. Stefan Jäckel Gebrüder Jehmlich GmbH		
11:20	V18	Einsatz von Lufttrenntischen zur Dichte-Sortierung von Stoffgemischen		27	
		Referent:	Dr.-Ing. Mathias Trojosky ALLGAIER Process Technology GmbH		
11:45	V19	Löschen bevor es brennt – Funktionsprinzip und Anwendungen von Funkenlöschanlagen		28	
		Referent:	Denis Sauerwald Fagus-GreCon Greten GmbH & Co. KG		
12:10		<b>offizielles Schlusswort</b>			
<b>12:15 Mittagspause</b>					

ab ca. 12.45 Uhr	<b>Führungen HZDR/HIF → UVR-FIA GmbH</b>	<b>entsprechende Listen zum Eintragen liegen im Hörsaal aus</b>
	<b>Führungen UVR-FIA GmbH → HZDR/HIF</b>	

Eine Pilotanlage für die Aufbereitung eines Komplexerzes der Lagerstätte Hämmerlein/Tellerhäuser - <b><u>Technik</u></b> und Ergebnisse (siehe V2)		<b>V 1</b>
Autoren(en):	Dr.-Ing. Henning Morgenroth, UVR-FIA GmbH Dipl.-Ing. Irina Bremerstein, UVR-FIA GmbH Dr. rer. nat. Dipl. geol. Marco Roscher, Saxore Bergbau GmbH	
Referent:	Dr.-Ing. Henning Morgenroth	
E-Mail:	morgenroth(at)uvr-fia.de	

From January 2018 to December 2018 UVR-FIA GmbH engineered, installed and operated a continuous pilot plant for processing of the complex polymetallic tin skarn of the SAXORE Bergbau GmbH project near Pöhla. SAXORE provided a bulk sample of about 140 t ore ROM.

A cooperation was installed between FAME project (funded by EU), the AFK Komplexerze Project (funded by BMBF, Germany) and SAXORE.

The main issue was to in the pilot scale plant.

The focus for the process development of the pilot plant was:

- Verify the laboratory scale results obtained from the project partners
- Production of a cassiterite concentrate from a bulk sample
- Depletion of tailings by sensor-based sorting of the skarn ore
- Selective comminution in skarn ore in pre-crushing
- Separation of tailings using a spiral separator
- Separation of magnetite, production of magnetite samples for further investigations
- Production of a sulfide pre-concentrate
- Production of subsamples and/or intermediate products for further experiments

The processing at the technical centre of UVR-FIA consists of:

- Crushing and classification and washing of the bulk sample
- Continuous wet processing with inline-processes of wet ball milling circuit, magnetic separation, sulphides flotation, hydro-classification, gravity separation, re-grind of table-middlings, de-sliming, dewatering of products.

Sensor based sorting, drying and selective comminution were carried out in cooperation with external partners.

A flow sheet for the processing of the skarn ore was developed, installed and successfully operated at a feed rate of about 500 - 700 kg/h. Several tests with adjustments of process parameters were executed. The process flowsheet was also adjusted several times during the operation. Main process parameters of the above-mentioned process steps were collected.

The whole bulk sample of about 140 t was homogenized, crushed, classified and washed for sensor-based sorting. A considerable amount of tailings could be scalped off by sensor based sorting. The remaining material was further ground to <1 mm.

This was the feed material for the wet processing in the pilot plant. Some more tailings could be scalped of by the first gravitational sorting – spiral separator.

A sulfide bulk concentrate with a Zn content of about 25 % and Cu content of about 1 % could be achieved by flotation. A tin concentrate with a content of higher than 30 % Sn could be achieved by gravitational separation.

The overall results indicate that an ore that was previously considered too complex to be economically exploited was successfully processed to produce a viable tin concentrate.

Eine Pilotanlage für die Aufbereitung eines Komplexerzes der Lagerstätte Hämmerlein/Tellerhäuser – Technik ( <i>siehe V1</i> ) und <b>Ergebnisse</b>		<b>V 2</b>
Autoren:	Prof. Dr. Karl Gerald van den Boogaart, Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie Dr. Chris Broadbent, Wardell Armstrong Marius Kern, Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie Edgar Schach, Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie Dr. Mirko Martin, G.E.O.S. Freiberg Dzmitry Pashkevich, G.E.O.S. Freiberg Ben Breuer, RWTH Aachen Rui Sousa, National Laboratory of Energy and Geology (LNEG) Tina Schulz, Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie	
Referent:	Prof. Dr. Karl Gerald van den Boogaart	
E-Mail:	k.van-den-boogaart(at)hzdr.de	

Trotz intensiver Versuche war es in den 1980er Jahren nicht gelungen die zinnreichen aber sehr harten und feinkörnigen Skarne des Erzgebirges aufzubereiten. Das vom BMBF geförderte Verbundprojekt AFK (Aufbereitung feinkörniger heimischer polymetallischer Komplexerze) und das EU-Projekt FAME haben sich dieser Aufgabe gestellt, entsprechende Verfahren entwickelt und gemeinsam in einem Pilotversuch getestet. 2018 wurden dazu ca. 140t Skarnerz im Besucherbergwerk Zinnkammern Pöhla abgebaut und verarbeitet.

Das entwickelte Verfahren umfasst als wesentliche Vorschritte eine mehrstufige selektive Voranreicherung der wertführenden Paragenesen. Dies geschieht anhand mineralogischer Kriterien, einer sensorbasierten Sortierung und einer selektiven Zerkleinerung. Durch diese im Vergleich zur klassischen Aufbereitung billigen Vorverarbeitungsschritte gelingt es, ein stärker angereichertes Erz als Aufgabegut für die nachfolgenden Aufbereitungsschritte zu erhalten. Somit kann der gesamte Massestrom reduziert und die Kosten, z.B. für die Mahlung, reduziert werden. Die weitgehend metallfreien Berge können als Baustoff verwertet werden bzw. sparen Kosten, da sie direkt als Versatz ins Bergwerk zurückgebracht werden können.

Aufgrund eines detaillierten Verständnisses der Verwachsungen und der Störeinflüsse bestimmter Minerale, wurde in der Anlage das Erz erst stufenweise heruntergemahlen und unter Bestimmung geeigneter Trennmerkmale in den Prozessschritten Magnetscheidung, Flotation und Dichtentrennung in verschiedene Wertströme aufgeteilt. Obwohl es aufgrund technischer und zeitlicher Einschränkungen nicht möglich war, alle Verfahrensschritte in idealer Weise durchzuführen, konnte dennoch Zinn, Zink, Eisen, Kupfer, Indium und Arsen angereichert werden. Dabei zeigt die modellbasierte Verfahrensentwicklung, welche weiteren Optimierungspotentiale es für die Pilotanlage gibt.

## Heinrich-Schubert-Preis

Am 18. April 2019 beschloss die Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik der TU Bergakademie Freiberg, jährlich den Heinrich-Schubert-Preis zu vergeben. Mit dem Preis wird an das Wirken des ehemaligen Lehrstuhlinhabers Prof. Dr.sc.techn. Drs.h.c. Heinrich Schubert erinnert, der sich im In- und Ausland überragende Verdienste in den Bereichen Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitung erworben hat. Prof. Schubert verstarb am 09.04.2018 im Alter von 92 Jahren.

Mit dem Preis werden Personen ausgezeichnet, die im Rahmen einer studentischen Abschlussarbeit oder Promotion ihre Exzellenz in der Mechanischen Verfahrenstechnik, Mineralaufbereitung oder dem Recycling gezeigt haben. Auch kann damit ehrenamtliches Engagement zum Wohle des Fachbereiches gewürdigt werden. Die Verleihung des Preises findet durch den Dekan der Fakultät mit Übergabe einer Urkunde, der Schubert-Medaille sowie einem Preisgeld im Rahmen der jährlichen Tagung „Aufbereitung und Recycling“ statt. Vorschlagsberechtigt sind Hochschullehrer der technischen Wissenschaften sowie Vertreter aus außeruniversitären Forschungseinrichtungen und der Industrie des genannten Fachgebiets.

Näheres bestimmt die Satzung

[https://tu-freiberg.de/sites/default/files/media/2019\\_02\\_ordnung\\_heinrich\\_schubert\\_preis.pdf](https://tu-freiberg.de/sites/default/files/media/2019_02_ordnung_heinrich_schubert_preis.pdf)

Die Prägung der Medaille erfolgte im Auftrag von Prof. Dr.-Ing. Urs Peuker, derzeitiger Lehrstuhlinhaber am Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik der TU Bergakademie Freiberg, basierend auf einer Idee von Dr.-Ing. Thomas Mütze und dem Entwurf von Dr.-Ing. Lothar Schumacher. Der Prägestempel wurde mit freundlicher Unterstützung des Freiburger Münzfreunde e.V. von Ralf Exner gefertigt, eine erste Prägung durch die Dresdner Medaillenmünze Glaser & Sohn GmbH vorgenommen.



Ermöglicht wurde die Prägung der Medaille durch eine Crowdfunding-Aktion der Absolventen des Instituts für Mechanische Verfahrenstechnik.

Das Preisgeld 2019 wurde von der UVR-FIA GmbH, Freiberg gespendet.

Ansprechpartner:  
Prof. Dr.-Ing. Urs Peuker  
Dr.-Ing. Thomas Mütze

<b>Herausforderungen der Elektroscheidung im Dispersitätsbereich &lt; 100 µm – Status quo der Leobener Forschungsaktivitäten</b>		<b>V 3</b>
Autoren:	Dipl.-Ing. Sabrina Gehringer, Univ.-Prof. Dr. mont. Helmut Flachberger, Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung, Department Mineral Resources Engineering, Montanuniversität Leoben	
Referentin:	Dipl.-Ing. Sabrina Gehringer	
E-Mail:	sabrina.gehringer(at)unileoben.ac.at	

Der weltweite Bedarf an hochwertigen mineralischen Rohstoffprodukten steigt kontinuierlich. Da qualitativ hochwertige Lagerstätten zur Neige gehen, werden zukünftige Lagerstätten niedrigere Gehalte und/oder ungünstigere Verwachsungsverhältnisse aufweisen. Durch die damit einhergehenden, immer feiner werdenden Verwachsungsverhältnisse zwischen Wertmineralphase(n) und Gangart in den in Verhieb stehenden Lagerstätten gewinnt die Aufbereitung im Dispersitätsbereich < 100 µm zunehmend an Bedeutung. Derzeit dominiert die Feinkornaufbereitung in nasser Betriebsweise (z.B. Flotation, Magnetscheidung). Allerdings gewinnt die trocken betriebene Feinkornaufbereitung aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit von Wasser und restriktiver Umweltauflagen immer mehr an Bedeutung. [1]

Ein Aufbereitungsprozess in trockener Betriebsweise ist die elektrostatische Sortierung nach Triboaufladung. Die Trennung erfolgt dabei nach Unterschieden in der Elektronenaustrittsarbeit. Die diesbezüglichen Forschungsarbeiten am Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung zum Thema „elektrostatische Sortierung“ mit einer gewissen Schwerpunktsetzung auf Industriemineralen begannen vor knapp 20 Jahren und werden seither kontinuierlich fortgesetzt. Über die Jahre hinweg wurden die räumlichen und apparativen Voraussetzungen geschaffen, eine Klimakammer gebaut, verschiedene Scheidertypen in Betrieb genommen, vor allem aber triboelektrostatische Aufladeeinheiten entwickelt, gebaut und in Betrieb genommen, um das Aufladeverhalten von verschiedenen (Rein-)Mineralphasen bzw. Mineralphasengemengen messtechnisch erfassbar und damit auch mehr und mehr kontrollierbar zu machen.

Die jüngste Entwicklung, welche im Zuge des Dissertationsprojektes der erstgenannten Autorin verwirklicht wurde, ist eine triboelektrostatische Aufladeeinheit mittels Wirbelschichtreaktor. Dieses Aggregat bietet die Möglichkeit zur Überwachung des Aufladevorgangs in einem klar abgegrenzten System, in welchem Einflussfaktoren wie der Temperaturverlauf und der Luftvolumenstrom während der Aufladung, aufgezeichnet werden können. Des Weiteren kann im Wirbelschichtreaktor das Strömungsverhalten der Luft durch den Einsatz unterschiedlichster Wirbelschichtböden beeinflusst werden. Zusätzlich ist in den Wirbelschichtreaktor eine Möglichkeit zum Zufügen von Reagenzien integriert, um die Aufladung Mineralphasenoberflächen chemisch zu beeinflussen.

Auf Basis systematischer Sortierversuche mit einem triboelektrostatischen Bandscheider im Labormaßstab wird der Sortiererfolg verschiedenster Rohgutproben im Detail untersucht. Ein besonderer Fokus liegt dabei in der Aufbereitung von Rohgütern bzw. Produkten, welche prozessbedingt im Dispersitätsbereich < 100 µm anfallen und nicht nass aufbereitet werden können. Ein solches Produkt ist beispielsweise kaustisch gebrannter Magnesit (MgO), welcher aufgrund seiner Aktivität gegenüber Wasser bzw. Luftfeuchte eine Herausforderung in der Aufbereitung darstellt. Durch die Sortierung von kaustisch gebranntem Magnesit mittels triboelektrostatischer Bandscheidung konnte der Gehalt des Begleitminerals SiO<sub>2</sub> im Konzentrat, bei einem Aufgabegehalt von 2,8 %, auf 0,8 % gesenkt werden. Der MgO-Gehalt im Konzentrat wurde auf bis zu 90 % erhöht, was einer Steigerung um 10 %-Punkte verglichen mit dem Aufgabegehalt entspricht. Durch die Kombination zwischen Bandscheider und der vorangehenden kontrollierten Aufladung im Wirbelschichtreaktor soll der Sortiererfolg weiter gesteigert werden.

[1] Flachberger, H.; Böhm, A.: Entwicklungstendenzen im Fachgebiet Aufbereitung und Veredlung, BHM, 160 (2015), H. 10-11, S. 465-474

<b>Feinstabsiebung mittels Ultraschall – Stand der Technik und Beispiele aus der industriellen Praxis</b>		<b>V 4</b>
Autoren:	Dr. Jan Lampke (HAVER ENGINEERING GmbH), Klaus Fennenkötter, Markus Löher (HAVER NIAGARA GmbH)	
Referent:	Dr. Hagen Müller	
E-Mail:	H.Mueller(at)haverengineering.de	

Feinsiebmaschinen werden zur Klassierung von Siebgut im Bereich von einigen zehn Mikrometern bis wenigen Millimetern eingesetzt. Insbesondere durch die Entwicklung neuer Technologien wie z.B. dem 3-D Druck werden die Anforderungen an die zu erzielenden Trennschnitte und Durchsatzleistungen immer weiter erhöht. In der Praxis werden bislang ultraschallerregte Siebmaschinen ausschließlich für kleinere Feinsiebmaschinen, beispielsweise im Bereich der Analytik eingesetzt. Bei Feinsiebmaschinen mit größerem Durchsatz wird Ultraschall in der Regel nur unterstützend zur Siebreinigung verwendet. Durch die Verwendung verschiedener Systeme zur Schwingungserregung steigt allerdings der konstruktive Aufwand sowie auch die Kosten einer Feinsiebmaschine.

Der Vorteil von ultraschallerregten Siebmaschinen liegt zum einen in dem sehr geringen spezifischen Leistungsbedarf sowie im Einsatz von quadratischen Maschengemetrien auch bei stark geneigten Siebflächen. So kann in diesen Fällen auf die kostenintensiveren Siebbeläge mit Langmaschen verzichtet werden und auch die Qualität der Absiebung durch Verhinderung sogenannter Fische gesteigert werden. Die Herstellung qualitativ hochwertiger Produkte z.B. in den Bereichen Pulvermetallurgie, Farbpigmente aber auch Kalksteinen wird somit sichergestellt.

Im vorliegenden Beitrag wird der aktuelle Stand zu ultraschallerregten Siebmaschinen vorgestellt und die Leistungsfähigkeit der Technik anhand von Beispielen aus der industriellen Praxis präsentiert.

<b>DC - Entwicklung eines Deflektorsichters</b>		<b>V 5</b>
Autoren:	Daniel-Christian Karhoff, Fabian Mertens, Marc Giersemehl, NEUMAN & ESSER Process Technology GmbH	
Referent:	Fabian Mertens	
E-Mail:	Fabian.mertens(at)neuman-esser.de	

Ein neuer Deflektorsichter für die In-Line Klassierung (siehe Abb. 1) wurde entwickelt.

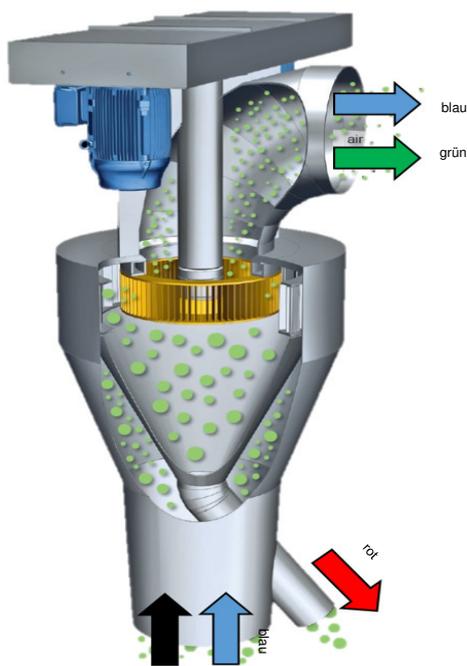


Abbildung 1: Deflektorsichter

Das übergeordnete Ziel war es, einen Sichter mit einem Sichtergehäusedurchmesser von bis zu 3.000 mm für Top Cuts zwischen 50 µm und 800 µm zu schaffen, der nach Mahlanlagen wie Kugelmühlen, Wälzmühlen, Prallmühlen oder offline eingesetzt werden kann. Abhängig von der Baugröße liegt die Eintragsleistung zwischen 0,5 t/h und 150 t/h bei einem Luftvolumenstrom zwischen 500 m³/h und 150.000 m³/h. Die Sichterantriebsleistungen variieren zwischen 0,5 kW und 100 kW. Der Sichter wird von der NEUMAN & ESSER Process Technology GmbH als Deflector Classifier (DC) bezeichnet.

Das Funktionsprinzip ist in Abbildung 1 dargestellt: Das Aufgabegut (schwarzer Pfeil) einer vorgeschalteten Mahlanlage wird vom Prozessgas (Luft, blauer Pfeil) pneumatisch in das Sichtergehäuse gefördert. Der staubbeladene Gasstrom strömt durch die Öffnungen im Deflektor und über den Deflektor. Das Produkt wird dann am Sicherterrad in eine Grob- und Feinfraktion aufgeteilt. Die Grobfraktion verlässt gravimetrisch den Sichter (roter Pfeil). Die Feinfraktion wird nach dem Hindurchtreten des Sicherterrades aus dem Sichter abgesaugt (grüner Pfeil)

## Entwicklungsprozess

Die Aufteilung des Einlassvolumenstroms in Teilströme durch und oberhalb des Deflektors hat den Vorteil, dass die beiden Teilströme in der Sichtzone zusammentreffen. Dadurch kann der Strom gesteuert werden. Für gute Klassierungsergebnisse müssen sowohl die radiale als auch die tangentielle Geschwindigkeitskomponente des Prozessgases den gewünschten Trennbedingungen am Außenumfang des Sicherterrades entsprechen.

- siehe Seite 12 >>>

Die Effizienz des Klassierprozesses hängt stark von der Strömungssituation in der Trennzone ab, d. h. in der Nähe des Außenumfangs des dynamischen Sicherterrades [1] [2] [3] [4] [5] [6]. Der Deflektor wurde ausgelegt, um diesen günstigen Strömungszustand in Kombination mit einem Sicherterrad zu erreichen.

Der Sichter wurde unter Verwendung von Computational Fluid Dynamics (CFD) entwickelt. Als Eingangsgeometrie wurde ein erstes Entwurfskonzept verwendet, das anschließend analysiert und mit Fokus auf Strömungsführung und Energieeffizienz verbessert wurde.

### **Ergebnisse, Fazit, Ausblick**

Die Ergebnisse von Labortests zeigen eine gute Übereinstimmung mit der vorhergesagten Leistung. Ein DC in Produktionsgröße mit einem Sichtergehäusedurchmesser von 3000 mm ist seit drei Jahren in Betrieb. Gesichtet wird Kalkstein bei einem spezifischen Energieverbrauch von 0,93 kWh/t und einer Eintragsleistung von 35,5 t/h.

Die Präsentation zeigt den Entwicklungs- und Designprozess sowie detaillierte Ergebnisse.

### **Literaturverzeichnis**

- [1] K. Leschonski, „Classification of particles in gases,“ IFPRI-Report, Clausthal, 1981.
- [2] K. Leschonski, „Das Klassieren disperser Feststoffe in gasförmigen Medien,“ *Chemie Ingenieur Technik* 49 (9), Bd. 49, Nr. 9, pp. 708-719, 1977.
- [3] H. Rumpf und K. Leschonski, „Prinzipien und neuere Verfahren der Windsichtung,“ *Chemie-Ingenieur-Technik* 39, Bd. 39, Nr. 21, p. 1231–1241, 1967.
- [4] D.-C. Karhoff, F. Mertens und M. Giersemehl, „Feinmahlung und –klassierung in einer Pendelrollenmühle,“ in *Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgruppen Zerkleinern und Klassieren, Kristallisation und Grenzflächenbestimmte Systeme und Prozesse*, Bamberg, 2019.
- [5] D.-C. Karhoff, F. Mertens und M. Giersemehl, „Entwicklung eines Leitringsichters,“ in *Freiberger Symposium für Aufbereitungstechnik*, Freiberg, 2019.
- [6] D.-C. Karhoff, F. Mertens und M. Giersemehl, „ICX - Extra finde grinding in the impact classifier,“ in *16th European Symposium on Comminution & Classification*, Leeds, 2019.

<b>Trockene Aufbereitung von Eisenerzen</b>		<b>V 6</b>
Autoren:	Prof. Dr.-Ing. Holger Lieberwirth, TUBAF/IAM Dipl.-Ing. Richard Kühnel, TUBAF/IAM Dr.-Ing. Felix Heinicke, Köppern Aufbereitungstechnik GmbH&Co.KG	
Referent:	Dr.-Ing. Felix Heinicke	
E-Mail:	f.heinicke(at)koeppern.de	

Die Vermahlung in Gutbettwalzenmühlen (GBWM) gilt als effiziente Methode, um Rohmaterial oder Klinker in Zementanlagen zu zerkleinern. Es ist bekannt, dass bei der Klinkermahlung teilweise GBWM mit Sichern im geschlossenen Kreislauf betrieben werden, um Feinstpartikel als Produkt zu gewinnen und das Grobgut zurück zur Mühle leiten zu können. Die Grundlage des Sichtprozesses ist die Trennung der Partikel nach ihrer Gleichfälligkeit ( $\cong$  Sinkgeschwindigkeit). Dabei nehmen u. a. Partikelform, -dichte und -größe Einfluss auf das Ergebnis.

Durch die Optimierung des Verschleißverhaltens der Zerkleinerungsaggregate und Sichter eröffnen sich zunehmend weitere Anwendungsmöglichkeiten in der Rohstoffaufbereitung, z. B. für die Zerkleinerung von Festgestein wie Kupfer- und Eisenerz. Dies ist insbesondere unter dem Aspekt der in vielen Bergbauregionen immer knapper werdenden Ressource Wasser für Aufbereitungsprozesse von Bedeutung.

Im Gegensatz zu Zementanwendungen weisen Erze jedoch in vielen Fällen neben Unterschieden der Partikelgröße auch erhebliche Dichteunterschiede zwischen den Wert- und Bergemineralen auf, welche sich auf den Trennprozess auswirken. Auch beeinflusst der Verwachsungsgrad der Partikel maßgeblich das Trennergebnis. Diese Effekte wurden im Rahmen von gemeinsamen Untersuchungen der Firma Köppern und der TU Bergakademie Freiberg für industrielle Anwendungen erforscht. Ziel ist es, die Auslegung trockener Mahl-Klassier-Kreisläufe mit GBWM sicher von Zement auf Erzanwendungen zu überführen. Der Beitrag stellt ausgewählte Ergebnisse der Untersuchungen vor.

<b>CEOPS – Mehrwert durch kontinuierliche Korngrößenmessung</b>		<b>V 7</b>
Autoren:	Dipl.-Ing. Markus Dietachmayr, CEMTEC Cement and Mining Technology GmbH Dipl.-Ing. Rupert Kirchner, CEMTEC Cement and Mining Technology GmbH	
Referent:	Dipl.-Ing. Markus Dietachmayr	
E-Mail:	<a href="mailto:M.dietachmayr(at)cemtec.at">M.dietachmayr(at)cemtec.at</a>	

Dank langjähriger industrieller Erfahrung in der Mühlentechnologie konnte CEMTEC 2012 sein erstes CEOPS (Cemtec Online Particle Size) Analysegerät erfolgreich in Betrieb nehmen. Heute, sieben Jahre nach der Markteinführung, befinden sich bereits 15 CEOPS-Systeme sowohl in nassen als auch in trockenen Mahlanlagen auf vier verschiedenen Kontinenten in Betrieb.



Das System ermöglicht die Messung von Suspensionen und Pulvern mit einer Maximalkorngröße von bis zu 2 mm und erlaubt die Erfassung von bis zu 4 Probenahmestellen pro Einheit. Das CEOPS-Messsystem wurde bisher für Kugelmühlen-, Vertikalmühlen-, aber auch Rührwerksmühlenkreisläufe adaptiert.

Mithilfe industrieller Rückmeldungen konnte dieses einstige Entwicklungsprojekt zu einem weltweit etablierten System weiterentwickelt werden. War der Hauptanschaffungsgrund anfänglich auf die beiläufige Qualitätskontrolle beschränkt, so gewann der CEOPS in den letzten Jahren große Bedeutung, nicht zuletzt aufgrund des zunehmenden Automatisierungsgrades der industriellen Anlagen. Da der weltweit ansteigende Druck zur Treibhausgasreduktion in Europa immer spürbarer wird, liegt es im Verantwortungsbereich der Anlagenbauer, hier Optionen aufzuzeigen, die in Zukunft einen ökonomischen und ressourcenschonenden Betrieb der Anlagen gewährleisten und damit einhergehend auch den Industriestandort Europa sichern. CEMTEC ist es gelungen, mit seinem CEOPS-System einen Meilenstein zu setzen, da dank seiner Echtzeitmessung der Korngrößenverteilung des Mahlproduktes die Qualität gesteigert sowie Energie eingespart werden kann.

siehe Seite 15 >>>

So ergaben sich bei trockenen Mahlanlagen beispielsweise Energieeinsparungen von 1,5 % pro Tonne produzierten Materials, die zum einen durch konstantere Produktfeinheiten, zum anderen durch geringere Produkteinfahrzeiten erzielt wurden. Bei nassen Anlagen konnte der Reagenzienverbrauch in einer nachgeschalteten Flotationsanlage reduziert werden.

Durch die an die Anlagenkonfiguration individuell angepassten Probenahmesysteme kann sichergestellt werden, dass die Korngrößenmessung eine kontinuierliche Qualitätssicherung des Produktstromes erlaubt.

Zudem leistet das CEOPS-System mithilfe von MPC-Algorithmen schon jetzt einen maßgeblichen Beitrag zur Produktionssicherheit, da Unfälle durch menschliches Versagen dank kontinuierlicher Messung der Korngrößenverteilungen auf ein Minimum reduziert werden, sofern die Anlage autonom gefahren wird.

<b>Aufbereitung von Schlacken/sekundären Brennstoffen/Elektroschrott sowie primären Rohstoffen aller Art</b>		<b>V 8</b>
Autoren:	Dr. Tanja Butt, Retsch GmbH Thomas Schmatz, Retsch GmbH Holger Neumann, Retsch GmbH	
Referentin:	Dr. Tanja Butt	
E-Mail:	t.butt(at)retsch.com,	

Bei modernen Analysemethoden werden die Präzision und damit die Nachweisgrenzen immer weiter verbessert, so dass selbst geringe Spuren von Probenbestandteilen zuverlässig detektiert werden können. Die Probenvorbereitung jedoch, die vor der eigentlichen Analyse steht und diese stark beeinflussen kann, wird oft vernachlässigt. Ein Fehler, der durch mangelnde Sorgfalt bei der Probenvorbereitung entsteht, ist um ein Vielfaches größer als ein Fehler während der eigentlichen Messung. Möglicherweise kommen bei Probenahme und Probenvorbereitung traditionelle Arbeitsmethoden zum Einsatz, die oft schon so sehr in den Alltag der Probenanalyse eingebunden sind, so dass über ihre Auswirkungen auf die Folgeanalytik nicht mehr nachgedacht wird.

Viele Laborproben weisen Eigenschaften auf, die eine direkte Analyse verhindern, z. B. enthalten sie große Partikel oder es liegt eine Entmischung aufgrund unterschiedlicher Partikelgrößen vor. Bei großen Partikeln können viele Analysemethoden nur die Eigenschaften der Oberfläche messen, das Innere bleibt unbekannt. Die Eigenschaften einer Laborprobe sind zudem häufig heterogen verteilt. Erst durch eine Vermahlung lässt sich eine Homogenisierung der Probe und damit eine gleichmäßige Verteilung erreichen. Es werden nur wenige Gramm oder Milligramm der Laborprobe für die eigentliche Analytik benötigt. Damit diese kleine Menge repräsentativ für die Ausgangsprobe ist, muss diese zunächst geteilt werden. Dies kann durch standardisierte Teilungsmethoden wie Nutzung von Riffelteilern oder Probenteilern geschehen, wobei sich mit zunehmender Automatisierung zufällige Fehler reduzieren und die Probe weitestgehend repräsentativ bleibt.

Die Präsentation zeigt, wie durch eine korrekte Probenvorbereitung Standardabweichungen reduziert und somit reproduzierbarere Analysenergebnisse erzeugt werden können.

- Welche Labormühlen sind auch zur Vermahlung von größeren Mengen sekundärer Rohstoffe geeignet?
- Wie beeinflusst die Probeneigenschaft die Wahl der korrekten Labormühle und des optimalen Zubehörs?
- Welchen Einfluss hat die Partikelgröße auf Standardabweichungen in der Analyse?
- Welche Schritte sind nötig, um eine schnelle und ausreichende Zerkleinerung zu gewährleisten?
- Was muss sonst noch beachtet werden? Trocknung, Siebung, Probenteilung
- Wie können stabile Presslinge für die RFA erzeugt werden?

Viele Fallbeispiele geben einen guten Überblick, wie Feststoffe aller Art zu homogenisieren sind.

<b>Pyrometallurgische Rückgewinnung von Edelmetallen aus Altkatalysatoren, Nutzung der Schlacke</b>		<b>V 9</b>
Autoren:	Dr. Ilya Nekhamin, Guido Wähler, Gerhard Nimmerfall, Gerd Schmerler, Dr. Rainer Wegner, ReMetall Deutschland AG	
Referent:	Dr. Rainer Wegner	
E-Mail:	rwegner(at)remetall-ag.com	

Die ReMetall Deutschland AG hat ein Verfahren zur pyrometallurgischen Rückgewinnung von Edelmetallen aus dem Katalysatorenrecycling entwickelt, das sich vom Stand der Technik abhebt und besonders auch die Bedürfnisse kleinerer Recycler berücksichtigt.

Es stellt eine ideale Lösung für ein dezentrales Edelmetallrecycling dar, das geeignet ist, einen großen Teil der sonst in der Branche üblichen Materialtransporte einzusparen und somit einen Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz zu leisten.

Die Zuschlagstoffe für anfallende Materialien werden anhand einer Elementaranalyse berechnet, die Stoffe in das Material eingemischt und das Schmelzgut zu Briketts verpresst. Anschließend wird die Schmelze in einem Gleichstrom-Lichtbogenofen durchgeführt, wobei chargenweise geschmolzen, die Schlacke abgegossen und erneut geschmolzen wird, bis eine genügend große und ausreichen angereicherte Sammlermetallfraktion vorliegt. Aus der noch flüssigen Schlacke wird eine Probe genommen und im firmeneigenen Labor auf ihren möglichen Edelmetallgehalt untersucht. Können keine Edelmetalle mehr nachgewiesen werden, wird die Schlacke zur Entsorgung oder Verwertung freigegeben.

Als Sammlermetall setzen wir grundsätzlich Eisen ein, aufgrund der Schmelzbedingungen erhalten wir zusätzlich einen Teil des Siliziums und das Eisen aus der Altkatalysatorkeramik. Das Ergebnis ist ein sprödes Material, das soweit zu zerkleinern ist, dass ein homogenes Pulver entsteht, dem eine repräsentative Probe entnommen werden kann und das an verschiedene Edelmetallscheider veräußerbar ist.

Die Schlacke aus dem Katalysatorenmaterial enthält nur wenige möglicherweise umweltrelevante Bestandteile. Bisher durchgeführte Analysen haben gezeigt, dass keine umweltschädlichen Stoffe ausgewaschen werden können. Daher ist die Schlacke grundsätzlich verwertbar.

Üblicherweise werden Schlacken als Ersatzbaustoffe verwendet, z.B. im Straßenbau, oder auch als Strahlmittel. Ein weiterer, von uns erprobter Nutzungsweg wäre es, aus dem keramischen Pulver mittels Sinterverfahren einen Keramikschaum herzustellen, der als Katalysatorträger in industriellen Anwendungen nutzbar wäre.

<b>Rückgewinnung der FeNdB-Magnete aus Windkraftanlagen</b>		<b>V 10</b>
Autoren(en):	Dr.-Ing. H.-G. Jäckel, TU Bergakademie Freiberg – IAM Dipl.-Ing. M. Walch, Fa. Lars Walch GmbH Baudenbach	
Referent:	Dr.-Ing. H.-G. Jäckel	
E-Mail:	Hans-Georg.Jaeckel(at)iam.tu-freiberg.de	

In den kommenden Jahren ab 2021 wird ein großer Teil der älteren Windkraftanlagen (WKA) zurückgebaut werden, weil deren Förderung/Subventionierung nach 20 Jahren ausläuft. Die Anlagen sind zum großen Teil technisch veraltet und verschlissen, so dass auch eine Wiederverwendung an anderen Standorten (z.B. Osteuropa) nur noch eingeschränkt erfolgen kann. Im Zusammenhang mit den Rückbau- bzw. Repowering-Aktivitäten ergeben sich für die beteiligten Firmen eine Reihe von Schwierigkeiten, die insbesondere die Verwertung der speziellen Werkstoffverbunde (z.B. Rotorblätter), der Stahlbeton-Fundamentierung und der elektrotechnischen Installationen (z.B. Generatorhaus) ergeben.

Ein ganz spezielles Problem stellt die Erfassung und Rückgewinnung der SE-Magnete (FeNdB) aus den getriebelosen Synchrongeneratoren bestimmter Windrad-Hersteller dar. Zunächst ist weitestgehend unbekannt, welche der älteren WKA-Typen überhaupt permanentmagneterregte Generatoren enthalten. Des Weiteren sind die quaderförmigen Hochleistungsmagnete meist auf Rotorringen verklebt, wes-halb die SE-Magnetschrotte zumeist mit in den Stahlschrott entsorgt werden. Trotz der hohen Wertmetallgehalte für Neodym (ca. 60 €/kg) und Dysprosium (ca. 380 €/kg) gehen diese dann unkontrolliert dem Wirtschaftskreislauf verloren.

Ausgehend von einer Analyse der Gesamtsituation bezüglich des Rückbaues älterer WKA wird im Vortrag ein neues Projekt zur Rückgewinnung der FeNdB-Magnete aus WKA vorgestellt, an dem das IAM-RM mit aufbereitungstechnischen Untersuchungen an Magnetwerkstoffen maßgeblich beteiligt ist. Neben den Projektteilnehmern und ihren Arbeitsschwerpunkten werden abschließend erste Ergebnisse aus orientierenden Untersuchungen im Rahmen studentischer Arbeiten präsentiert.

Recycling von Seltenen Erden aus Elektroschrott durch selektive Anreicherung an heimischen Tonmineral-Rohstoffen		<b>V 11</b>
Autoren:	Prof. Dr. Ralf Diedel, Stephan Schmidt KG Dr. Christoph Piribauer, FGK GmbH Prof. Dr. Joachim Scholz, Universität Koblenz-Landau	
Referent:	Dr. Christoph Piribauer	
E-Mail:	christoph.piribauer(at)fgk-keramik.de	

Das Recycling Seltener Erden in Europa liegt derzeit noch auf einem sehr niedrigen Niveau von unter 1 %. Gründe hierfür sind vielfältig. So ist die Aufbereitung von Elektroschrotten, abgesehen von Nd-Magneten, noch nicht auf die Separation von Bauteilen mit Seltenen Erden ausgerichtet, und in der pyrometallurgischen Aufbereitung von Elektroschrotten, wo die Seltenen Erden sich als unedle Metalle in den Schlacken wiederfinden, müsste zu deren Rückgewinnung die Schlackenbildung anders gesteuert werden. Eine Alternative zur Pyrometallurgie stellt die, für das SE-Recycling bisher nicht umgesetzte, Hydrometallurgie dar: Elektroschrotte werden in Säuren aufgelöst und die Seltenen Erden hieraus zurückgewonnen.

Als Adsorbermaterial wird in dem hier vorgestellten, durch die BMBF-Förderschiene KMU Innovativ geförderten Forschungsvorhaben, alternativ zu Ionenaustauscherharzen, erstmalig auf Tonminerale zurückgegriffen. Diese Herangehensweise wurde aus einem der wichtigsten Lagerstättentypen für Seltenen Erden, den sog. Ionenadsorptionstonen, abgeleitet. Ausgangspunkt ist hier die Verwitterung der Primärerze, bei der es einerseits zur Auflösung der Seltenerdminerale kommt, andererseits zur Neubildung von Tonmineralen. Bei diesem Alterationsvorgang des Ausgangsgesteins kommt es zur Fixierung der freigesetzten Lanthanoiden an den neugebildeten Tonmineralen, die über ihre negativen Oberflächenladungen in Kombination mit der innerkristallinen Kationenaustauschkapazität die  $\text{Ln}^{3+}$ -Ionen binden. Innovativ im Vergleich zu allen bisherigen Konzepten - und Schlüsselschritt des neuen Verfahrens - ist die Abtrennung der Seltenen Erden aus den Prozesslösungen durch eine Folge von Adsorptions- und Desorptionsvorgängen an Tonmineralen. Die Tonminerale wirken selektiv und adsorbieren die dreiwertigen Lanthanoiden bevorzugt gegenüber den ein- und zweiwertigen Ionen der Alkalien und Erdalkalien. Auf diese Weise können die chemikalienintensiven und vielstufigen sowie bezüglich der Umwelt risikoreichen Verfahren der Abtrennung der Seltenen Erden (fraktionierte Kristallisation der Seltenen Erden-Doppelsulfate, Säulenchromatographie u.a.) aus schwefelsauren Lösungen, wie sie bei der primären Gewinnung der Seltenen Erden üblich sind, stark reduziert, wenn nicht sogar völlig vermieden werden.

Das erarbeitete Aufbereitungskonzept ist so ausgerichtet, dass es grundsätzlich in ein hydrometallurgisches Aufbereitungskonzept von Elektroschrotten integriert werden kann. Gezeigt wird die Gewinnung und Aufbereitung Westerwälder Bentonite als Adsorberminerale, die im Deckgebirge der keramischen Tone in großen Mengen zur Verfügung stehen und sich in einem Screening gegenüber 43 anderen mineralischen Rohstoffen durchgesetzt haben. Ebenfalls vorgestellt werden die Ergebnisse des Ad- und Desorptionsverhaltens der Lanthanoiden in Abhängigkeit des pH-Wertes und der Behandlungszeiten sowie die Selektivität gegenüber Konkurrenzionen. Hierbei kamen sowohl Ln-Simulationslösungen als auch reale, saure Elektroschrottlösungen zum Einsatz.

Als nächster Schritt der Technologieentwicklung ist die Umsetzung des Verfahrens mit Unternehmen der Elektroschrottaufbereitung und/oder Unternehmen aus dem Bereich der Hydrometallurgie vorgesehen.

<b>Historische Aufbereitung in Schneeberg Fundgrube Wolfgangmaßen</b>		<b>V 12</b>
Autor:	Dipl.-Ing. Uwe Bruder, Bruder Consult	
Referent:	Dipl.-Ing. Uwe Bruder	
E-Mail:	ubruder(at)bruderconsult.de	

Wirtschaftliche Erwägungen zu Beginn des 19. Jahrhunderts mit dem zunehmenden Bergbau im Schneeberger Gebiet führten 1818/19 zum Bau eines Pochwerkes auf der Fundgrube Wolfgangmaßen bei Schneeberg und ist heute somit 200 Jahre alt. Damit war die Grundlage geschaffen auch die Fördermengen auf dieser Grube wesentlich zu erhöhen. Die Zahl der Bergeleute stieg in dieser Zeit von ca. 40 auf 120 allein auf der Fundgrube Wolfgangmaßen.

Die Grube war damit einer der europaweit wichtigsten Lieferanten von Kobalt und Wismut. Gegenwärtig wird die historische Aufbereitung im Pochwerk nach streng historischem Vorbild wieder aufgebaut.

Der Vortrag gibt Einblicke in die Möglichkeiten der damaligen Aufbereitungsmaschinen. Anhand von Versuchen, teilweise mit Originalmaterial aus der wahrscheinlich einzigen noch zu größten Teil erhaltenen Mehlführung im Erzgebirge, kann die Leistungsfähigkeit dieser Maschinen nachvollzogen werden.

Historische verfahrenstechnische Abläufe werden beschrieben.

Die experimentelle historische Aufbereitung erweckt alte Aufbereitungsmethoden zu neuem Leben. Neben den historischen Apparaten können im öffentlich zugänglichen Wäscheraam des Pochwerkes auch neuzeitliche Aufbereitungsmaschinen teilweise auch in Aktion gezeigt werden.

Die Fundgrube Wolfgangmaßen ist Teil des neuen Weltkulturerbes „Montane Kulturlandschaft Erzgebirge/Krušnohoří“.

Besucher und Besuchergruppen sind nach Anmeldung willkommen.

Für Schulklassen und Studentengruppen sind ebenfalls nach Anmeldung spezielle Führungen möglich.

Anmeldung unter Volkmar Müller Tel. 0162-4359984

oder Karsten Georgi Tel. 0172-3628040



Wolfgangmaßen ..... – Pochwerk der Fundgrube Wolfgangmaßen



Wolfgangmaßen - im Vordergrund der Einkehrherd und links in der Mitte der Planherd

<b>Untersuchungen zur Bergeabscheidung mittels Wendelscheider</b>		<b>V 13</b>
Autoren:	Dipl.-Ing. Irina Bremerstein, Dr.-Ing. Henning Morgenroth, UVR-FIA GmbH	
Referentin:	Dipl.-Ing. Irina Bremerstein, UVR-FIA GmbH	
E-Mail:	bremerstein(at)uvr-fia.de	

Thema des Vortrages sind Ergebnisse der Sortierung eines Magnetit, Kassiterit und Sulfidminerale enthaltenden Erzes mittels Wendelscheider. Ziel der Untersuchungen war die Anreicherung der Wertstoffminerale durch Bergevorabscheidung.

Die Untersuchungen erfolgten an Erzproben des sächsischen Erzgebirges, die Gegenstand eines vom BMBF geförderten r4-Projektes (AFK Neue Strategien für die Aufbereitung von Komplexerzen heimischer Lagerstätten) waren.

Im Rahmen dieses Projektes führte die UVR-FIA GmbH Untersuchungen an diesen Erzen zum Zerkleinerungsverhalten, Magnetscheidung, Dichtesortierung und Flotation durch.

Die Ergebnisse sind in die Planung einer Pilotanlage zur Aufbereitung einer Großprobe von etwa 120 t dieses Erzes eingeflossen, die 2018 bei der UVR-FIA GmbH errichtet und betrieben wurde.

<b>Die Auswahl eines optimalen Sensors zur sensor-basierten Sortierung unter Anwendung automatisierter Mineralogie in Kombination mit Maschinellern Lernen</b>		<b>V 14</b>
Autoren:	Marius Kern, Helmholtz-Institut Freiberg Laura Tusa, Helmholtz-Institut Freiberg Mahdi Khodadazadeh, Helmholtz-Institut Freiberg Thomas Leißner, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik, TU Bergakademie Freiberg Karl Gerald van den Boogaart, Helmholtz-Institut Freiberg Richard Gloaguen, Helmholtz-Institut Freiberg Jens Gutzmer, Helmholtz-Institut Freiberg	
Referent:	MSc. Marius Kern	
E-Mail:	m.kern(at)hzdr.de	

Sensor-basierte Sortierung ist eine Technologie, die in zunehmendem Maße zur Aufbereitung von Primärrohstoffen verwendet wird. Um beurteilen zu können, ob der Einsatz sensor-basierter Sortierung zur Anreicherung eines bestimmten Erzes wirtschaftlich eingesetzt werden kann, werden nach Stand der Technik zeitaufwändige und teure empirische Teststudien durchgeführt. Mit dem hier vorgestellten innovativen simulations-basierten Ansatz ist es möglich, die Auswahl eines Sensors auf Grundlage von quantitativen mineralogischen und textuellen Daten zu treffen. Solche Daten können mit verfügbaren Methoden der automatisierten Mineralogie rasch und kostengünstig erhoben werden. Das dokumentierte Fallbeispiel basiert auf Daten aus mehr als 100 Dünnschliffen von zwei verschiedenen Erztypen aus der Sn-In-Zn Lagerstätte Hämmerlein, Erzgebirge. Die Proben wurden ausgewählt, um die mineralogische und textuelle Variabilität zu erfassen. Parameter wie Mineralkorngrößenverteilung, modale Mineralogie, Mineralflächen- und Mineraleichte Verteilung wurden verwendet, um die Erfolgsaussichten einer sensorgestützten Sortierung mit verschiedenen Sensoren zu simulieren. Die Ergebnisse zeigen, dass die Häufigkeit von gesteinsbildendem Chlorit und/oder Dichteanomalien als Proxy für die Häufigkeit von Kassiterit, dem Haupterzmineral, verwendet werden können. Dies deutet darauf hin, dass die Sortierung des Hämmerlein-Erzes entweder mit einem Kurzwellen-Infrarotdetektor zur Quantifizierung des Chloritgehalts oder einem Dual-Energy-Röntgentransmissionsdetektor zur Abschätzung des Kassiteritgehalts erreicht werden kann. Die Abschätzung des Kassiteritgehalts einer Probe wurde durch Maschinelles Lernen optimiert, indem die Daten des Kurzwellen-Infrarot-Detektors mit den mineralogischen Daten integriert wurden. Dies führt zu einer weiteren, wichtigen Verbesserung der simulierten Ergebnisse. Empirische Tests mit handelsüblichen Sensorsystemen wurden genutzt, um die Vorhersagen der Simulationen experimentell zu validieren. Der entwickelte Ansatz kann sehr einfach auf andere Rohstofftypen angepasst werden; er birgt damit großes Potenzial, eine Schlüsseltechnologie zur Optimierung von Aufbereitungsprozessen zu werden.

<b>The impact of mineralogy on processing for recovery of chromite and PGE in the Bushveld Complex, South Africa</b>		<b>V 15</b>
Autoren:	Kai Bachmann, HIF/Erzlabor; Dr. Deshenthree Chetty, MINTEK; Dr. Raimon Tolosana-Delgado, HIF; Dr. Jens Gutzmer, HIF	
Referent:	Dipl.-Geologe Kai Bachmann	
E-Mail:	k.bachmann(at)hzdr.de, k.bachmann(at)erzlabor.com	

The Lower and Middle Group (LG and MG) chromitites of the Bushveld Complex in South Africa are the source of a very large portion of the global chrome supply. The recovery of platinum group elements and base metals (Ni, Cu) as by-products has the potential to add value to these chrome resources. Yet, the effectiveness of chromite and platinum-group element beneficiation circuits is highly sensitive to variations in feed composition. Mineral assemblages have been noted to be affected by surficial weathering (down to 50 m) and hydrothermal alteration. Of particular relevance is the abundance of alteration silicates, the prevailing base metal sulphides (BMS) and platinum group mineral (PGM) assemblages and mineral association which have a significant impact on recoveries and concentrate grade. The goal of this particular case study was to evaluate the potential recoverability of platinum group elements (PGE) as a by-product during chromite production in the Thaba Mine. As shown by a lot of studies, only a very minor amount of the economically important 3E (Pt,Pd,Rh) is enclosed in chromite and will therefore report to the chromite concentrate. On the other hand, the 6E (Pt, Pd, Rh, Ru, Ir and Au) grades of the mined chromitites are usually below 2 g/t and the feasibility of an additional PGE processing plant will be challenging. Therefore, a versatile and flexible geometallurgical framework is needed to identify potential PGE targets within the mine and to predict the recoverability of PGE in the ore. To extract a maximum of information at a minimal cost and material use, the framework proposed iterates between analytical work and statistical/mathematical modelling.

Here, we focus on the metallurgical test work results of unweathered LG and MG chromitites. More than 100 different diamond drill core intersections of chromitite seams were used as sample material and analyzed by automated scanning electron-based image analysis. Several properties of each sample were fed into a statistical unsupervised classification scheme to create seven mineralogically distinct clusters for a subsequent metallurgical test work at Mintek. Compositing batch samples were milled and fed to a shaking table to separate the chromite as efficiently as possible. Tailings were milled to 80 % < 75 µm, sampled and fed to flotation cells. The tailings of the rougher circuit were discharged and the rougher concentrate was subsequently fed to a cleaner flotation stage. Finally, the cleaner concentrate was sampled and chemically analyzed. Batch sample results display rather homogeneous shaking table feed 3E grades, ranging from 0.43 to 0.69 ppm, while Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> concentrations display a larger variability, ranging from 35 wt% to 42 wt%. Flotation feed grades range from 0.75 to 1.96 ppm. Cleaner flotation concentrates display grades between ca. 4 ppm and 16 ppm, resulting in upgrading factors between 2 and 11. Overall 3E recovery is between 25 and above 40 %. One reason for these PGE losses could be either large and liberated PGM grains or BMS agglomerates associated with PGM and/or PGE, which would go with the chromite concentrate. To reduce losses at the chromite concentration stage a possible PGM removal upfront with coarse flotation should be considered. Secondly, creating flotation reagent regimes and increasing residence time of the ore in the flotation cells to handle complex PGM assemblages (PGE-alloys and –sulpharsenides) will increase the flotation performance. To further increase the recovery, new flotation technology for better mineral surface cleaning may promote flotation of liberated PGM, as well as increasing liberation (e.g. Mach reactor).

<b>Untersuchungen zur mechanischen Vorkonzentraterzeugung als Prozessschritt zur stofflichen Verwertung von Wärmedämmverbundsystemen (WDVS)</b>		<b>V 16</b>
Autoren:	M.Sc. Martin Simons; Dr. Alexander Feil, Institut für Aufbereitung und Recycling I.A.R. der RWTH Aachen University	
Referent:	M.Sc. Martin Simons	
E-Mail:	martin.simons(at)iar-aachen.de	

In der Bauwirtschaft erfüllen Verbundkonstruktionen sowohl konstruktive als auch funktionelle Anforderungen. Zur Energieeinsparung werden bereits seit 1952 Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) zur Dämmung der Gebäudehülle eingesetzt. Dabei besteht ein WDVS aus verschiedenen Schichten, die auf die Gebäudehülle aufgebracht werden. Der Dämmstoff, die volumenmäßig größte Schicht, wird mittels Klebemörtel auf der Wand befestigt. Als Dämmstoff wird seit den 1970er Jahren flächendeckend expandiertes Polystyrol (EPS) verwendet. Zusätzlich können Dübel- oder Schienensysteme angebracht werden. Auf den Dämmstoff werden verschiedene Putze mit innenliegendem Armierungsgewebe aufgebracht. Als Schlussbeschichtung kann eine Vielzahl an Putzen oder Steinplatten etc. eingesetzt werden. In Deutschland wurden bis heute bereits mehr als 900 Mio. m<sup>2</sup> WDVS verbaut und jedes Jahr kommen weitere 40 Mio. m<sup>2</sup> dazu. [1]

Aufgrund der langen Nutzungsdauer von 25 bis 60 Jahren stieg das Abfallaufkommen von WDVS erst innerhalb der letzten Jahre an. [2] Die heterogene Zusammensetzung sowie die kraftschlüssige Verbindung der einzelnen Komponenten stellt für eine stoffliche Verwertung eine große Herausforderung dar. Um die stoffliche Verwertung von WDVS in Zukunft zu stärken, müssen offene Forschungsfragen zur mechanischen Aufbereitung beantwortet werden.

Ein WDVS kann aus vielen unterschiedlichen Komponenten bestehen, die sich sowohl in den Materialeigenschaften als auch im Volumen-Masse-Verhältnis unterscheiden können. Der Fokus des Beitrags liegt auf der mechanischen Vorkonditionierung von WDVS, die sicherstellen soll, dass die einzelnen Komponenten einer stofflichen Verwertung zugeführt werden können. Eine maßgebliche Anforderung ist einer gleichbleibenden Qualität des Recycling-Produktes. Um diese Qualität zu erreichen, ist, neben einer Sortierung in sortenreine Fraktionen, der Aufschluss des Verbundes und die Freilegung des Wertstoffes (Dämmstoff) durch ein geeignetes Zerkleinerungsverfahren erforderlich. Bei der mechanischen Aufbereitung spielt dabei das Verhältnis zwischen erreichtem Aufschluss und erforderlichem Sortieraufwand eine wichtige Rolle. Ein höherer Aufschluss ist oftmals mit einer stärkeren Herabsetzung der oberen Korngröße verbunden. Gleichzeitig steigt der spezifische Sortieraufwand für die resultierenden, kleiner werdenden Partikel.

Für die Versuchsreihen wurden WDVS-Probenkörper auf EPS-Basis mit definierter Größe und definiertem Gewicht hergestellt, sodass die Vergleichbarkeit der Ergebnisse untereinander gewährleistet ist und die Versuche reproduzierbar sind. Die Probekörper wurden mittels verschiedener Zerkleinerungsaggregate beansprucht, gesiebt und mittels Windsichtung sortiert. Zur Quantifizierung der Ergebnisse wurden unterschiedliche Kennzahlen wie z.B. Wertstoff- und Massenausbringen herangezogen.

## Literaturverzeichnis

- [1] ALBRECHT, Wolfgang ; SCHWITALLA, Christoph: *Rückbau, Recycling und Verwertung von WDVS. : Möglichkeiten der Wiederverwertung von Bestandteilen des WDVS nach dessen Rückbau durch Zuführung in den Produktionskreislauf des Dämmstoffs bzw. Downcycling in dir Produktion minderwertiger Güter bis hin zur energetischen Verwertung.* Stuttgart : Fraunhofer IRB Verlag, 2015 (Forschungsinitiative Zukunft Bau 2932)
- [2] FRIEDRICH EIBENSTEINER: *STREC EPS/XPS Recycling Endbericht*, 2016

<b>Aufbereitung von Kunststoffen und organischen Rohstoffen mit der neuentwickelten JEHMLICH Schneidmühle CM 342</b>		<b>V 17</b>
Autoren:	Dr.-Ing. Stefan Jäckel, Gebrüder Jehmlich GmbH Raphael Sperberg, Gebrüder Jehmlich GmbH	
Referent:	Dr.-Ing. Stefan Jäckel	
E-Mail:	s.jaeckel(at)jehmlich.info	

Für die Zerkleinerung von Kunststoffen und zur Aufbereitung von organischen, faserhaltigen Materialien sind Schneidmühlen bewährte Zerkleinerungsmaschinen. Die von JEHMLICH im Rahmen des Projektes „BioMatUse – Untersuchungen zur Herstellung und zum Einsatz von neuen, hochwertigen und nachhaltig biobasierten Produkten aus Abfall- und Reststoffen der Zucker- und Reisherstellung“ neuentwickelte Schneidmühle ist in der Lage diese Stoffe definiert zu zerkleinern und für die nachfolgenden Aufbereitungsschritte zur Verfügung zu stellen.

Die JEHMLICH Schneidmühle CM 342 arbeitet nach dem Prinzip des Parallelschnittes mit je drei Rotor- und Statormessern. Die zu vermahlenden Produkte können sowohl als Haufwerk aufgegeben werden, als auch als Strang von der Rückseite der Mühle. Über eine mittels Frequenzumrichter einstellbare Drehzahl kann die Drehzahl der Mühle variiert werden. Die erreichbaren Drehzahlen liegen zwischen  $600 \text{ min}^{-1}$  bis  $1800 \text{ min}^{-1}$  und charakterisieren die Schneidmühle als Schnellläufer. Die Konstruktion der Schneidmühle ist 0,5 bar druckstoßfest, so dass die Mühle über entsprechende Entlastungsventile auch für die Vermahlung staubexplosionsfähiger Materialien geeignet ist. Im Rahmen der Neuentwicklung wurde zudem auf eine einfache Zugänglichkeit der Mühle Wert gelegt. So erlaubt eine seitliche Revisionsöffnung einen einfachen und zügigen Siebwechsel (siehe Abbildung 1).

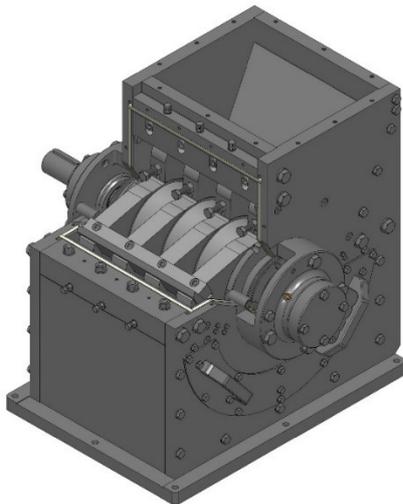
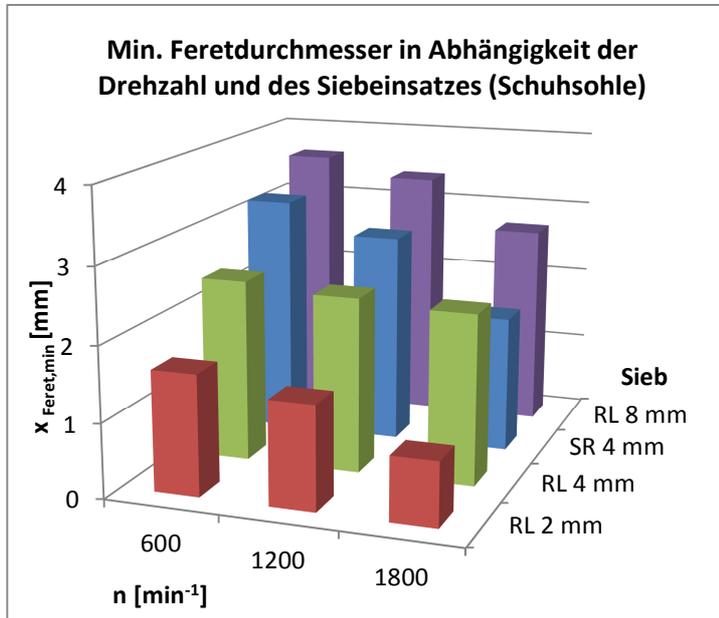


Abbildung 1: JEHMLICH Schneidmühle CM 342 mit geöffnetem Gehäuse

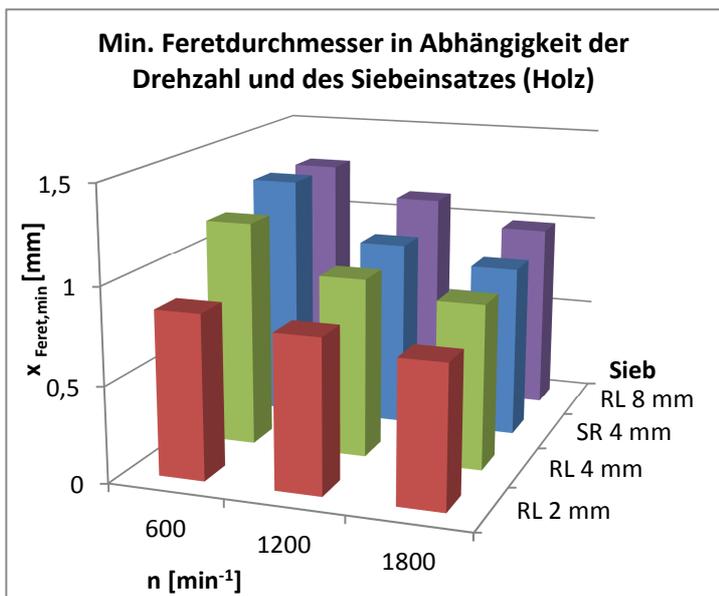
Die Siebweite und die Drehzahl ( $n$ ) sind, neben der konstruktiven Gestaltung, die wesentlichen Betriebsparameter zur Beeinflussung der Partikelgröße des Mahlproduktes. Im Rahmen von Versuchsreihen im JEHMLICH-Technikum sind die grundlegenden Abhängigkeiten der Partikelgröße und -form sowie der spezifischen Zerkleinerungsenergie von der Drehzahl und der Sieböffnung untersucht worden. Als Versuchsmaterialien kamen sowohl organische Rohstoffe (Holzhackschnitzel) als auch ein zu recycelnder Kunststoffverbund (vorzerkleinerte Gummi-Schuhsohlen) zum Einsatz.

siehe Seite 26 >>>

Für beide Materialien zeigt sich, dass bei kleinerer Siebweite die Partikelgröße (dargestellt als minimaler Feretdurchmesser  $x_{\text{Feret,min}}$ ) abnimmt (siehe Abbildungen 2 und 3). Bei steigender Drehzahl kommt es sowohl bei dem elastischen Material Schuhsohle als auch bei dem sprödbrechenden Material Holz zu einer Verringerung des Feretdurchmessers der Mahlprodukte.



**Abbildung 2:** Abhängigkeit des minimalen Feretdurchmessers von der Drehzahl und des Siebeinsatzes (Versuchsmaterial: Schuhsohle)



**Abbildung 3:** Abhängigkeit des minimalen Feretdurchmessers von der Drehzahl und des Siebeinsatzes (Versuchsmaterial: Holzhackschnitzel)

Im Vortrag werden die Konstruktion und Funktionsweise der JEHMLICH Schneidmühle CM 342 erläutert sowie die auf Basis von Technikumsversuchen ermittelten Einflussparameter auf das Zerkleinerungsergebnis vorgestellt. Ein Ausblick auf bestehende und potentielle Einsatzgebiete der Schneidmühle und mögliche Anlagenkonzepte runden die Präsentation ab.

<b>Einsatz von Lufttrenntischen zur Dichte-Sortierung von Stoffgemischen</b>		<b>V 18</b>
Autoren:	Dr.-Ing. Mathias Trojosky, ALLGAIER Process Technology GmbH Andre Pascal Kindler, ALLGAIER Process Technology GmbH	
Referent:	Dr.-Ing. Mathias Trojosky	
E-Mail:	mathias.trojosky(at)allgaier-group.com	

Ausgehend von Luft-Trenntischen zur gravimetrischen Sortierung von Feststoffströmen wurde ein neuer Trenntisch zur Dichtesortierung von Partikelhaufwerken entwickelt, der insbesondere zur Sortierung von großen Feststoffströmen in der Mineralstoff- und Recyclingindustrie geeignet ist.

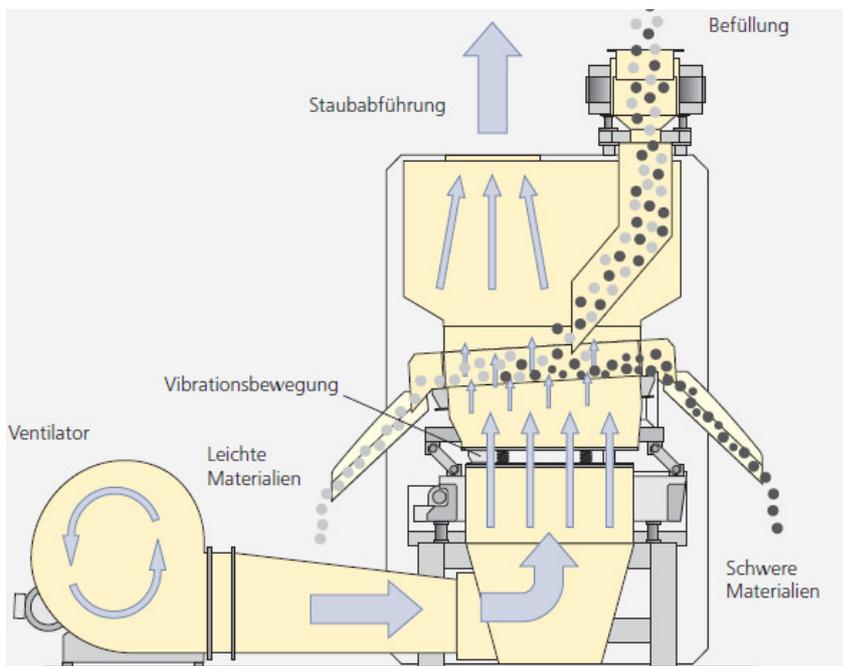


Abb. 1: Funktionsprinzip des neuen Luft-Trenntisches GSORT.

Im Rahmen der Entwicklung wurden systematisch Änderungen an dem seit Jahrzehnten im Hause bewährten Trenntisch (Typ: GOSAG) vorgenommen und deren Einfluss auf den Trennprozess untersucht. Im Vortrag werden die Entwicklungsschritte und die Ergebnisse von Labor- und Praxisversuchen zur Optimierung der Technologie sowie beispielhafte Applikationen aus der industriellen Praxis beschrieben. Der Einfluss der „neuen“ Prozessparameter wurde für verschiedene Materialmischungen unterschiedlicher Korngröße untersucht. Mit dem GSORT ist es insbesondere möglich, schwere Produkte (Schlacken, Erze, ...), durch einen Lufttrenntisch effizient nach dem Merkmal Partikeldichte zu sortieren.

Der neue Trenntisch bietet eine Reihe von Vorteilen gegenüber bisher verfügbaren Maschinen, unter anderem die Einstellbarkeit der Neigung der Arbeitsplatte, die einfache Einstellung der Tischhubfrequenz und die Möglichkeit, den Arbeitsanströmboden schnell und einfach zu wechseln.

<b>Löschen bevor es brennt – Funktionsprinzip und Anwendungen von Funkenlöschanlagen</b>		<b>V 19</b>
Autor:	Denis Sauerwald, Fagus-GreCon Greten GmbH & Co. KG	
Referent:	Denis Sauerwald	
E-Mail:	Denis.sauerwald(at)fagus-grecon.com	

### **Funkenlöschanlage:**

Das System der Funkenlöschanlage dient dem vorbeugenden Brandschutz. Mit einer Funkenlöschanlage ist es möglich, Zündinitiale zu detektieren und zu eliminieren, bevor ein Brand oder eine Staubexplosion entsteht. Gefährdet sind vor allem Anlagen für Zerkleinerung, Trocknung und Verpressung mit ihren pneumatischen oder mechanischen Transportwegen und Absaugungen, und Anlagen für die Abscheidung oder Lagerung wie Filter, Zyklone, Silos und Bunker.

Bei der industriellen Fertigung werden Rohstoffe stark zerkleinert; deshalb sind pneumatische oder mechanische Förderwege ein Hauptbestandteil von Produktionseinrichtungen. Es werden jedoch nicht nur die „planmäßigen“ Stäube und Schüttgüter über diese Verbindung transportiert. In Bearbeitungsmaschinen oder Trocknern können auch Funken oder glimmende Teile entstehen und somit eine erhebliche Brand- und Explosionsgefahr für nachgeschaltete Anlagenteile wie Filter und Silos darstellen.

Ein Brand oder eine Staubexplosion entsteht immer dann, wenn am selben Ort zur selben Zeit drei Voraussetzungen erfüllt sind: brennbare Stäube, Luft (Sauerstoff) und eine wirksame Zündquelle. Sind diese Voraussetzungen erfüllt, kann ein Explosionsereignis stattfinden.

Funkenlöschanlagen haben sich als vorbeugendes Brand- und Explosionsschutzsystem in der Industrie und im Handwerk durchgesetzt. Viele Industriezweige könnten heute ohne Funkenlöschanlagen nicht mehr wirtschaftlich betrieben werden. Funkenlöschanlagen stellen den einzigen vorbeugenden technischen Brandschutz dar. Maßnahmen wie Explosionsunterdrückung oder Sprinklersysteme fallen unter reaktive Maßnahmen.

<b>Nassmechanisch-biologische Rückgewinnung von Wertmetallen aus feinkörnigen sekundären Rohstoffen</b>		<b>P1</b>	<b>30</b>
Autoren:	Dr. Esther Gabor, BRAIN Aktiengesellschaft, Zwingenberg, Deutschland Richard Frenkler, BRAIN Aktiengesellschaft, Zwingenberg, Deutschland Jan Freytag, BRAIN Aktiengesellschaft, Zwingenberg, Deutschland Niklas Brenner, BRAIN Aktiengesellschaft, Zwingenberg, Deutschland Marc Gauert, BRAIN Aktiengesellschaft, Zwingenberg, Deutschland		
Referent:	Marc Gauert		
<b>Testing a new collector for cassiterite flotation</b>		<b>P2</b>	<b>31</b>
Autoren:	Dipl.-Ing. Irina Bremerstein, UVR-FIA GmbH, Dr. C. Rudolph (Zschimmer & Schwarz)		
Referentin:	Dipl.-Ing. Irina Bremerstein		
<b>Entwicklung einer Aufbereitungstechnologie für SpreuStroh</b>		<b>P3</b>	<b>32</b>
Autoren:	Dr.-Ing. Maria Schäfer, Institut für Verfahrensentwicklung, Torf- und Naturstoff-Forschung, Hochschule Zittau/Görlitz Steffen Exler, Kluge GmbH Prof. Dr.-Ing. J.I. Schoenherr, Institut für Verfahrensentwicklung, Torf- und Naturstoff- Forschung, Hochschule Zittau/Görlitz		
Referentin:	Dr.-Ing. Maria Schäfer		
<b>Biohydrometallurgische Aufbereitung metallarmer Flotationsrückstände</b>		<b>P4</b>	<b>33</b>
Autoren:	M.Sc. Christian Hintersatz, Dr. Sabine Kutschke, Dr. Katrin Pollmann; Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie		
Referent:	M.Sc. Christian Hintersatz		
<b>A microscopic insight into Manganese circular economy</b>		<b>P5</b>	<b>34</b>
Autoren:	M.Sc. Carolina Carvajal Gutierrez; Prof. Dr.-Ing. Holger Lieberwirth. Institut für Aufbereitungsmaschinen, TUBAF		
Referentin:	M.Sc. Carolina Carvajal Gutierrez		
<b>Ansätze zum mechanischen Recycling in der additiven Fertigung</b>		<b>P6</b>	<b>35</b>
Autoren:	Kratzsch, R., Mütze, T., Peuker, U. A.		
Referent:	M.Sc. Robert Kratzsch		
<b>Zum Einfluss der Aufgabekörnung und der Walzengeschwindigkeit bei der Zementmahlung mittels kleintechnischer Gutbettwalzenmühle</b>		<b>P7</b>	<b>36</b>
Autoren:	Lieven Schützenmeister <sup>1</sup> ; Thomas Mütze <sup>1</sup> ; Jan Strotmann <sup>2</sup> , Thomas Lappe <sup>2</sup> , Guido Kache <sup>2</sup> 1 TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik 2 thyssenkrupp Industrial Solutions AG		
Referent:	M.Sc. Lieven Schützenmeister		
<b>Einfluss der Demontagetiefe auf die Zerkleinerung und Trocknung von Lithium-Ionen-Batterien</b>		<b>P8</b>	<b>37</b>
Autoren:	Werner, D., Mütze, T., Peuker, U. A., Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik, TU Bergakademie Freiberg		
Referent:	M.Sc. Denis Werner		
<b>Zur Entschichtung von Elektrodenfolien aus Lithium-Ionen-Batterien</b>		<b>P9</b>	<b>38</b>
Autoren:	Tony Lyon, Thomas Mütze, Urs A. Peuker, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik		
Referent:	M.Sc. Tony Lyon		
<b>The EU project FineFuture - a research and innovation action on the flotation of fine particles</b>		<b>P10</b>	<b>39</b>
Autoren:	Martin Rudolph, Stefan Dirlich, Kerstin Eckert, Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie		
Referent:	Dr.-Ing. Martin Rudolph		

Nassmechanisch-biologische Rückgewinnung von Wertmetallen aus feinkörnigen sekundären Rohstoffen		<b>P 1</b>
Autoren:	Dr. Esther Gabor, BRAIN Aktiengesellschaft, Zwingenberg, Deutschland Richard Frenkler, BRAIN Aktiengesellschaft, Zwingenberg, Deutschland Jan Freytag, BRAIN Aktiengesellschaft, Zwingenberg, Deutschland Niklas Brenner, BRAIN Aktiengesellschaft, Zwingenberg, Deutschland Marc Gauert, BRAIN Aktiengesellschaft, Zwingenberg, Deutschland	
Referent:	Marc Gauert	
E-Mail:	mg(at)brain-biotech.de	

Für die Rückgewinnung von Edel- und Buntmetallen aus feinkörnigen sekundären Rohstoffen, die derzeit noch nicht verwertet werden können, wird aktuell ein neues, CO<sub>2</sub>-effizientes zweistufiges Verfahren entwickelt: Eine nassmechanische Stufe zur Metallkonzentration und eine biologische Stufe zur Metallextraktion. Hierbei stehen zum einen die Rückgewinnung der Metalle als Reinsubstanzen, zum anderen aber auch eine Dekontamination des verbleibenden Materials im Fokus. Durch diesen innovativen Verfahrensansatz soll eine möglichst komplette Kreislaufführung aller Wertstoffe ermöglicht werden und der CO<sub>2</sub>-Footprint der gewonnenen Metalle im Vergleich zur Gewinnung aus Primärressourcen deutlich reduziert werden.

Für eine wirtschaftliche Betriebsweise der biologischen Stufe müssen die Wertmetalle mit einem Massenanteil von mindestens 100-500 ppm enthalten sein. Da viele Sekundärressourcen jedoch einen deutlich geringeren Massenanteil aufweisen, werden nassmechanische, dichte-basierte Verfahren auf die Konzentrierung verschiedener sekundärer Rohstoffe adaptiert. Gleichzeitig wird eine Reduktion eventuell vorhandener Störstoffe, welche die Effizienz der nachgeschalteten biologischen Stufe herabsetzen, angestrebt. Diese nassmechanischen Verfahren erweitern die Technologieplattform, welche sowohl klassische als auch biologische Aufbereitungsmethoden kombiniert, um die unterschiedlichen Anforderungen, die sich aus den sehr diversen sekundären Rohstoffen ergeben, zu erfüllen.

Testing a new collector for cassiterite flotation		<b>P 2</b>
Autoren:	Dipl.-Ing. Irina Bremerstein, UVR-FIA GmbH, Dr. C. Rudolph (Zschimmer & Schwarz)	
Referentin:	Dipl.-Ing. Irina Bremerstein	
E-Mail:	bremerstein(at)uvr-fia.de	

Currently styrene phosphonic acid (SPA) is one of the successfully used collectors for cassiterite flotation.

Convinced that cassiterite flotation gains in importance several other collectors were investigated. One is the PHIZS collector - a synergistic mixture of aliphatic phosphonic acids. The performance of this collector is investigated.

The investigations were carried out on a skarn ore from Erzgebirge in Germany containing cassiterite but also some sulphides. The test material was taken from processing a 120-t- bulk sample of the ore in the test center of UVR-FIA GmbH in Freiberg/ Germany. The experiments give promising results: the recovery of tin is at about 80 %.

Entwicklung einer Aufbereitungstechnologie für SpreuStroh		<b>P 3</b>
Autoren:	Dr.-Ing. Maria Schäfer, Institut für Verfahrensentwicklung, Torf- und Naturstoff-Forschung, Hochschule Zittau/Görlitz Steffen Exler, Kluge GmbH Prof. Dr.-Ing. J.I. Schoenherr, Institut für Verfahrensentwicklung, Torf- und Naturstoff-Forschung, Hochschule Zittau/Görlitz	
Referentin:	Dr.-Ing. Maria Schäfer	
E-Mail:	maria.schaefer(at)hszg.de	

Ausgangspunkt für das Kooperationsprojekt zwischen der Firma Kluge GmbH aus Königswartha und der Hochschule Zittau/Görlitz war die Feststellung, dass weltweit einerseits intensiv nach neuen Möglichkeiten der Nutzung landwirtschaftlicher Reststoff-Biomassen gesucht wird und andererseits auch in modernen Ernteverfahren die in allen Belangen hochwertige Biomasse Spreu mangels effizienter Ernte- und Transporttechnologien noch immer ungenutzt in die Ernteflächen zurückverteilt wird.

Auf der Basis eines innovativen Ernteverfahrens, das die Bergung des Getreidekorns ungereinigt in einem Gemisch mit Spreu und gehäckseltem Stroh in einer Überfahrt der Erntemaschine realisiert, wurde daher das Vorhaben entwickelt, für die neuartige Biomasse Mischung SpreuStroh eine komplette Wertschöpfungskette von der speziellen Erntetechnik über neue Transport-, Umschlags- und Lagertechnologien bis zum gezielt aufbereiteten Ernteprodukt auch für große industrielle Bedarfe zu realisieren. Denn allein Spreu stünde deutschlandweit mit etwa 10 Mill. Tonnen zur Verfügung.

Den in diesem Prozess beteiligten Landwirten soll damit ermöglicht werden, neue Ertragsmöglichkeiten in weitgehender Eigenleistung entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu erzielen, gleichwertiger Partner neuer industrieller Märkte zu werden und neben dem Schutz seiner eigenen Produktionsfläche Boden erheblich verbesserte Beiträge zum Schutz der Umwelt zu leisten.

Am Institut für Verfahrensentwicklung, Torf- und Naturstoff-Forschung der Hochschule Zittau/Görlitz werden im Rahmen dieses Projektes die Möglichkeiten der zentralen Aufbereitung des mit der Erntemaschine geborgenen Produktes SpreuStroh aufgezeigt. Während der Forschungsarbeiten gilt es verschiedene Anwendungsmöglichkeiten für SpreuStroh ins Auge zu fassen und in einer modular aufgebauten Prozesskette anwendungsorientierte Aufbereitungstechnologien zur Verfügung zu stellen. Dabei liegt der Fokus zum einen auf der umfassenden Charakterisierung des Ausgangsmaterials SpreuStroh und die sich daraus ergebenden Möglichkeiten das Material aufzubereiten. Und zum anderen werden Prozesse der klassischen mechanischen Verfahrenstechnik ausgewählt (Zerkleinern, Sortieren, Klassieren) und getestet, um SpreuStroh so aufzuarbeiten, dass es möglich wird dieses neuartige Produkt für spezielle Anwendungsgebiete zur Verfügung zu stellen.

In diesem Beitrag sollen erste Ergebnisse des EFRE-geförderten Projektes dargestellt werden.



Biohydrometallurgische Aufbereitung metallarmer Flotationsrückstände		<b>P 4</b>
Autoren:	M.Sc. Christian Hintersatz, Dr. Sabine Kutschke, Dr. Katrin Pollmann; Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie	
Referent:	M.Sc. Christian Hintersatz	
E-Mail:	C.Hintersatz(at)hzdr.de	

Im Zuge der Prozessierung von Metallerzen entstehen jährlich immense Mengen mineralischer Rückstände, deren weitere Aufbereitung aufgrund geringer Metallgehalte als unrentabel gilt. Auch die Verwendung des Materials in anderweitigen Bereichen, wie der Baustoffindustrie, ist derzeit nicht praktikabel, da die verbleibenden Schwermetallmengen oftmals geltende Grenzwerte überschreiten. Daraus resultierend werden die Rückstände in Absetzbecken nahe den Halden deponiert. Neben dem hohen Flächenverbrauch ist das potentielle Umweltrisiko, das von diesen Anlagen ausgeht, bedenklich, da die im Gestein gebundenen Schwermetalle durch Witterungsprozesse freigesetzt werden, und in Folge dessen umliegende Wasser- und Erdkörper kontaminieren können.

Der Prozess der Biolaugung ist ein möglicher Lösungsansatz für die dargestellte Problematik. Bei dieser erfolgt die Mobilisierung der Metalle direkt durch mikrobielle Stoffwechselprozesse bzw. indirekt durch die Sekretion von komplexbildenden Substanzen, wie organischen Säuren oder Biopolymeren. Der Vorteil der Biolaugung gegenüber konventionellen Aufbereitungsmethoden besteht dabei hauptsächlich in der simplen, kosteneffizienten Prozessführung sowie den weitgehenden Verzicht auf zusätzliche Chemikalien. Zusätzlich zu dem wirtschaftlichen Nutzen entstehen dabei durch die Minimierung von Umweltrisiken und den Rückgewinn von Fläche umweltpolitische Vorteile.

Die direkte Biolaugung wurde bereits global zur Verwertung sulfidischer Erze durch acidophile Bakterien etabliert. Zukünftig ist auch die Behandlung deponierter Minenrückstände durch indirekte Biolaugung denkbar, um enthaltene Restmetalle zu mobilisieren und so die Verwendung des Materials zur Herstellung von Baustoffen zu ermöglichen. So wurden bereits Flotationsrückstände mittels indirekter Biolaugung behandelt, um Arsen, Eisen, Blei, Kupfer und Nickel zu mobilisieren und das Material auf diese Weise für die Zementherstellung zugänglich zu machen. Als Laugungsmittel dienten dabei zellfreie Kulturüberstände bzw. Lebendkulturen, welche verschiedene organische Säuren bzw. Biopolymere enthielten. In Abhängigkeit zum untersuchten Metall konnten durch den Prozess 10-45% der im Material enthaltenen Gesamtmenge solubilisiert werden.

A microscopic insight into Manganese circular economy		<b>P 5</b>
Autoren:	M.Sc. Carolina Carvajal Gutierrez; Prof. Dr.-Ing. Holger Lieberwirth. Institut für Aufbereitungsmaschinen, TUBAF	
Referentin:	M.Sc. Carolina Carvajal Gutierrez	
E-Mail:	carolina.carvajal(at)iam.tu-freiberg.de,	

Manganese occurs in the earth's crust as 0.1%, accounting for one of the most abundant elements for commercial use due to its favorable mechanical properties in steel industry. Undesirably, its industrial waste brings severe consequences to the raw materials market, but mainly to the environment. Current re-utilization of FeSiMn-slags in several applications in Europe is mainly for land-filling; however, the recovery of valuable components and/or contaminants and higher value uses remain as a topic to explore. The KIC EIT Raw materials co-founded Greeny project with participation from partners in Northern Europe, Germany and France focus on Manganese slags which are produced in abundant volumes. Manganese is an attractive element to recover from slags for the modern high strength steel manufacturing industry. By creating a sustainable and cost-effective process for grinding waste material, characterizing and liberating high-quality metallic content, to be used downstream in the valorization chain, two main burdens shall be addressed: to contribute with an environmental concern by re-using material and to reduce processing and extraction steps, making steel industry a more profitable business.

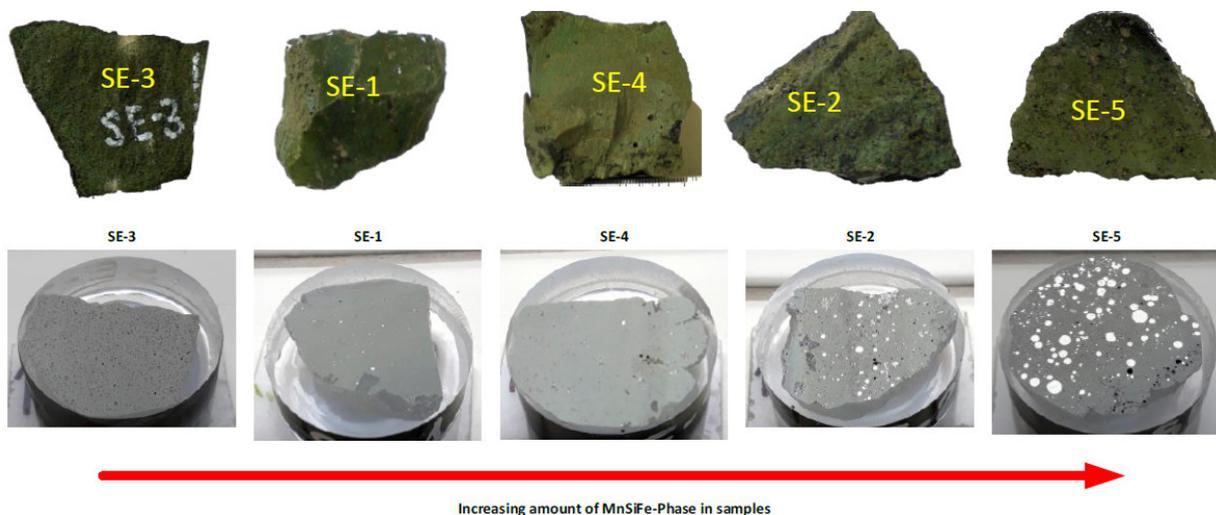


Fig. 1 Polished slides (below) of FeSiMn slag samples (above) with vastly varying Mn content

Mechanical properties and mineralogy play an important role in defining the best suitable breaking mechanism, resembling mineral phase's variations that define its processing. Preliminary results show that FeSiMn slags have an expected brittle behavior, also reckoning for nearly of up to 8 % of Mn content.

As shown in Fig. 1 the slag characteristics even from one plant may vary vastly with regard to Mn content as well as grain size. The recycling processes have to be adopted to those varying characteristics of the slag varieties. While selective comminution may be an interesting approach to the Mn rich varieties, other technologies have to be considered for the more fine grained Mn poor slags.

Ansätze zum mechanischen Recycling in der additiven Fertigung		<b>P 6</b>
Autoren:	Kratzsch, R., Mütze, T., Peuker, U. A.	
Referent:	M.Sc. Robert Kratzsch	
E-Mail:	Robert.Kratzsch(at)mvttat.tu-freiberg.de	

Die Branche der additiven Fertigung verzeichnete im letzten Jahrzehnt stetiges Wachstum. Für die Produktion von Prototypen oder Kleinserien bietet die additive Fertigung bereits eine Alternative zur konventionellen Fertigung. Dabei haben sich mehrere Technologien der additiven Fertigung entwickelt, wie z.B. das Pulverbettverfahren, extrusionsbasierte Verfahren und die lithografischen Verfahren. Für einen Einsatz in der Massenfertigung sind hierbei jedoch die Material- und Betriebskosten zu hoch. Um die Materialkosten zu senken, bietet es sich daher an, produktionsintegrierte Recyclingkonzepte zu untersuchen, beispielsweise das Recyceln von anfallenden Stützstrukturen, welche im Pulverbettverfahren notwendig sind, oder das Regenerieren des Pulverbetts durch Klassieren. Letztgenanntes findet bereits durch das Zusatzmodul PRS für 3D Drucker („powder recovery system“) Anwendung.

Voruntersuchungen ergaben, dass bei Produktionsabfällen aus der additiven Fertigung allein durch Klassieren eine Abtrennung der Sägespäne vom Metallpulver erreicht werden kann, womit ca. 50 Ma.% des Edukts zurückgewonnen werden konnten. Für den Trennerfolg sind dabei Partikelform und -größe maßgeblich entscheidend. Im Falle der Nassklassierung wurde das Material mit einer unpolaren Flüssigkeit (ISO-Propanol) gesiebt, da die Produktionsabfälle mit Kühlmittel aus Sägeprozessen versetzt sind. Diese Kühlmittel hydrophobieren die Partikeloberflächen und verschlechtern daher den Trennerfolg der konventionellen Nassklassierung mit Wasser.

Einen weiteren Ansatz verfolgt das mechanische Recycling der Stützstrukturen, von ausgedienten Bauteilen sowie Ausschussware. Dafür muss das Recyclat, d.h. Pulver aus dem mechanischen Recycling, Qualitätsmerkmale wie Fließfähigkeit, Pulverreinheit und Pulverhandlung erfüllen. Kommerziell erhältliche Pulver für die additive Fertigung sind gasverdüst und damit sphärisch und weisen eine gute Fließfähigkeit auf. Recyclate weisen aufgrund der duktilen Materialeigenschaften von Metallen eine nicht sphärische Partikelform auf [1]. Es gilt daher zu prüfen, inwieweit sich die Fließigenschaften zwischen Recyclaten und kommerziellen Pulvern ändert. Dafür wurden kommerzielle Pulver in einer Rührwerkskugelmühle der Fa. ZoZ mechanisch beansprucht, um ein Recyclat zu simulieren. In Abhängigkeit zum Energieeintrag wurden die Fließfähigkeiten mit einem Ringschergerät der Fa. Schulze bestimmt.

Die entsprechenden Fließfunktionen zeigen, im Gegensatz zu mineralischen Stoffen, einen untypischen Verlauf. So verhaken die Partikel abhängig einerseits vom Beanspruchungszustand bei den Umordnungsvorgängen, andererseits von ihrer Oberflächenbeschaffenheit und damit verbunden der vorherigen mechanischen Beanspruchung während des Recyclings. Für eine gezielte Analyse der entsprechenden Mikroprozesse wurden neben dem Fließ- und Beanspruchungsverhalten die Partikelform über statische und dynamische Bildanalyse bestimmt. Dabei ist ein Verplatten der Partikel mit steigendem Energieeintrag zu verzeichnen.

Quellenverzeichnis:

- [1] Kratzsch, Robert , Posterpräsentation „Fließverhalten von mechanisch belasteten Metallpulvern für die additive Fertigung“, Tagung „Aufbereitung und Recycling“, UVR-FIA Freiberg, 2018

Zum Einfluss der Aufgabekörnung und der Walzengeschwindigkeit bei der Zementmahlung mittels kleintechnischer Gutbettwalzenmühle		<b>P 7</b>
Autoren(en)	Lieven Schützenmeister <sup>1</sup> ; Thomas Mütze <sup>1</sup> ; Jan Strotmann <sup>2</sup> , Thomas Lappe <sup>2</sup> , Guido Kache <sup>2</sup> 1 TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik 2 thyssenkrupp Industrial Solutions AG	
Referent	M.Sc. Lieven Schützenmeister	
E-Mail	Lieven.schuetzenmeister(at)mvvat.tu-freiberg.de	

Die Hochdruckzerkleinerung in Gutbettwalzenmühlen hat sich in den letzten Jahrzehnten in Zementmahlanlagen weltweit etabliert und wird allgemein gut beherrscht. Es existieren jedoch Betriebszustände, bei denen die Störungsanfälligkeit stark steigt. Neben hohen Walzenumfangsgeschwindigkeiten zur Erzielung hoher Durchsätze sowie hoher Feinheit des Aufgabematerials, gehören starke Schwankungen in der Materialaufgabe und hohe umlaufende Lasten, wie sie insbesondere in der Fertigmahlung auftreten, zu den Risikofaktoren.

Die genannten Faktoren machen deutlich, dass für eine genaue Untersuchung stets der gesamte Mahlkreislauf betrachtet werden muss. Zu diesem Zweck wurde im Technikum der thyssenkrupp Industrial Solutions AG eine Zementmahlanlage errichtet, welche eine industrielle Anlage im kleintechnischen Maßstab abbildet. Die Anlage ermöglicht neben einer Fertigmahlung mittels Gutbettwalzenmühle auch eine Kombi-Mahlung sowie eine Fertigmahlung mit einer Kugelmühle.

Der vorliegende Beitrag präsentiert die Ergebnisse einer Versuchskampagne zur Fertigmahlung von Portlandzementklinker auf eine Zielfeinheit von 4000 cm<sup>2</sup>/g nach *Blain* mit einer Gutbettwalzenmühle vom Typ *COMWAL* mit einem Durchmesser  $D = 300$  mm und einer Walzenlänge  $L = 70$  mm. Es wurde zum einen die Walzenumfangsgeschwindigkeit im Bereich von 0,5 ... 2 m/s eingestellt und zum anderen der Feinkornanteil < 1 mm in der Aufgabe zwischen 0 ... 100 % variiert. In Abhängigkeit von den Versuchsparametern ergeben sich Fertigungsraten zwischen 50 und 500 kg/h sowie Mühlendurchsätze bis zu 10 t/h. Die Versuchsauswertung erfolgt auf der Grundlage von acht Probenahmestellen, welche eine vollständige Bilanzierung des Kreislaufes ermöglichen. Alle prozessrelevanten Daten wie bspw. Mahldruck, Mahlspalt und Mühlenvibrationen oder auch des Luftvolumenstroms und der Rotordrehzahl des dynamischen Sichters werden vom Prozessleitsystem POLCID aufgenommen.

Neben der Analyse der untersuchten Einflussfaktoren diskutiert der Beitrag kritisch die Vergleichbarkeit einer kleintechnischen Anlage mit Industrieanlagen aus der Praxis und zeigt vorhandene Schwächen auf.

Einfluss der Demontagetiefe auf die Zerkleinerung und Trocknung von Lithium-Ionen-Batterien		<b>P 8</b>
Autoren:	Werner, D., Mütze, T., Peuker, U. A., Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik, TU Bergakademie Freiberg	
Referent:	M.Sc. Denis Werner	
E-Mail	Denis.werner(at)mvtat.tu-freiberg.de	

Die Lithium-Ionen-Batterietechnologie stellt aktuell eine der wichtigsten mobilen Energiespeicher für elektrische und elektronische Anwendungen dar. Ihr Verbrauch wird aufgrund der Entwicklung von neuen und überarbeiteten Informationstechnologien, elektrisch angetriebenen Fahrzeugen und stationären Energiespeichern in den nächsten Jahren weiter steigen. Demzufolge ergibt sich für die Zukunft auch eine zunehmende Menge an Altbatterien, die es mit geeigneten Methoden zu behandeln gilt. Da Lithium-Ionen-Altbatterien teilweise nicht nur geographisch ungleich verteilte, seltene und werthaltige Materialien enthalten, sondern auch große Mengen metallhaltiger Abfälle verursachen, hat deren stoffliche Verwertung sowohl hinsichtlich gesundheitlicher, umweltpolitischer und wirtschaftlicher als auch geostrategischer Gesichtspunkte eine sehr hohe Bedeutung. Dabei fördert das Recycling von Lithium-Ionen-Altbatterien mit Methoden der Mechanischen Verfahrenstechnik den Umweltschutz und den Kerngedanken der Kreislaufwirtschaft gleichermaßen, indem besonders die werthaltigen metallischen Inhaltsstoffe in verschiedene Fraktionen angereichert werden. Diese stehen als Sekundärrohstoffe direkt der Produktion zur Verfügung oder sind für metallurgische Prozesse (Refining) vorbereitet.

Die Zerkleinerung von Lithium-Ionen-Batterien erfordert Sicherheitsvorkehrungen, um Brände oder Explosionen zu vermeiden. Je nach Recyclingstrategie werden dazu entsprechende Vorbehandlungsschritte eingesetzt, die sich unter anderem hinsichtlich der Demontagetiefe und Elektrolytabscheidung unterscheiden. Werden die Batterien beispielsweise thermisch vorbehandelt, so kann zwar je nach Demontagetiefe ein bestimmter Anteil der flüchtigen Elektrolytkomponenten abgetrennt werden, jedoch verändern sich dadurch auch das Zerkleinerungsverhalten sowie der Trennaufwand und -erfolg einer anschließenden Sortierung.

Im Rahmen der Zerkleinerung von unterschiedlich vorbehandelten Lithium-Ionen-Batterien wurde die Abhängigkeit zwischen Demontagetiefe und Elektrolytabscheidung durch Trocknung untersucht. Einerseits wurde das Berstventil von Lithium-Ionen-Batterien geöffnet. Andererseits wurden Batteriezellen auf Elektrodenwickel und Elektroden zerlegt. Die Trocknungstemperatur wurde zwischen 22 und 120°C variiert und anschließend die thermisch vorbehandelten Materialien in einer Schneidmühle zerkleinert. Sowohl die spezifisch mechanische Beanspruchungsenergie als auch die Stückgrößenverteilung des jeweiligen Zerkleinerungsprodukts wurden bestimmt und miteinander verglichen. Das Ziel dieser Untersuchungen bestand darin, unterschiedliche Recyclingstrategien im Hinblick auf den Aufwand zur Vorbereitung, ihre Sicherheit bei der Aufschlusszerkleinerung sowie die Möglichkeiten zur Sortierung des Zerkleinerungsprodukts gegenüber zu stellen. Im Ergebnis werden Handlungsempfehlungen zur Aufbereitung von Lithium-Ionen-Batterien abgeleitet.

Zur Entschichtung von Elektrodenfolien aus Lithium-Ionen-Batterien		<b>P 9</b>
Autoren:	Tony Lyon, Thomas Mütze, Urs A. Peuker, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik	
Referent:	M.Sc. Tony Lyon	
E-Mail:	<a href="mailto:tony.lyon(at)mvtat.tu-freiberg.de">tony.lyon(at)mvtat.tu-freiberg.de</a>	

Elektromobilität ist das Schlagwort bei vielen Diskussionen über den Klimaschutz und der aktuelle Weg, um Feinstaub und schädliche Abgase von Verbrennungsmotoren zu vermeiden. Jedoch darf in der Gesamtbilanz nicht vergessen werden, was mit den ausgedienten „End of Life“ Batterien geschieht. Lithium-Ionen-Batterien sind der Stand der Technik als Energiespeicher für sämtliche Typen von Elektrofahrzeugen. Neben Aluminium, Kupfer und Stahl, die direkt als Metall vorliegen, beinhalten sie zum Teil auch in den Elektrodenbeschichtungen, den sogenannten Aktivmaterialien, auch chemisch gebundenes Lithium, Manga, Nickel und Kobalt. Somit stellen sie eine wichtige Quelle von sekundären Rohstoffen dar, die es lohnt, durch ein gezieltes Recycling dem Rohstoffkreislauf wieder zuzuführen.

Am Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik wurde in den letzten Jahren ein Verfahren für das Recycling von Lithium-Ionen-Batterien entwickelt. Dieses besteht aus einer Kaskade von verschiedenen Zerkleinerungs-, Klassier- und Sortierschritten. Ein wichtiger Punkt in der Prozesskette ist das Entschichten und gleichzeitige Kompaktieren der Elektrodenfolien in einer diskontinuierlich betriebenen Hammermühle. Die folgende Arbeit vergleicht die Ergebnisse des aktuellen Verfahrens mit einem Alternativverfahren, indem zum Kompaktieren und Entschichten anstatt der Hammermühle eine TurboRotormühle (Fa. Görgens) eingesetzt wird.

The EU project FineFuture - a research and innovation action on the flotation of fine particles		<b>P 10</b>
Autoren:	Martin Rudolph, Stefan Dirlich, Kerstin Eckert	
Referent:	Martin Rudolph	
E-Mail:	m.rudolph(at)hzdr.de	

We're presenting the Horizon2020 project FineFuture which started in June 2019 with 16 partners from 11 countries. We are aiming to develop innovative technologies and concepts for fine particle flotation to unlock future fine-grained deposits and critical raw materials resources for the EU. Froth flotation is arguably the most important mineral separation technique. By making use of differences in surface properties between minerals, valuable particles are concentrated in large tanks by attaching to bubbles, which form a froth phase that overflows as a mineral-rich concentrate. However, current flotation technologies do not work adequately for fine particles, below 20 µm in size. This is a serious challenge at present limiting the exploitation of deposits and proper recycling of end of life products containing Critical Raw Materials (CRM). This FineFuture project will advance the fundamental understanding of fine particle flotation phenomena, which will lead to the development of ground-breaking technological solutions. This will not only help unlock new CRM deposits but also contribute to increase the resource and energy efficiency of current operations where the fines are lost to tailings. FineFuture will also enable proper reprocessing of old tailings deposits and be technology-transferred to other raw material particle-based processes within the circular economy, thus leading the way in the sustainable use of resources. For the EU industry the ability to float fine particles will be fundamental in securing access to raw materials in the future, yet to date there is no large scale collaborative effort to achieve this. The FineFuture consortium brings together an industry- and user-driven multidisciplinary team with the skills and experience required to tackle the challenging objectives set up for this project. Through a first of its kind research approach, the consortium's combined expertise in science, engineering and industrial practice will allow a robust and knowledge-based development of innovative fine particle flotation technologies. This project will thus help boosting EU technologies for sustainable raw material processing in Europe and abroad, contributing to energy- and resource-efficient processing in benefit of the future generations.

## *Firmenpräsentationen*

- MUEG – Mitteldeutsche Umwelt- und Entsorgung GmbH      Seite 41 – 42
- Neuman & Esser Process Technology GmbH                      Seite 43
- ZOZ GmbH    Seite 44 – 45



## Mitteldeutsche Umwelt- und Entsorgung GmbH

---

**Keywords:** Abfallmanagement, Umwelt- und Bergbausanierung, Deponierung mineralischer Abfälle, Verwertung von Kraftwerksreststoffen, Recycling mineralischer und gewerblicher Abfälle

---

Die MUEG Mitteldeutsche- Umwelt und Entsorgung GmbH ist ein kompetentes Entsorgungs- und Dienstleistungsunternehmen in Mitteldeutschland und aktiv tätig in den Bereichen Abfallwirtschaft, Umwelt- und Bergbausanierung, Kraftwerksreststoffentsorgung sowie Aufbereitung und Entsorgung von gefährlichen und nicht gefährlichen Abfällen zu Ersatzbrennstoffen.

Wir betreiben intelligente Anlagen zur Aufbereitung und Deponierung von Bau- und Abbruchabfällen sowie Kraftwerksreststoffen. Mit dem stofflichen Recycling gipshaltiger Abfälle aus dem Rückbau und der Produktion sorgen wir für nachhaltiges und ressourcenschonendes Wachstum bei steigender Nachfrage nach Gips. Am Standort Großpösna bei Leipzig können wir dazu mit moderner Anlagentechnologie jährlich 75.000 Tonnen gipshaltige Abfälle verarbeiten.

Für die Kraftwerks- und Zementindustrie verfügen wir als langjährig erfahrener Partner über das Know How zur Aufbereitung gefährlicher und nicht gefährlicher Abfälle zu Mischbrennstoffen.

Weiterhin verfügt die MUEG über umfangreiche Expertise im Bereich der Abwasseraufbereitung und betreibt eine Kläranlage der Größenklasse 4b (nach Abwasserverordnung), in der kommunale Abwässer nach den gültigen Normen aufbereitet werden.

Im Bereich Umwelt- und Entsorgung planen und entwickeln wir als Komplettdienstleister neue Verfahren und Technologien für die Abfall- und Recyclingwirtschaft sowie für die Thermische Verwertung.

siehe Seite 42 >>>

Dabei beraten gut ausgebildete und langjährig tätige Ingenieure umfassend zu Themen im Bereich Deponie- und Bergbausanierung, Abfallwirtschaft sowie Entsorgung. Diese umfassen auch die Planung und Entwicklung innovativer Recyclingtechnologien für mineralische Bau- und anderer Produktionsabfälle. Die Betreuung durch MUEG erfolgt bis zur Überführung in die Produktionsreife.

Die MUEG wurde 1990 gegründet und beschäftigt zz. ca. 240 Mitarbeiter an Standorten in Sachsen-Anhalt, Sachsen und Brandenburg. Der jährliche Umsatz in 2018 betrug ca. 52 Mio. Euro. Die Qualität unserer Arbeit als Entsorgungsfachbetrieb überprüfen regelmäßig externe Auditoren. Die MUEG ist ein zertifiziertes Unternehmen nach EfBV sowie nach DIN EN ISO 9001, 14001, 50001 und SCC\*\*.



Gipsrecyclinganlage in Großpösna  
(bei Leipzig)



Kraftwerksreststoffverwertung am Standort  
Peres (bei Leipzig)

MUEG Mitteldeutsche Umwelt- und Entsorgung GmbH  
Dr.-Ing. Sascha Füchsel  
Dipl.-Ing. Florian Pfaff  
Geiseltalstraße 1  
06242 Braunsbedra  
Deutschland



Telefon: +49 34633 41 – 183  
Telefax: +49 34633 41 – 279  
Mobil: +49 151 – 18042778  
Email: [Sascha.Fuechsel\(at\)mueg.de](mailto:Sascha.Fuechsel(at)mueg.de) / [Florian.Pfaff\(at\)mueg.de](mailto:Florian.Pfaff(at)mueg.de)  
Web: [www.mueg.de](http://www.mueg.de) / [www.mueg-gipsrecycling.de](http://www.mueg-gipsrecycling.de)

# NEA DC/DCX DEFLECTOR CLASSIFIER

The high capacity inline and  
offline classifying solution



The image shows a large industrial machine, the NEA DC/DCX Deflector Classifier, set against a dark, starry background. The machine is primarily white with blue accents on the motors. It consists of a large cylindrical body with a hopper at the bottom and a complex assembly of pipes and components on top. A logo in the top right corner reads 'NEA PROCESS'.

**NEUMAN & ESSER** Process Technology GmbH  
Werkstraße, 52531 Übach-Palenberg, Deutschland  
Tel.: +49 2451 481-02 - [neagmbh@neuman-esser.de](mailto:neagmbh@neuman-esser.de) - [neuman-esser.com](http://neuman-esser.com)

## Nachhaltigkeit Marke Simoloyer® - Recycling durch hochkinetische Prozesstechnik

Die Zoz GmbH ist das Kern- und Werkstoff-Unternehmen der Zoz Group und ein global operierende Anlagen- und Gerätehersteller im Bereich der Mechanischen Verfahrenstechnik mit mehr als 25 Jahren Erfahrung auf diesem Gebiet. Wenn es um die Herstellung nanostrukturierter Werkstoffe geht, dann ist die Zoz GmbH weltweiter Marktführer und globaler Player was sich nicht nur auf den Anlagenbau sondern auch auf Entwicklung und Herstellung von Nanostrukturen in Pulvern, Schichten oder Bauteilen durch Mechanisches Legieren und andere Hochkinetische Prozesse bezieht. Die Zoz GmbH besitzt sowohl Expertise in Energiespeicher-Werkstoffen und Energiespeichern inklusive Integration und Antriebstechnik (H<sub>2</sub>-Mobilität, grundlastfähiges CO<sub>2</sub>-freies Kraftwerk), als auch in der Herstellung von oxidverstärkten Legierungen (ODS: oxide dispersion strengthened) für Hochtemperaturanwendungen (z.B. Kraftwerke, Verbrennungsanlagen). Die Entwicklung von nachhaltigen Recyclingprozessen ist ebenfalls ein Fokus der Forschung. Die Zoz GmbH steht in der Liste der Hidden Champions (2013, IHK).

Hauptprodukt der Zoz GmbH ist die horizontale Hochenergiekugelmühle Simoloyer® (Abb. 1), eine Technologie für die hochkinetische Prozesstechnik (HKP: high kinetic processing).



Abb. 1: Simoloyer® CM100b - Hochenergiekugelmühle mit 100 Litern Prozessvolumen

Im Gegensatz zu herkömmlichen Mühlenarten und den damit verbundenen Mahltechniken, zeichnet sich die Technologie des Simoloyer® durch eine hohe Beschleunigung und damit einer hohen Relativgeschwindigkeit der Mahlkörper durch den horizontal angeordneten Rotor aus (Abb. 2).

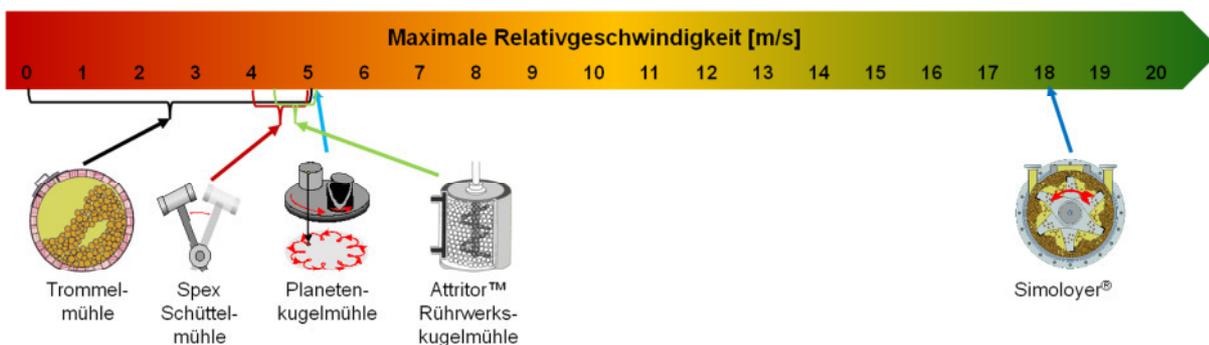


Abb. 2: Vergleich der maximalen Mahlkörpergeschwindigkeiten von verschiedenen Kugelmühlen

Die höhere Geschwindigkeit der Mahlkörper bedeutet eine vielfach höhere Energie die in das Mahlgut eingetragen wird. Durch diese Technik können verschiedene Effekte im Mahlgut erzielt werden. Zum einen können neuartige Legierungen durch mechanisches Legieren (MA: mechanical alloying) hergestellt werden. Im Weiteren ist die Herstellung von chemischen Produkten in einem nachgestellten lösemittelfreien Reaktorprozess, der Mechanochemie (RM: reactive milling), möglich und letztendlich die Umformung, Aufarbeitung und Zerkleinerung von Materialien im hochenergetischen Mahlprozess (HEM: high energy milling).

Im Nachfolgenden sind kurz einige Varianten des Recyclings via Simoloyer® aufgeführt, die damit zusammenhängenden Projekte und Produkte.

### FuturZement | FuturBeton

FuturBeton, ein Hochleistungsbeton, ist von großem ökologischen und ökonomischen Interesse. FuturBeton bietet hohe Festigkeit und Haltbarkeit durch nanostrukturierte, gemahlene, granuliert Hochfenschlacke (GGBS). Die Anwendung von GGBS in Portlandhüttenzementen führt zu einer Einsparung von CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Ersatz von Klinker, verursacht jedoch normalerweise eine Abnahme der Reaktivität und Festigkeit aufgrund der geringeren Reaktivität von Hüttsand. Für einen Hochleistungsbaustoff ist ein hochwirksamer Zementbinder mit hoher Reaktivität unumgänglich. FuturZement ist ein solches Bindemittel und enthält nanostrukturiertes GGBS, das durch High Kinetic Processing (HKP) unter Anwendung der Simoloyer®-Technologie aktiviert wurde. HKP-GGBS ist hochreaktiv.

siehe Seite 45 >>>

Bei der Herstellung solcher innovativen Hochleistungswerkstoffe werden verschiedene wichtige Prozesse wie Vorfertigung, Aktivierung, Mischen und Mischen durchgeführt. FuturBeton weist in Tests Endfestigkeiten von bis zu 140 N/mm<sup>2</sup> auf (Abb. 3).

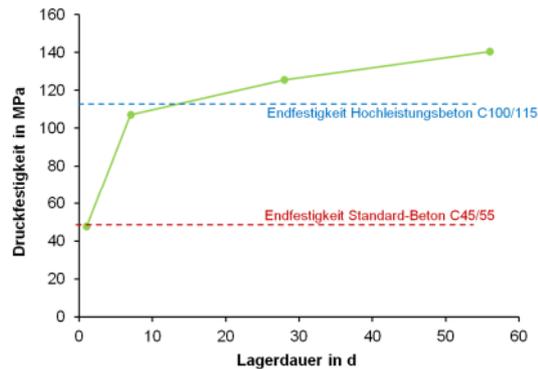


Abb. 3: Festigkeitsentwicklung von FuturBeton (grün), Vergleich der Endfestigkeiten mit Standard- und Hochleistungsbeton

### MechanoReSt - Alternatives Recycling durch mechanochemische Behandlung

Eine energieeffiziente und umweltfreundliche Rückgewinnung der umweltkritischen Metalle war das primäre Ziel des Projekts MechanoReSt (Alternatives Recycling umweltkritischer Metalle aus Stahlwerksstäuben durch mechanochemische Behandlung), einem Gemeinschaftsforschungsprojekt der Zoz GmbH und dem Fraunhofer IWKS und dem assoziierten Partner Deutsche Edelstahlwerke, gefördert durch das DBU (Az 33882/01). Dabei ist neben der Rückgewinnung aber auch die möglichst vollständige Entfrachtung der Schwermetalle aus der im Verfahren anfallenden mineralischen Restfraktion im Fokus. Somit kann diese einer Wiederverwertung zugeführt werden, ohne dass durch Elutionsvorgänge Grundwasser und Böden langfristig geschädigt werden.



Bei den derzeitig eingesetzten Verfahren werden die Schwermetalle im Stahlwerksprozess bisher lediglich bei hohen Temperaturen immobilisiert, jedoch nicht entfernt. Außerdem sollen im Gegensatz zu den weitestgehend eingesetzten pyrometallurgischen Verfahren mit anschließender Abgasnachbehandlung die Stäube derart mechanochemisch behandelt werden, dass das in Stäuben in Form schwer löslicher Verbindungen wie Franklinit ( $ZnFe_2O_4$ ) vorliegende Zink in Lösung gehen und anschließend hydrometallurgisch selektiv zurückgewonnen werden kann.

Innerhalb des Projektes wurden die Stäube dabei zunächst mechanochemisch vorbehandelt, bevor sie anschließend mittels Salzsäure extrahiert wurden. Die entstehende Suspension wurde gefiltert und die zurückgewonnene Lösung in mehreren Schritten durch Zugabe unterschiedlicher Substanzen wie beispielsweise Zink, Schwefelsäure oder ggf. Soda aufgereinigt und dabei von störenden Schwermetallen wie Blei, Cadmium, Eisen, etc. befreit. Die abschließende Rückgewinnung des reinen Zinks erfolgte aus der aufgereinigten Lösung durch elektrolytische Abscheidung. Im Sinne der Umwelt und Nachhaltigkeit wurden alle im Prozess entstehenden Fraktionen auf die Möglichkeit einer Wiederverwertung hin geprüft und bewertet.



### Grünes Recycling von Styropor (EPS, XPS)

Rund 40.000 t alter Dämmstoffe müssen jährlich entsorgt werden. Da die Kapazität von Müllverbrennungsanlagen knapp ist und die Nachfrage groß, ist die Entsorgung der Dämmstoffe teuer. Der Dämmstoffmarkt basiert zu 34 % auf Polystyrol (EPS, XPS). Das sind 6.392 Mrd. t! Zum Vergleich: PUR macht 5% des Marktes aus mit 940.000 Mio. t in Deutschland 2012.

Die Wiederverwertung und Entsorgung von Styropor ist dabei ein Umweltproblem aufgrund der enthaltenen Flammschutzmittel (Hexabromocyclodekan: HBCD). Dieses ist homogen in der Polymermatrix dispergiert und nicht kovalent gebunden. Es wurde 2008 in die SVHC-Liste „Besonders besorgniserregende Stoffe“ (REACH) aufgenommen und unterliegt der Zulassung. Eine Pyrolyse führt immer zur Bildung noch giftiger Verbindung und die Extraktion mit Lösemittel verursacht andere neue Probleme.

Es wurde ein Verfahren patentiert, bei dem HBCD und Quarzsand als Tribomaterial mittels mechanochemischer Prozesse in ungiftige lösliche Verbindungen umgewandelt wird. Dieses ist vergleichlich mit dem ebenfalls patentierten Verfahren zur Detoxifizierung von Dioxin (DE 102 61 204 A1). Bei dem HBCD-Detoxifizierungsprozess entsteht unter anderem auch ein Sand-Komposit, der für Bauanwendungen verwendet werden kann. Der erfolgreiche Umwandlungsprozess konnte auch analytisch nachgewiesen werden.

### Fazit

Diese und viele andere Anwendungen sind mit der Simoloyer<sup>®</sup>-Technologie möglich. Durch die hier in das Mahlgut übertragene Energie ist die Bildung von Nanostrukturen möglich, aber auch die chemische Umwandlung von toxischen Stoffen, sowie von stöchiometrischen Gemischen. Dieses konnte bereits in zahlreichen Publikationen und Versuchen von Kaupp *et al.* nachgewiesen werden. Diese genannten Effekte sind ein wertvolles Mittel für ein ressourceneffizientes Recycling oder eine Aufarbeitung von Wertstoffen.



T +49-2762-9756-0 Dr. rer. nat. Birgit Funk, Alexander Zoz, Prof. Henning Zoz  
F +49-2762-9756-7 funk(at)zoz.de Zoz GmbH, Wenden

Der Termin für die **nächste Tagung (2020)** wird zeitnah auf unserer **Homepage ([www.uvr-fia.de](http://www.uvr-fia.de)) veröffentlicht**

### **Tagungsorganisation**

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

### **Kontakt der Mitveranstalter:**



[www.hzdr.de/hif](http://www.hzdr.de/hif)



[www.tu-freiberg.de](http://www.tu-freiberg.de)



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