

# Tagung 2018

## „Aufbereitung und Recycling“

14. und 15. November 2018  
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**

***Würdigung und Erinnerungen an Herrn Prof. Heinrich Schubert,  
der im Frühjahr 2018 verstorben ist***

**Inhalt Tagungsband:**

	Seite
Vortragsprogramm* (*Informationen zu den Autoren finden Sie bei den Kurzfassungen)	
14.11.2018 (Vormittag)	4
14.11.2018 (Nachmittag)	5
15.11.2018	8

Kurzfassungen der <b>Vorträge</b>	7 -37
Übersicht der Posteraussteller (*Informationen zu den Autoren finden Sie bei den Kurzfassungen)	38
Kurzfassungen der <b>Poster</b>	39-49
Firmenpräsentation	50

## Programm

Uhrzeit	<b>Mittwoch (Vormittag) 14.11.2018</b>	Seite Tagungs- band
8:00 bis 9:00 Uhr	<i>Registrierung</i>	
9:00	Begrüßung	
9:15	<p><i>Heinrich Schubert, einer der ganz Großen in seinem Fach weltweit: Versuch einer Würdigung</i></p> <p><b>Referent:</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Husemann ehemaliger Lehrstuhlinhaber am Institut MVT/AT (1993 – 2008) an der TU Bergakademie Freiberg</p>	6
9:45	<p><i>Laudatio auf Prof. Heinrich Schubert (Zukunft)</i></p> <p><b>Referent:</b> Prof. Dr.-Ing. Urs Peuker – TU Bergakademie Freiberg – Lehrstuhlinhaber Institut MVT/AT</p>	7
10:00	<b>Kaffeepause</b>	
10:30	<p>Die Freiburger <b>Zerkleinerung</b>sschule</p> <p><b>Referenten:</b> Dr.-Ing. Jens Hanisch - FAM Magdeburg Dr.-Ing. Thomas Mütze – TU Bergakademie MVT/AT</p>	8 bis 12
11:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Freiburger Forschung zur <b>Flotation</b> unter Leitung von Prof. Heinrich Schubert und ihre Anwendung in der Industrie</li> <li>• A Fine Future – Why Flotation is still a Freiberg research topic after Schubert and Schulze</li> </ul> <p><b>Referenten:</b> Dr.-Ing. Wolfgang Schubert, Kronos titan – Norwegen Dr.-Ing. Martin Rudolph – HZDR Dresden – HIF</p>	13 bis 14
11:30	<p>Prof. Heinrich Schubert - Initiator der Freiburger Schule zum <b>Recycling</b>-Thema Aufbereitung sekundärer Rohstoffe</p> <p><b>Referenten:</b> Prof.-Ing. Sylvia Dannewitz – Hochschule Nordhausen Dr.-Ing. H.-Georg Jäckel – TU Bergakademie IMB/RM</p>	15 bis 17
12:00	<b>Mittagsimbiss</b>	

Vorträge zu Ehren von Prof. Heinrich Schubert, der im Frühjahr 2018 verstorben ist

## Programm

Uhrzeit	<b>Mittwoch (Nachmittag) 14.11.2018</b>		Seite Tagungs- band
<b>12:00</b>	<b>Mittagsimbiss</b>		
<b>13:00</b>	V1	<b>Recycling CF-haltiger Leichtbauverbunde – Kreislaufführung um jeden Preis?</b> <u>Referentin:</u> M.Sc. Dorothea Hamann - TU Bergakademie/ IMB/RM	18
<b>13:25</b>	V2	<b>Aufbereitete Braunkohlenfilterasche für baustoffliche Anwendungen - Verwertung mineralischer Reststoffe in der Praxis -</b> <u>Referent:</u> Dr. Sören Lottner - BiFa Bindemittel Filterasche GmbH	19
<b>13:50</b>	V3	<b>Ist ein wirtschaftliches Recycling von mineralischen Füllstoffen aus Altpapier möglich?</b> <u>Referent:</u> Prof. Dr.-Ing. Samuel Schabel – TU Darmstadt/FG Papierfabrikation und MVT	20 bis 22
<b>14:15</b>	P	<b>Posterpräsentationen als PowerPoint-Vortrag (jeweils 3 Minuten)</b>	
<b>14:45</b>	<b>Kaffeepause mit Posterschau</b>		
<b>15:30</b>	V4	<b>Charakteristische Prozessdaten der Bergevorabscheidung mittels sensor-gestützter Sortierung</b> <u>Referent:</u> Dr. Christopher Robben - TOMRA Sorting	23
<b>15:50</b>	V5	<b>Konzepte zur explosionsgeschützten Auslegung von Anlagen zur Feinstvermahlung organischer Substanzen</b> <u>Referent:</u> Dr.-Ing. Stefan Jäckel - Gebrüder Jehmlich GmbH	24 bis 25
<b>16:10</b>	V6	<b>Trocknung industrieller Abwässer mit dem CD Dryer</b> <u>Referent:</u> Dr.-Ing. Mathias Trojosky - ALLGAIER Process Technology GmbH	26 bis 27
<b>16:30</b>	V7	<b>Regelungsmöglichkeiten von Hydrozyklonen AKA-VORTEX</b> <u>Referent:</u> Dipl.-Ing. Robert Claußnitzer - AKW Apparate + Verfahren GmbH	28
<b>16:50</b>	V8	<b>Aufbereitung von Gleisschotter – technisch-wirtschaftlicher Vergleich von Nass- und Trockenverfahren</b> <u>Referent:</u> Dr. Hagen Müller - HAVER Engineering Freiberg	29
<b>19:00</b>	<b>Abendveranstaltung im Schankhaus 1863            Teilnahme nur mit vorher erfolgter Anmeldung möglich</b>		

Uhrzeit		<b>Donnerstag (15.11.2018)</b>		Seite Tagungs- band
9:00	V9	<b>Zur Aufbereitung und Mineralogie von REE-Erzen mit Parisit</b>		30
		<b>Referent:</b>	Dipl.-Ing. R. Gerhard Merker - Merker Mineral Processing, Elpenrod	
9:25	V10	<b>A study on the impact of flotation hydrodynamics for the optimization of fine-grained carbonaceous sedimentary apatite ore beneficiation</b>		31
		<b>Referent:</b>	Duong Huu Hoang –TU BAF/HIF/ Hanoi-University	
9:50	V11	<b>Aufbereitung von Zellkernen aus Thymus-Gewebe</b>		32
		<b>Referentin:</b>	Dr.-Ing. Maria Schäfer – Hochschule Zittau/Görlitz – Institut für Verfahrensentwicklung Torf- und Naturstoff-Forschung	
10:15	V12	<b>Zur Anwendung von diskontinuierlich betriebenen Rinnen bei der Gewinnung von Schwermineralen</b>		33
		<b>Referent:</b>	Dr. Uwe Lehmann - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie	
10:40	<b>Kaffeepause</b>			
11:10	V13	<b>Energieeffiziente und verschleißarme hydraulische Presse zur Agglomeration nachwachsender und fossiler Rohstoffe (EVA)</b>		34
		<b>Referent:</b>	Dipl.-Ing. Andre Schmidt - TU Bergakademie Freiberg, ITUN	
11:35	V14	<b>Druckverteilung im idealen Gutbett</b>		35
		<b>Referentin:</b>	Dipl.-Ing. Lisa Kühnel - TU Bergakademie Freiberg: Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik	
12:00	V15	<b>Zur experimentellen Ermittlung einer wirksamen Kugelmühlengattierung</b>		36
		<b>Referent:</b>	Dr.-Ing. Dietmar Espig - UVR-FIA e.V. Freiberg	
12:25	V16	<b>A Survey on Troubleshooting of Closed-Circuit Grinding System</b>		37
		<b>Referent:</b>	Ahmad Hassanzadeh - Department of Processing, Helmholtz-Institute Freiberg for Resource Technology, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf	
12:50	<b>Mittagsimbiss</b>			
<b>Führungen</b>				
14:00	A	1. HZDR – HIF	2. UVR-FIA GmbH	
	B	1. UVR-FIA GmbH	2. HZDR – HIF	

*Heinrich Schubert, einer der ganz Großen in seinem Fach weltweit:  
Versuch einer Würdigung*

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

**Referent:** *ehemaliger Lehrstuhlinhaber am Institut MVT/AT (1993 – 2008) an  
der TU Bergakademie Freiberg*

*Laudatio auf Prof. Heinrich Schubert (Zukunft)*

*Prof. Dr.-Ing. Urs Peuker*

**Referent:** *TU Bergakademie Freiberg – amtierender Lehrstuhlinhaber  
Institut MVT/AT*

<b>Die Freiburger Zerkleinerungsschule</b>		<b>Ehrevortrag</b> <b>Zerkleinerung 1/5</b> <b>Tandemvortrag</b>
Autoren/ Referenten:	Dr. Jens . Hanisch <sup>1</sup> , Dr.-Ing. Thomas Mütze <sup>2</sup>	
E-Mail:	Jens.hanisch( at )fam.de, Thomas.muetze( at )mvtat.tu-freiberg.de	
Institution:	<sup>1</sup> Magdeburger Förderanlagen und Baumaschinen GmbH und BAF <sup>2</sup> Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik, TU Bergakademie Freiberg	

In den 60-ziger Jahren begannen in Deutschland umfangreiche und bald daraufhin weltweit anerkannte Grundlagenforschungen auf dem Gebiet der Mikroprozesse der Zerkleinerung. Die „Karlsruher Schule“, begründet von H. Rumpf und später von K. Schönert in Clausthal-Zellerfeld fortgeführt, sowie die Forschungsarbeiten der „Freiburger Schule“ unter der Leitung von Heinrich Schubert führten zu bedeutenden Erkenntnissen bei der wissenschaftlichen Durchdringung des Zerkleinerungsverhaltens spröder Materialien. Eine zentrale Frage war dabei, inwiefern das an sich chaotische Risswachstum und das daraus resultierende Zerkleinerungsergebnis mittels geeigneter mathematischer Beschreibungsformen erfasst und so einer Prozessmodellierung zugänglich gemacht werden kann.

Die ersten Arbeiten von u.a. B. Buss [1], P. May [2] und S. Baumgardt [3] beschäftigten sich mit der Einzelkornzerkleinerung von regelmäßig geformten Partikeln aus verschiedenen Materialien bei Druck-, Schlag- und Prallbeanspruchung. Diese Zerkleinerungsuntersuchungen an Kugeln ergaben, dass die Wahrscheinlichkeit eines Bruchs bei der Druckbeanspruchung durch dreiparametrische logarithmische Normalverteilungen mit oberer Grenze sowie durch vierparametrische logarithmische Normalverteilungen bei Schlag und Prall beschrieben werden können (s. Abbildung 1 links). Weiterhin zeigte sich, dass die während des Bruchereignisses entstehenden Bruchstücke einer Größenverteilung entsprechen, die ebenfalls durch dreiparametrische logarithmischen Normalverteilungen beschrieben werden können (Abbildung 1 rechts).

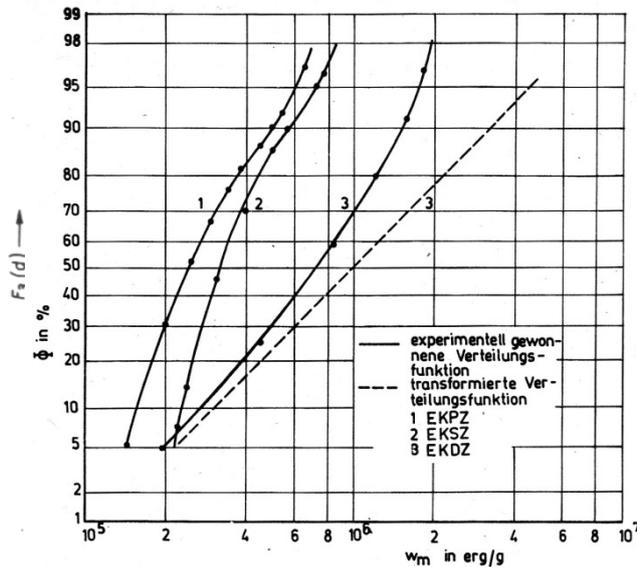


Abbildung 1 –  
Bruchwahrscheinlichkeitsverteilungen  
(links, [2]) bei Druck- (EKDZ), Schlag- (EKSZ)  
und Prallbeanspruchung von Tonpellets  
(12,5 mm) sowie  
Bruchstückgrößenverteilungen (rechts, [4])  
von Glaskugeln (Parameter: massebezogene  
Zerkleinerungsenergie  $W_m$ )

Bei der Zerkleinerung unregelmäßig geformter Partikel zeigten u.a. K. Klotz [5] und M. Wedekind [6], dass diese Beschreibungsform versagt. Jedoch konnten mittels Spektralzerlegung der Bruchstückgrößenverteilung

Mischverteilungen mehrerer statistischer Teilkollektive gefunden werden, welche wiederum dreiparametrischen Normverteilungen mit oberer Grenze folgen. Die Anzahl der Teilkollektive nimmt dabei mit sinkender Ausgangspartikelgröße ab, die Verteilungen selbst sind allerdings unabhängig von der Partikelgröße des Ausgangsmaterials [7, 8]. Dünnschliffuntersuchungen ergaben weiterhin, dass die Größenverteilung des feinsten Teilkollektivs der Größenverteilung der Primärpartikel im Mineralgefüge entspricht [9]. Und zwar nimmt der Medianwert des größten Teilkollektivs mit steigender Beanspruchungsintensität ab, alle weiteren Verteilungsparameter der Teilkollektive sind jedoch unabhängig vom Energieeintrag. Aus diesem Grund kann der Zerkleinerungsfortschritt im Wesentlichen einfach durch die Veränderung der Masse-anteile der Teilkollektive beschrieben werden [10].

Die Freiburger Zerkleinerungsschule

Ehrevortrag  
Zerkleinerung 3/5  
Tandemvortrag

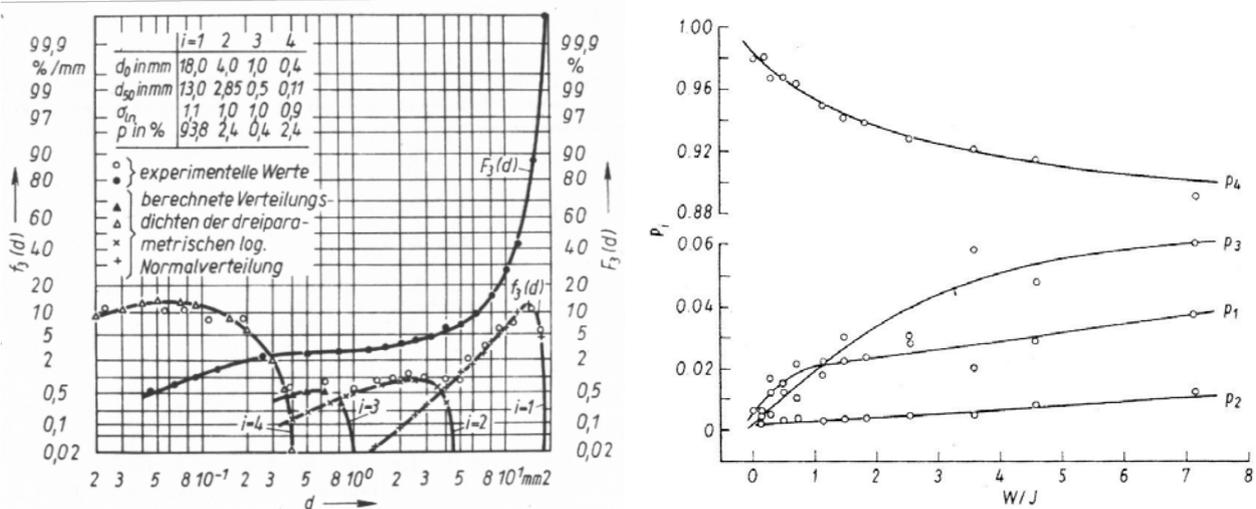


Abbildung 2 – Bruchfunktion (links) von Quarzitpartikeln samt Teilkollektiven sowie Änderung (rechts, ) der Masseanteile der Teilkollektive (Zerkleinerungskinetik) bei steigendem Energieeintrag [4]

Bei der Beanspruchung von Körnerkollektiven (Mehrkornschichten) unregelmäßig geformter Partikel konnte J. Hanisch zeigen, dass die Bruchstückgrößenverteilungen ebenfalls durch Mischverteilungen dargestellt werden können [11], wobei jedes dieser Teilkollektive einer dreiparametrischen logarithmischen Normalverteilung entspricht [8, 12-15]: Das feinste Teilkollektiv spiegelt die Oberflächen- und Gefügestruktur des Ausgangsmaterials wider und entsteht vorwiegend an den Kontaktstellen der Partikel sowie entlang der Bruchflächen [13].

Die Partikel des größten Teilkollektivs entsprechen der Größenordnung des Ausgangsmaterials, die des mittleren Teilkollektivs Abbrüchen von Ecken und Kanten. Da die Verteilungsparameter der Teilkollektive weitestgehend unabhängig vom Energieeintrag sind, war es damit erstmals möglich, den Zerkleinerungsfortschritt allein als Zusammenhang zwischen den Masseanteilen der Teilkollektive und dem Energieeintrag darzustellen. „Die Veränderung der Mischverteilungen vollzieht sich [somit] mit wachsender Zerkleinerungsenergie über die Verminderung des Masseanteils [...] des jeweils größten Kollektivs und eine entsprechende Zunahme der Anteile der feineren Teilkollektive.“ [16]

<b>Die Freiburger Zerkleinerungsschule</b>	<b>Ehrevortrag</b> <b>Zerkleinerung 4/5</b> <b>Tandemvortrag</b>
--	--

Allen Arbeiten der „Freiberger Schule“ Heinrich Schuberts lag das Bestreben zugrunde, die Mikroprozesse der Zerkleinerung mit physikalisch begründeten Modellen zu beschreiben. Dieses Bestreben bildet bis heute in Freiberg die Grundlage für weitere wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiet der Zerkleinerung. Neben Arbeiten zum Zerkleinerungsverhalten nicht-spröde brechender Materialien unter Prof. G. Schubert [17-20] stellt dabei die Gutbettzerkleinerung aufgrund der komplexen Wechselwirkungen der dort nach- und nebeneinander ablaufenden Mikroprozesse einen Schwerpunkt dar [10, 21, 22]. Denn obwohl die Gutbettzerkleinerung das Zerkleinern eines Aufgabematerials zum Ziel hat, finden bei ihr prozessbestimmende Umlagerungs- und Fließvorgänge statt, die mit steigender Beanspruchungsintensität in eine starke Verdichtung des Materials und erst damit verbunden in Bruchvorgänge übergehen.

Mit der derzeit weltweit angestrebten Prozessintensivierung kommt die Fokussierung auf die Bruchvorgänge allein an Grenzen, welche den Bau größerer Zerkleinerungsmaschinen (z.B. Gutbettwalzenmühlen oder Walzenschüsselmühlen) oder eine Durchsatzhöhung durch schlicht schneller laufende Antriebe einschränkt [23]. Gerade letzteres führt zu Betriebsstörungen wie dem Rattern, d.h. einem gestörtem Materialeinzug verbunden mit einem unkontrollierten Aufeinanderschlagen der Beanspruchungsorgane und damit höheren Walzenverschleiß, da der beschleunigte Materialeinzug dem Material nur noch unzureichend Zeit lässt zu entlüften. Neben der Modellierung der Zerkleinerung an sich [24] und damit verbundener Änderungen in den Verwachsungsverhältnissen [25] sind somit auch Fragen des Verdichtungsverhaltens [26, 27] sowie der Durchströmbarkeit von Schüttungen [28] von grundlegendem Interesse für eine moderne Zerkleinerungsforschung.

## Literatur

- [1] B. Buss: Verwendung mehrparametrischer logarithmischer Normalverteilungen zur Darstellung der Korngrößenverteilungen von Zerkleinerungsprodukten. Freiburger Forschungshefte **A560** (1976) 7-28
- [2] P. May: Einzelkornzerkleinerung von spröden Stoffen. Freiburger Forschungshefte **A 550** (1974) 85-179
- [3] S. Baumgardt: Beitrag zur Einzelkornzerkleinerung spröder Stoffe. Freiburger Forschungshefte **A 560** (1976) 29-106
- [4] H. Schubert: Die Herausbildung der Partikeltechnologie - ein bedeutsamer wissenschaftlicher Integrationsprozeß. Freiburger Forschungshefte **A700** (1985) 11-32
- [5] K. Klotz, H. Schubert: Crushing of single irregularly shaped particles by compression: size distribution of progeny particles. Powder Technology **32** (1982) 1, 129-137
- [6] M. Wedekind, H. Schubert: Zum Einfluss der Stoffart und Kornform auf die Bruchfunktion bei der Einzelkornzerkleinerung. Aufbereitungstechnik **14** (1984) 5, 184-188
- [7] K. Klotz, H. Schubert: Crushing of single irregularly shaped particles by compression: Size distribution of progeny particles. Powder Technology **32** (1982) 1, 129-137
- [8] J. Hanisch, H. Schubert: Comminution of Irregularly Shaped Particles by Slow Compression: Interpretation of the Size Distributions of Progeny Particles as Mixed Distributions. Particle Characterization **1** (1984) 74-77
- [9] M. Wedekind, H. Schubert: Zum Einfluß der Stoffart und Kornform auf die Bruchfunktion bei der Einzelkornzerkleinerung. Neue Bergbautechnik **14** (1984) 5, 184-188
- [10] A. Q. Nguyen: Zerkleinerung von druckbeanspruchten feinsten Gutbetten. Dissertation. TU Bergakademie Freiberg, 2002
- [11] J. Hanisch et al.: Zur graphisch-numerischen Zerlegung von Mischverteilungen am Beispiel von Korngrößenverteilungen. Freiburger Forschungshefte **A700** (1985) 109-119

<b>Die Freiburger Zerkleinerungsschule</b>	<b>Ehrevortrag</b> <b>Zerkleinerung 5/5</b> <b>Tandemvortrag</b>
--	--

- [12] B. Buss et al.: Über das Zerkleinerungsverhalten seitlich begrenzter und nicht-begrenzten Kornschichten bei Druckbeanspruchung. *Neue Bergbautechnik* **12** (1982) 5, 277-282
- [13] J. Hanisch: Untersuchungen zur Druckbeanspruchung von nicht allseitig begrenzten Kornschichten unter Variation der Beanspruchungsgeometrie. Dissertation. Bergakademie Freiberg, 1984
- [14] J. Hanisch, H. Schubert: Zur Druckbeanspruchung von seitlich nicht begrenzten Kornschichten. Europäisches Symposium Particle Technology, 1980
- [15] J. Hanisch, H. Schubert: Druckzerkleinerung von Kornschichten. *Aufbereitungstechnik* **27** (1986) 10, 535-540
- [16] H. Schubert: Aufbereitung fester mineralischer Rohstoffe, Bd. I, 4. Aufl. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1989,
- [17] G. Schubert: Aufbereitung metallischer Sekundärrohstoffe, Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1983,
- [18] S. Sander: Grundlagen der Zerkleinerung in Hammerreißern. Dissertation. TU Bergakademie Freiberg, 2003
- [19] G. Timmel: Zerkleinerung von Metallen in Shreddern mit vertikalem Rotor Dissertation. TU Bergakademie Freiberg, 2001
- [20] D. Woldt: Zerkleinerung nicht-spröder Stoffe in Rotorscheren und -reißern. Dissertation. TU Bergakademie Freiberg, 2004
- [21] W. Oettel: Untersuchungen zum Zusammenhang von Verdichtung und Zerkleinerung bei der einmaligen Beanspruchung feinkörniger Gutbetten und Einfluß eines organischen Zusatzstoffes. Dissertation. TU Bergakademie Freiberg, 2002
- [22] T. Mütze: Geschwindigkeitseinfluss bei der Druckbeanspruchung von Gutbetten. Dissertation. TU Bergakademie Freiberg, 2011
- [23] T. Mütze, K. Husemann: Compressive stress: Effect of stress velocity on confined particle bed comminution. *Chemical Engineering Research and Design* **86** (2008) 4, 379-383
- [24] T. Mütze: Modelling the stress behaviour in particle bed comminution. *International Journal of Mineral Processing* **156** (2016) 14-23
- [25] T. Leißner: Beitrag zur Kennzeichnung von Aufschluss- und Trennerfolg am Beispiel der Magnetscheidung, A 919, Freiberg: Technische Universität Bergakademie Freiberg 2016,
- [26] T. Mütze: Modeling and parameter study of the elastic-plastic deformation. 7th International Conference for Conveying and Handling of Particulate Solids - CHoPS 2012, Friedrichshafen, 2012
- [27] L. Schützenmeister et al.: Modellierung des Verdichtungsverhaltens von Zementklinker. *Aufbereitung und Recycling*, Freiberg, 2017
- [28] T. Fraszczak et al.: Erzeugen hochwertig-permeabler Dolomitkörnungen für den Brennprozess. *Aufbereitung und Recycling*, Freiberg, 2017

Die Freiburger Forschung zur Flotation unter Leitung von Prof. Heinrich Schubert und ihre Anwendung in der Industrie <sup>1</sup>		<b>Ehrevortrag</b> <b>Flotation</b> <b>Tandemvortrag</b>
A Fine Future – Why Flotation is still a Freiberg research topic after Schubert and Schulze <sup>2</sup>		
Autoren/ Referenten:	Dr.-Ing. Wolfgang Schubert <sup>1</sup> Dr.-Ing. Martin Rudolph <sup>2*</sup>	
E-Mail:	Wolfgang.Schubert( at )kronosww.com m.rudolph( at )hzdr.de	
Institution:	Titania A/S - Norwegen <sup>1</sup> Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Helmholtz Institute Freiberg for Resource Technology <sup>2</sup>	

**Dr.-Ing. Wolfgang Schubert:**

Selten hat ein Industrieauftrag derart große Impulse für die Ingenieurwissenschaften ausgelöst wie jener aus den 60er Jahren. Die damalige Kaliindustrie war an den Freiburger Lehrstuhl für Aufbereitung, welcher unter Leitung von Prof. Heinrich Schubert stand, mit der Bitte herangetreten, Mitverfahrensträger der Aufbereitungstechnologie in Zielitz zu werden. Das Zielitzer Kaliwerk befand sich gerade im Aufbau und es mussten wichtige Fragen zur Zerkleinerung, Klassierung und vor allem zum Trennprozess geklärt werden.

Es standen zwei Trennprozesse zur Auswahl: der traditionelle Heißlöseprozess und die moderne kationaktive Aminflotation. Die fachliche Kompetenz von Prof. Heinrich Schubert war schon damals sehr gefragt und das Entscheidungsgremium entschied sich dann richtig für die Flotation aus ökonomischen, aber auch aus Umweltschutzgründen. Diese Entscheidung war sicherlich nicht leicht gefallen, denn im europäischen Raum existierte bis dahin noch keine Kalisalz-Flotationsaufbereitung dieser Größenordnung mit diesen hohen Produktqualitätsanforderungen. Um ein effektives selektives Reagenzregime aufzustellen, wurden in Freiberg die Mechanismen der selektiven Adsorption von Aminen an NaCl und KCl untersucht und aufgeklärt. Dabei wurde die bedeutende Rolle der Assoziation der unpolaren Gruppen bei der Sammleradsorption von Prof. Heinrich Schubert entdeckt.

Ein zweites Wagnis war die Entscheidung zur Grobkornflotation. Das Zielitzer Salz war bei einer Korngröße von 1 mm schon nahezu vollständig aufgeschlossen. Eine Zerkleinerung auf die damals üblichen Korngrößen von 0,4-0,8 mm kam damit nicht in Frage. Es musste im Bereich bis 1 mm flотиert werden. Dies führte zu den Freiburger Forschungen zur Turbulenz und deren Einfluss auf die Hydrodynamik, die wiederum die Flotierbarkeit unterschiedlicher Korngrößen bestimmt. Prinzipien zur Prozessführung der Fein- und Grobkornflotation wurden erarbeitet. Zusammen mit der Kaliforschung wurden unterschiedliche Rotor-Stator-Systeme getestet und entsprechend zur Fein- und Grobkornflotation empfohlen. Startete die Zielitzer Flotation mit damals beachtlichen 6 m<sup>3</sup>-Zellen, so sind heute weltweit 300 m<sup>3</sup> keine Seltenheit mehr und das Maximum steht bei 700 m<sup>3</sup>. Diese großen Zellen berücksichtigen die Erkenntnisse der Flotationshydrodynamik, deren Grundlagen von Prof. Heinrich Schubert und seinen Mitarbeitern herausgearbeitet wurden.

Das Zielitzer Werk wurde zum "Flaggschiff" im Kalikombinat und behielt diese Position auch nach der Vereinigung mit der K+S. Der Freiburger Lehrstuhl unter Leitung von Prof. Heinrich Schubert hat daran einen bedeutenden Anteil.

Die Freiburger Forschung zur Flotation unter Leitung von Prof. Heinrich Schubert und ihre Anwendung in der Industrie <sup>1</sup>	<b>Ehrevortrag</b>
A Fine Future – Why Flotation is still a Freiberg research topic after Schubert and Schulze <sup>2</sup>	<b>Flotation</b> <b>Tandemvortrag</b>

**Dr.-Ing. Martin Rudolph:**

With sadness, on this year's "FIA conference" we are saying farewell to a great academic in mineral processing Prof. Heinrich Schubert who passed away at the age of 92 years on April 9 2018.

From 2013 on, I have had the pleasure to regularly interact with Prof. Schubert on the occasion of co-supervision of his last PhD student and minerals engineer from Vietnam Mr. Duong Huu Hoang. Both Duong and I enjoyed very much learning about the focus Prof. Schubert developed in flotation research and his impact in flotation science worldwide. Through these meetings, it was so much easier for my team and I to set up a new flotation lab in Freiberg, a focus in mineral processing research at the 2011 founded Helmholtz Institute Freiberg for Resource Technology (HIF). At various international conferences, including IMPCs in 2012 and 2016 and MEI Flotation 2013, 2015 and 2017 as well as by visitors to our institute by famous scientists like Prof. Roe-Hoan Yoon, we learned to appreciate the impact of Freiberg flotation research by Prof. Heinrich Schubert and as well by Dr. Hans Joachim Schulze, who unfortunately passed away in 2003 and whom I never got to meet.

Even though flotation, patented in 1877 in Dresden, Germany, is not the only unit operation and solution to separating all the valuable fine particles in the world, it is still a process of great importance in times of digitization, circular economy, energy transition and complexation of man-made materials with its demand in mineral and metalliferous raw materials. Research in flotation is needed to meet the challenges of the future for sustainable economies and improvements in life quality to help making the future of finely disseminated materials "a fine future". New analytical tools, like the atomic force microscope or the methods of automated mineralogy offer a better understanding of and thus ways to improve the heterocoagulation separation of fine particles. Hence, it was the right decision to reestablish this fascinating topic in the German and European research environment. In this presentation as part of a tandem with Dr. Wolfgang Schubert (Kronos, we will highlight important findings and developments in flotation science at the HIF since 2012. We will focus on the topics:

- Ultrafine particle flotation,
- Complex polymetallic resources,
- Flotation in treatment of spent Lithium Ion Batteries residues,
- Bioflotation,
- Water management and
- Basic Research into mineral interfaces.

Prof. H. Schubert – Initiator der Freiburger Schule zum Recycling-Thema Aufbereitung sekundärer Rohstoffe - <i>Teil 1</i> <sup>1</sup>		<b>Ehrevortrag Recycling Tandemvortrag</b>
Prof. H. Schubert – Initiator der Freiburger Schule zum Recycling-Thema Aufbereitung sekundärer Rohstoffe – (Schrottaufbereitung) – <i>Teil 2</i> <sup>2</sup>		
Autoren/ Referenten:	Prof. Dr.-Ing. Sylvia Dannewitz <sup>1</sup> Dr.-Ing. H.-Georg Jäckel <sup>2</sup>	
E-Mail:	sylvia.dannewitz( at )hs-nordhausen.de hjaeckel( at )iam.tu-freiberg.de	
Institution:	Hochschule Nordhausen <sup>1</sup> TU Bergakademie Freiberg (IMB-RM) <sup>2</sup>	

**Prof.-Dr.-Ing. Sylvia Dannewitz:**

Professor Heinrich Schubert prägte mein Leben über ein Jahrzehnt (1982-1993) im Rahmen des Studiums der Aufbereitungstechnik und meiner Promotion zur Spatflotation. Wie wichtig die Kooperation mit Wissenschafts- und Praxispartnern ist, lernte ich bei Prof. H. Schubert, denn er war bestens in der Wirtschaft als auch international vernetzt. Schließlich möchte ich hervorheben, dass Herr Professor H. Schubert besonders auch die Förderung von Frauen unterstützte und mir persönlich somit die kooperative Promotion mit der TU Clausthal ermöglichte. Schon während des Studiums hat uns Professor H. Schubert die Bedeutung des Recyclings zur Rohstoffsicherung vermittelt. Auf seine Initiative hin wurde dann später auch der Lehrstuhl von Prof. Gert Schubert zur Aufbereitung metallischer Sekundärrohstoffe installiert. Ausgestattet mit einem an der Bergakademie erworbenen soliden und breiten Wissensfundament habe ich mich frühzeitig nach der Wende auf das Fachgebiet des Recyclings orientiert und einige Jahre in einem Ingenieurbüro sowie an Hochschulen (Bauhaus-Uni Weimar, FH Jena) zu diesen Themen gearbeitet. Mit Neugründung der FH Nordhausen im Jahr 1997 und meiner Berufung zum ersten Professor dieser Hochschule im März 1999 habe ich die Chance genutzt, den Studiengang Umwelt- u. Recyclingtechnik zu etablieren, der die Nutzung von Abfall als wichtige Rohstoffressource zum Inhalt hat. Im Mittelpunkt steht die effizientere Nutzung der Abfälle sowohl in stofflicher als auch in energetischer Hinsicht. Zudem wird großer Wert auf Praxisnähe gelegt, was sich in der intensiven Ausbildung im Rahmen von Laborpraktika widerspiegelt. Von Beginn an hatten Forschungsprojekte mit Praxispartnern zur Aufbereitung von gemischten Siedlungsabfällen, zum Stoff- sowie Flächenrecycling höchste Priorität. Zudem richtet unsere Hochschule seit 10 Jahren den Nordhäuser Sekundärrohstoff-Workshop aus. Besonders erfolgreich stellt sich die Kooperation mit der TU Clausthal dar, wo die gemeinsame Bewerbung im Rahmen eines größeren Konsortiums zu Zwanzig 20 mit der Thematik „Recycling 2.0 – die Wertstoffwende“ den Durchbruch auch für unsere kleine Hochschule bei den Bundesfördermittelgebern brachte. Diese Initialzündung führte schließlich über viele weitere Etappen zur jetzigen Recycling-Region Harz und zur Schaffung eines Forschungszentrums an der HS Nordhausen, dem zukünftigen ThWert (Thüringer Innovationszentrum Wertstoffe). Die Rohstoffsicherung allgemein und unabhängig von primären oder sekundären Quellen ist ganz klar eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung. So wird auch der Bürger selbst in Zukunft eine noch größere Rolle bei der Rohstoffsicherung spielen. Deutlich wird dies z. B. bei der Rückführungsquote von Elektroaltgeräten. Deshalb spielt in unseren Konzepten auch die Förderung der Recycling-Kompetenz von Kindern und Jugendlichen eine besondere Rolle. Regional bedingt beschäftigen wir uns aktuell verstärkt mit dem Gips-Recycling als Chance für den Südharz.

Besonders die Tagung Aufbereitung und Recycling in Freiberg ermöglichte mir das jährliche Wiedersehen mit Professor Heinrich Schubert. Stets betonte er im Rahmen der Diskussion meiner Vorträge die Bedeutung dieser Recyclingthemen. Bis zuletzt waren seine Fachbeiträge geprägt von Ideenreichtum und Schaffenskraft. Als Wegbereiter bin ich Professor Heinrich Schubert zu großem Dank verpflichtet und werde in seinem Sinn weiterarbeiten.

Prof. H. Schubert – Initiator der Freiburger Schule zum Recycling-Thema Aufbereitung sekundärer Rohstoffe - <u>Teil 1</u> <sup>1</sup>	<b>Ehrevortrag Recycling T. 2 1/2 Tandemvortrag</b>
Prof. H. Schubert – Initiator der Freiburger Schule zum Recycling-Thema Aufbereitung sekundärer Rohstoffe –(Schrottaufbereitung) – <u>Teil 2</u> <sup>2</sup>	

**Dr.-Ing. H.-Georg Jäckel:**

Wie wichtig das Wirken von *Prof. Heinrich Schubert* für die Ausprägung des Denkens und nachfolgend für die Gestaltung der Lebensläufe einer ganzen Generation von aufbereitungstechnischen Wissenschaftlern und Praktikern war, kann ich nur bestätigen. Es ist zu beobachten, dass seine Schüler es durchweg zu respektablen Karrieren gebracht haben und die meisten mit einem Gemisch aus Ehrfurcht und Dankbarkeit an die Institutszeit und den Chef zurückdenken.

Als Aufbereitungsmaschinenbauer war ich allerdings nie sein direkter Schüler – sondern „nur“ ein Schüler seines Schülers, *Prof. Gert Schubert*. Infolgedessen nahm die Umformatierung zum prozessbezogenen Denken auch wesentlich mehr Zeit in Anspruch. Diesen Unterschied in der Herangehensweise an aufbereitungstechnische Probleme habe ich erst sehr viel später begriffen. Nichtsdestotrotz habe ich speziell in den zerkleinerungsrelevanten Fragestellungen aber auch sehr von meiner maschinentechnischen Prägung profitieren können. Diese Position – quasi als Wanderer zwischen beiden Welten - habe ich immer sehr geschätzt und dafür bin auch ich sehr dankbar.

Als Visionär hatte *Prof. Heinrich Schubert* bereits sehr früh angeregt, sich mit dem Thema „Metallische Sekundärrohstoffe“ zu beschäftigen. Und das zu einem Zeitpunkt als im gesamtdeutschen Raum Recycling noch ein Fremdwort war und mit „z“ geschrieben wurde. Folgerichtig ließ er seinen damaligen Absolventen, *Gert Schubert*, bei Wind und Wetter über ostdeutsche Schrottplätze robben, um Technologien der Metallrückgewinnung für die stets notorisch knappe DDR-Rohstoffbasis zu entwickeln. Die erste Elektronikschrottaufbereitungsanlage, wahrscheinlich europaweit, wurde deshalb in Berlin-Hoppegarten bereits 1967 in Betrieb genommen. *Prof. Heinrich Schubert* begleitete die diversen Recyclingvorhaben stets aufmerksam. Er war auch nach seiner Emeritierung am Institut für MVTAT der TU Bergakademie präsent und stand mit seinen Erfahrungen für Richtungsdiskussionen zur Verfügung.

Der Erfolg des Konzeptes bewirkte im Weiteren einen konsequenten Ausbau der Schrottaktivitäten, der nach der Wende in einem eigenen Lehrstuhl „Aufbereitungstechnik und Recycling“ mündete. Dieser Lehrstuhl unter Leitung von *Prof. Gert Schubert* entwickelte sich von 1992 bis zu seiner Emeritierung 2005 zu einem auch international anerkannten Erfahrungsträger in Sachen Metallzerkleinerung und Sortierung metallhaltiger Sekundärrohstoff-Gemische. Insbesondere die Dissertationen aus dem genannten Zeitraum (u.a. *Kirchner, Timmel, Sander, Woldt*) zeichnen sich durch eine ungewöhnliche Datenvielfalt und Präzision aus, wobei puzzleartig an einem Gesamtbild des Phänomens „Metallzerkleinerung“ gearbeitet wurde. Diese Herangehensweise, eine prinzipielle Grundvorstellung vom Prozess in klärbare Einzelschritte zu zerlegen, separat zu untersuchen und zu einem Gesamtverständnis zusammenzufügen ist m.E. das Fundament der sog. „Freiberger Schule“ von *Prof. Heinrich Schubert* und begründete seine einstige Weltgeltung auf vielen Forschungsgebieten.

Prof. H. Schubert – Initiator der Freiburger Schule zum Recycling-Thema Aufbereitung sekundärer Rohstoffe - <u>Teil 1</u>	<b>Ehrevortrag Recycling T. 2 2/2 Tandemvortrag</b>
Prof. H. Schubert – Initiator der Freiburger Schule zum Recycling-Thema Aufbereitung sekundärer Rohstoffe –(Schrottaufbereitung) – <u>Teil 2</u>	

Diese Art der Akkumulierung von prozesstechnischem Grundwissen an den Hochschulen ist in den vergangenen Jahren leider vielfach auf der Strecke geblieben. Der Grund scheint zum einen eine Umorientierung auf spezielle industrieferne Leistungskennzahlen zur Bewertung der Hochschulinstitute, wie Anzahl internationaler Veröffentlichungen, Drittmiteinnahmen u.a., zu sein. Zum anderen wird das erarbeitete Prozesswissen nach Abgabe der Dissertation mit den befristet eingestellten Promovenden in die Wirtschaft entlassen und „verschwindet“ damit praktisch aus dem Erfahrungsschatz der Hochschulen.

Die Bemühungen die Recycling-Aktivitäten im Sinne der „Altvorderen“ hochzuhalten, führten 2005 zur Angliederung als Arbeitsgruppe „Recycling“ an das IAM (Prof. Unland, Dr. Folgner). 2013 erfolgte die Installation eines separaten Lehrstuhles „Recyclingmaschinen“ am Institut für Maschinenbau. Mit dem studentischen Potential der Vertiefungsrichtung „Recycling“ des Studienganges „Umwelt-Engineering“ wurden eine Vielzahl von Aufgabenstellungen aus der mittelständigen Schrottindustrie betreut (s. **Tab. 1**).

**Tab. 1:** Übersicht der studentischen Arbeiten zu Recyclingthemen

Student. Arbeiten	Institut/ Leiter	Literaturarbeit	Studienarbeit	IPA	BA	PA	DA	MA	Diss.	Summe	
										[-]	ges. [%]
1993-2005	MVTAT/ATRec (Prof. G. Schubert)	22	6	24	0	2	32	0	0	86	33,9
2006-2012	IAM (Prof. Unland, Dr. Folgner)	9	12	0	20	5	15	0	0	61	24,0
2013-2018	IMB-RM (Dr. Jäckel)	0	13	1	30	16	4	41	2	107	42,1
	<b>insgesamt</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>23</b>	<b>51</b>	<b>41</b>	<b>2</b>	<b>254</b>	<b>100,0</b>
		12,2	12,2	9,8	19,7	9,1	20,1	16,1	0,8		100,0
				<b>Zwischenabschluss</b>			<b>Abschlussarbeiten</b>				
				<b>29,5</b>			<b>36,2</b>				

Als Fazit ergibt sich, dass im Laufe der Jahre ca. 250 studentische Arbeiten mit Recycling-Aufgabenstellungen bearbeitet wurden. Allein zur Begleitung der Aufbauaktivitäten für eines der europaweit leistungsfähigsten Recyclingcenter für Altfahrzeugschrotte in Espenhain bei Leipzig (Fa. SCHOLZ Recycling; SRW metalfloat) erfolgten ca. 50 studentische Arbeiten seit 2003. Über 40 % davon wurden dabei innerhalb der letzten 5 Jahre im Rahmen des MB-Lehrstuhles „Recyclingmaschinen“ abgeschlossen. Auf Grund der starken Nachfrage der Recyclingbranche nach geeigneten Absolventen sind deren Einstiegsaussichten als sehr gut zu bezeichnen.

Mit der Abwicklung des IMB-RM in 2019 und der Umwandlung zum Lehrstuhl „Vernetzte mobile Arbeitsmaschinen“ wird allerdings ein Schlussstrich unter die bisher erfolgreiche Entwicklung gezogen. Es bleibt daher abzuwarten, wie es mit der anwendungsorientierten, mechanischen Sekundärrohstoff-Aufbereitung („Recycling“) an der TU BAF zukünftig weiter gehen wird.

<b>Recycling CF-haltiger Leichtbauverbunde – Kreislaufführung um jeden Preis?</b>		<b>Vortrag 1</b>
Autoren:	M.Sc. Dorothea Hamann; Dr.-Ing. Hans-Georg Jäckel	
Referentin:	<b>M.Sc. Dorothea Hamann</b>	
E-Mail:	Dorothea.Hamann ( at ) imb.tu-freiberg.de	
Institution:	TU Bergakademie Freiberg - IMB/RM	

Die mechanische Aufbereitung (Recycling) der fein- und feinststrukturierten Werkstoffverbunde stellt die traditionell auf die Rückgewinnung der vergleichsweise großen Mengen an metallischen Konstruktionswerkstoffen (Stahl, NE-Metalle) orientierten Recyclingunternehmen vor immer größere Probleme. Mit der Veränderung der Aufkommensstruktur der Konsumtionsschrotte (Mengen, Zusammensetzung) insbesondere durch die modernen Leichtbautechnologien (Elektromobilität) sind zukünftig erhebliche Veränderungen der Recyclingtechnologien zu erwarten. Die in diesem Zusammenhang erforderliche Aufbereitungstiefe lässt sich mit den aktuell verfügbaren Zerkleinerungs- und Sortiertechniken immer schwieriger wirtschaftlich darstellen. Die daraus resultierenden Recyclinganlagen werden aus verschiedenen Gründen mittelfristig an ihre technischen, ökologischen und dadurch wirtschaftlichen Grenzen stoßen, weil immer geringere Mengen an immer diffiziler aufgebauten Strukturen unter Berücksichtigung stetig zunehmender Schadstoffinhalte recycelt werden müssen.

Ausgehend von den prinzipiellen Grenzen des Recyclings soll im Vortrag insbesondere auf die aktuellen aus dem Einsatz moderner Funktionswerkstoff-Verbunde (Bsp. CFK, CF-Beton) resultierenden Probleme bei der Kreislaufführung eingegangen werden. Wie einfache Modellrechnungen zur Kohlefaser-Verteilung in Leichtbau-Kunststoff- bzw. Baustoffprodukten zeigen, unterscheiden sich der Aufwand und damit die Wirtschaftlichkeit einer Rückgewinnung von Kohlefasern (CF) aus Produktions- bzw. Konsumtionsabfällen recht stark. Während die CF-Rückgewinnung aus weitestgehend sortenreinen CF-/CFK-Produktionsabfällen und deren Kreislaufführung unter günstigen Bedingungen ggf. noch als sinnvoll bezeichnet werden kann, ist die CF-Entfernung aus nur schwach CF-haltigen Gütern (End-of-Life-Abfälle) nur unter dem Aspekt einer Schadstoffentfrachtung akzeptabel. Dazu existieren aktuell jedoch nur stark eingeschränkte Möglichkeiten. Eine Kreislaufführung von minderen CF-Qualitäten „um jeden Preis“ sollte unter dem Gesichtspunkt einer unkontrollierten CF-Dissipation in alle Anwendungsbereiche („CF-Deponie im Bestand“) allerdings unterbleiben. Die Ausschleusung großer Mengen schwach CF-haltiger Abprodukte aus der CFK-Aufbereitung stellt damit zukünftig das eigentliche „Recycling-Problem“ dar. Abschließend wird hierfür ein neuartiger stofflicher Verwertungsansatz vorgestellt, der zusammen mit der Fa. SiC-Processing Deutschland GmbH Bautzen im Rahmen eines DBU-Projektes untersucht werden soll.

<b>Aufbereitete Braunkohlenfilterasche für baustoffliche Anwendungen - Verwertung mineralischer Reststoffe in der Praxis -</b>		<b>Vortrag 2</b>
Autor:	Dr. Sören Lottner	
Referent:	<b>Dr. Sören Lottner</b>	
E-Mail:	info ( at ) bifament.de	
Institution:	BiFa Bindemittel Filterasche GmbH Schkopau	

Die Wiederverwertung von industriellen Reststoffen und deren Nutzung als alternative Baustoffe ist ein vielversprechender Ansatz, um natürliche Ressourcen zu schonen, den Primärenergieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren und letztlich den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck damit hergestellter Bauprodukte und -systeme zu verringern.

Im Rahmen der Präsentation wird ein aus speziell aufbereiteten, kalkreichen Braunkohlenfilteraschen hergestellter Baustoff vorgestellt, der – bisher einmalig in Deutschland - im industriellen Maßstab produziert und in der Bauindustrie eingesetzt wird. Dieser neuartige Baustoff verfügt über zementähnliche Eigenschaften, die es ermöglichen, technisch gleichwertige Betone und Betonprodukte mit deutlich weniger Zement oder sogar komplett zementfrei und damit kostengünstiger und umweltfreundlicher herzustellen. Darüber hinaus ist dieser Baustoff aufgrund seiner stofflichen Zusammensetzung und der gezielten Aufbereitung in der Lage, nachteilige Eigenschaften, die für rein zementgebundene Anwendungen charakteristisch sind, gezielt zu verbessern. Dazu zählen u.a. die Reduzierung der Schwindneigung, die Verminderung von Ausblühungen, die Reduzierung der Wärmeentwicklung und die Erhöhung der Bindungskapazität für Schadstoffe.

Seit 2016 wird dieser Baustoff in einer industriellen Aufbereitungsanlage mit einer Kapazität von bis zu 150.000 Jahrestonnen in der Region Halle/Leipzig hergestellt und erfolgreich in den Bereichen Betonwaren, Betonsonderteile sowie Erd- und Tiefbau eingesetzt.

Seine Produktion und Anwendung sind ein demonstratives und erfolgreich in die Praxis umgesetztes Beispiel für umweltbewusstes und nachhaltiges Wirtschaften, wenn es um das Thema CO<sub>2</sub>-reduzierte Bauprodukte und Bauweisen sowie die konsequente Umsetzung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes im Sinne einer stofflichen Verwertung von Abfallstoffen geht.

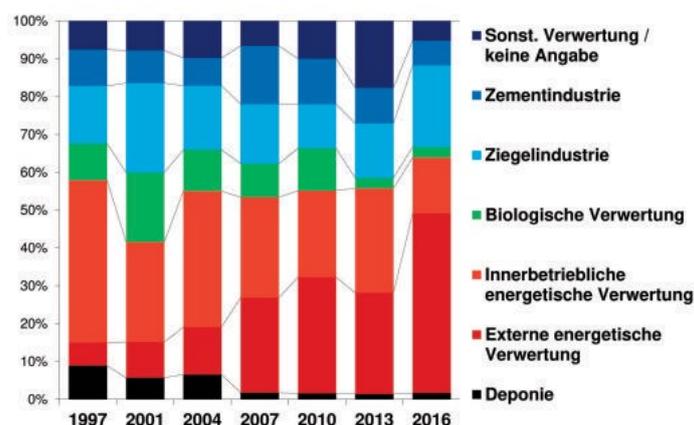
<b>Ist ein wirtschaftliches Recycling von mineralischen Füllstoffen aus Altpapier möglich?</b>		<b>Vortrag 3/1</b>
Autor:	Prof. Dr.-Ing. Samuel Schabel	
Referent:	<b>Prof. Dr.-Ing. Samuel Schabel</b>	
E-Mail:	schabel ( at ) papier.tu-darmstadt.de	
Institution:	TU Darmstadt - Fachgebiet Papierfabrikation und Mechanische Verfahrenstechnik	

### Hintergrund:

Papier hat den Ruf, sehr gut rezyklierbar zu sein und auch in hohem Maße rezykliert zu werden. Die offiziellen Recyclingquoten liegen für Deutschland über 70 %. Mit über 22 Mio. t Produktion ist Deutschland weltweit der viertgrößte Papierhersteller. Ein wichtiger Trend der letzten Jahre ist das starke Wachstum von Verpackungspapieren, die z. B. für den Versandhandel oder die global verteilte Produktion benötigt werden. Während vor mehr als 15 Jahren mineralische Füllstoffe hauptsächlich in Papierprodukten für grafische Anwendungen eingesetzt wurden, ist in den letzten 10 Jahren eine starke Zunahme des Füllstoffeinsatzes in Verpackungspapieren zu beobachten, da auch hier die Anforderungen an hochwertige, weiße, gute bedruckbare Oberflächen steigen. Aktuelle Untersuchungen unseres Institutes zeigen im Altpapier für grafische Papiere einen Ascheanteil von 24 %, aber auch im Altpapier von Verpackungen zwischen 17 und 20 %. Man spricht zwar von Papierrecycling - die mineralischen Füllstoffe, hauptsächlich CaCO<sub>3</sub>, zu kleineren Anteilen Kaolin, Talkum und andere - werden jedoch überwiegend nicht rezykliert. Bei etwa 17 Mio. t Altpapieranfall in Deutschland pro Jahr gibt es folglich derzeit für rund 3 Mio. t Recyclingfüllstoff keine vernünftige Nutzung, mit steigender Tendenz für die Mengen und steigenden Problemen für die Papierindustrie. Füllstoffe aus Altpapier sind dort eher unerwünscht.

### Problemstellung:

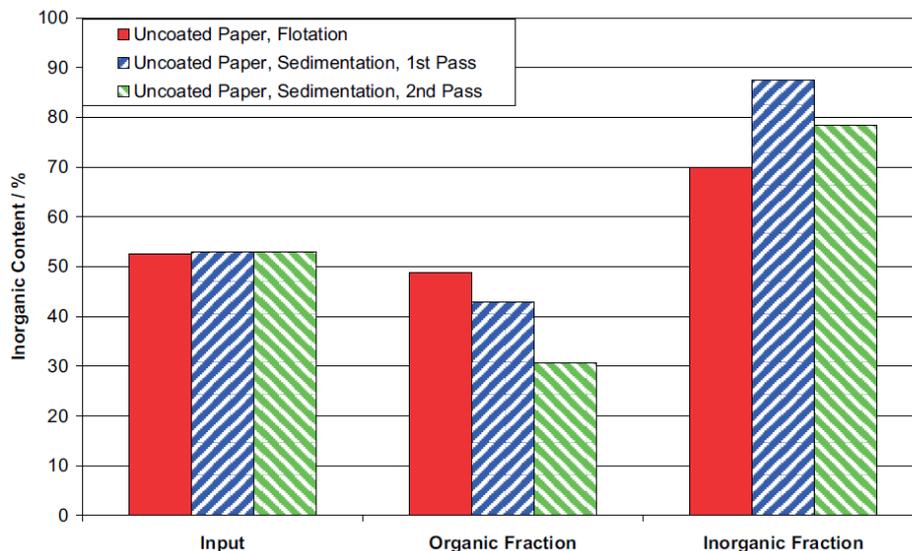
Bei der Verwendung von Altpapier für die Erstellung von neuen Papier finden in der sogenannten Stoffaufbereitung verschiedene Trennprozesse statt, um diejenigen Bestandteile aus dem Altpapier zu entfernen, die für das neue Papier nicht gebraucht werden. Dazu gehören insbesondere Druckfarben, Klebstoffe und eben auch die Füllstoffe. Die Abtrennung der mineralischen Füllstoffpartikel erfolgt in der Deinking-Flotation. Gemeinsam mit den Druckfarbenpartikeln, Klebstoffpartikeln und Faserresten gelangen die mineralischen Füllstoffe in den Deinkingschlamm. Dieser Schlamm hat nach der üblichen mechanischen Entwässerung einen Feuchtegehalt von etwa 50 % und der Feststoffanteil besteht zu etwa 50 % aus organischem Material und zur anderen Hälfte aus organischem Material bzw. Füllstoffen. Diese Reststoffe werden heute überwiegend thermisch entsorgt, wie in *Abbildung 1* dargestellt.



**Abbildung 1:** Verwertung von Reststoffen aus der Papierindustrie (Quelle: Wochenblatt für Papierfabrikation, 3/2018, S. 162)

<b><i>Ist ein wirtschaftliches Recycling von mineralischen Füllstoffen aus Altpapier möglich?</i></b>	<b>Vortrag 3/2</b>
Referent: : Prof. Dr.-Ing. Samuel Schabel	

Eine energetische Nutzung des organischen Materials ist dabei nicht möglich, da die Verdampfung der Restfeuchte im Schlamm mehr Energie benötigt als die organischen Bestandteile liefern. In wenigen wird die Restfeuchte mithilfe von überflüssiger, niederkalorischer Energie aus der Papierproduktion getrocknet. Zur Aufkonzentration der organischen bzw. der anorganischen Fraktion wurden schon verschiedenste Untersuchungen durchgeführt. Wir haben uns zum Beispiel mit der für die Sedimentation befasst. Exemplarische Ergebnisse in *Abbildung 2* dargestellt.



**Abbildung 2:** Auftrennung verschiedener Modellschlämme durch Sedimentation in eine organische und eine Anorganische Fraktion

In diesem Beispiel sieht man, dass die anorganische Fraktion auf eine Größenordnung von 80-85 % konzentriert werden kann. Entsprechende Untersuchungen wurden bisher allerdings nach unserem Kenntnisstand ausschließlich von „Papier affinen“ Forschungs-einrichtungen durchgeführt. Aufbereitungsexperten haben sich nach unserem Wissen noch nicht mit dem Thema befasst.

Die Vorteile einer Aufkonzentration der Fraktionen liegen auf der Hand: Eine konzentrierte organische Fraktion könnte zum Beispiel durch Fermentation oder Anaerobe Vergärung in Energie umgewandelt werden. Für eine Nutzung der mineralischen Bestandteile fehlen allerdings noch wirtschaftlich interessante Alternativen. Wie in *Abbildung eins* dargestellt wird heute ein nennenswerter Teil der Schlämme als Porosierungsmittel in der Ziegelindustrie eingesetzt oder über die Zementindustrie „entsorgt“.

<b><i>Ist ein wirtschaftliches Recycling von mineralischen Füllstoffen aus Altpapier möglich?</i></b>	<b>Vortrag</b> <b>3/3</b>
Referent: : Prof. Dr.-Ing. Samuel Schabel	

### **Bisherige Ansätze**

Bisher wurden schon viele Ansätze untersucht, um die Schlämme in Produkten wieder zu nutzen. Dabei sind unter anderem:

- Herstellung von absorbierenden Materialien (z. B. Ölbindemittel),
- Tierstreuersatz,
- Füllstoffe/ Beimengungen für „wood-plastics-composites“, oder Thermoplaste
- Isolierstoff,
- Vergasung,
- Pyrolyse.

Ansätze, die sich auch wirtschaftlich realisieren lassen, wurden bisher jedoch nicht gefunden. Die größten Probleme ergaben sich aus:

- der unzureichenden Trennung der organischen und anorganischen Fraktion,
- der Verunreinigung der mineralischen Füllstoffe durch Absorption von Druckfarben und anderen Substanzen an der Oberfläche, die dann zu einer Vergrößerung dieser Füllstoffe führen,
- fehlenden Möglichkeiten, die mineralischen Füllstoffe in verschiedene Stoffgruppen aufzutrennen (zum Beispiel CaCO<sub>3</sub>, Kaolin, etc.).

### **Ziel**

Intention des Vortrages ist es, die Problemstellung und die bisher nur mäßig erfolgreichen Ansätze aufzuzeigen und Experten der Aufbereitungstechnik bzw. der mechanischen Verfahrenstechnik vorzustellen und eine Diskussion anzuregen, die vielleicht zu neuen Ideen und Konzepten für die wirtschaftliche Nutzung dieses Materials führt.

<b>Charakteristische Prozessdaten der Bergevorabscheidung mittels sensor-gestützter Sortierung</b>		<b>Vortrag 4</b>
Autoren:	Dr. Christopher Robben, Aysa Moslemeyikan	
Referent:	<b>Dr. Christopher Robben</b>	
E-Mail:	Christopher.Robben ( at ) tomra.com	
Institution:	TOMRA Sorting Solutions I mining	

Die sensor-gestützte Sortierung von Erzen erfährt zunehmend Beachtung in verschiedenen Anwendungen. Unter anderem die erfolgreichen Installationen in der Aufbereitung von alluvialen und kimberlitischen Diamanterzen finden medienwirksamen Anklang, da außergewöhnliche Diamanten gefunden und auf den Markt gebracht wurden.

Aber auch in anderen Anwendungen entwickelt sich sensor-gestützte Sortierung zu einem Standardprozess. Hierzu gehören unter anderem die Aufbereitung von Wolfram, Zinn und Golderzen.

Der Vortrag soll das typische Verhalten einer sensor-gestützten Sortieranlage anhand von drei Anwendungsbeispielen in den oben genannten Anwendungen beschreiben und zur Diskussion anreizen, welche Auswirkungen sich daraus für den Betrieb und die Planung von Aufbereitungsanlagen ergeben

<b>Konzepte zur explosionsgeschützten Auslegung von Anlagen zur Feinstvermahlung organischer Substanzen</b>		<b>Vortrag 5/1</b>
Autoren:	Dr.-Ing. Stefan Jäckel; B.Sc. Raphael Sperberg	
Referent:	<b>Dr.-Ing. Stefan Jäckel</b>	
E-Mail:	s.jaeckel ( at ) jehmlich.info	
Institution:	Gebrüder Jehmlich GmbH	

Bei der Herstellung und Aufbereitung organischer, trockener und pulverförmiger Substanzen können explosionsfähige Staubatmosphären entstehen. Als Hersteller von industrieller Zerkleinerungstechnik ist das Unternehmen Gebrüder Jehmlich GmbH gemäß der sogenannten ATEX-Richtlinie 2014/34/EU verpflichtet, bei seinen Mahlanlagen Vorkehrungen zum Explosionsschutz zu treffen.

Eine Explosion ist definiert als eine plötzliche, das heißt mit großer Reaktionsgeschwindigkeit verlaufende Oxidations- oder Zerfallsreaktion, die eine Temperatur- oder Druckerhöhung oder beides gleichzeitig erzeugt. Bedingungen für eine Explosion ist das Zusammenkommen der drei Faktoren:

- brennbarer Stoff
- Sauerstoff
- Zündquelle

Daraus lassen sich wirksame Maßnahmen ableiten, die eine Explosion verhindern oder zumindest deren Auswirkungen begrenzen. Unter Maßnahmen des primären Explosionsschutzes versteht man dabei Vorkehrungen, die die Entstehung einer explosionsfähigen Atmosphäre vermeiden. Das bedeutet, dass die Konzentration des brennbaren Stoffes oder die des Sauerstoffes auf ein unbedenkliches Maß zu reduzieren ist. In Mahlanlagen lässt sich durch die Inertisierung der gesamten Mahlanlage mit Stickstoff die Sauerstoffkonzentration unter die sogenannte, stoffspezifische Sauerstoffgrenzkonzentration (SGK) senken und damit eine Explosion wirksam verhindern. Die Mahlanlage bildet dabei ein über Zellenradschleusen abgeschlossenes System, in dem der Stickstoff im Kreislauf gefahren wird. Die Sauerstoffkonzentration wird mit Sensoren ständig überwacht. Vorteil dieser Explosionsschutzlösung ist die modulare Bauweise aller Anlagenkomponenten sowie die gute Zugänglichkeit aller Anlagenteile zur Reinigung. Insbesondere bei hochwertigen Produkten aus dem Life-Science-Sektor setzt Jehmlich diese Lösung ein.

Zu den sekundären Maßnahmen zum Explosionsschutz zählen Vorkehrungen, die die Existenz einer Zündquelle vermeiden. Zündquellen für Explosionen sind unter anderem heiße Oberflächen, mechanisch erzeugte Funken, elektrische Funken und statische Elektrizität. Mechanisch erzeugte Funken lassen sich verhindern, indem der Eintrag von Fremdkörpern (u.a. Steine und metallische Körper) durch geeignete Abscheider unterbunden wird. Um Zündquellen im Umfeld einer Mahlanlage in einer Ex-Zone zu vermeiden, kommen nur elektrische Komponenten an den Anlagen zum Einsatz, die für die jeweilige Ex-Zone geeignet und zugelassen sind.

<b>Konzepte zur explosionsgeschützten Auslegung von Anlagen zur Feinstvermahlung organischer Substanzen</b>	<b>Vortrag 5/2</b>
Referent: : Dr.-Ing. Stefan Jäckel	

Häufig lässt sich jedoch das Auftreten einer explosionsfähigen Atmosphäre in einer Mahlanlage nicht ausschließen. Dann kommen Maßnahmen des tertiären Explosionsschutzes zur Anwendung, die die Auswirkungen einer Explosion begrenzen oder auf ein unbedenkliches Maß reduzieren. Dazu gehören die druckstoßfeste Bauweise der gesamten Mahlanlage einschließlich Peripherie mit oder ohne Explosionsdruckentlastung und die Explosionsunterdrückung. Des Weiteren werden Anlagenteile durch explosionstechnische Entkopplung voneinander getrennt, um das Übergreifen einer Explosion von einem Anlagenbereich auf andere zu verhindern.

Bei der druckstoßfesten Bauweise ohne Entlastung sind alle Teile so konstruiert, dass sie der maximalen Druckerhöhung bei einer Explosion widerstehen. Kenngröße für die druckstoßfeste Auslegung ist der materialspezifische maximale Explosionsüberdruck. Für die überwiegende Anzahl an Materialien ist eine Druckstoßfestigkeit bis 10 bar hinreichend. Wenn die Mahlanlage druckentlastet ausgeführt wird, sind die einzelnen Komponenten der Mahlanlage bis zu einem geringeren Druck (dem maximalen reduzierten Explosionsdruck) von beispielsweise 0,5 bar druckstoßfest ausgeführt. Die entstehende Druckwelle wird bei einer Explosion über Berstscheiben, Klappen, Ventile oder flammenlos in eine ungefährliche Richtung geführt. Eine weitere Maßnahme ist die Explosionsunterdrückung durch schnelles Einbringen von Löschmitteln, um das Erreichen des maximalen Explosionsüberdruckes in der Anlage zu verhindern.

Die beschriebenen Lösungen verwendet Jehmlich, um eine sichere, explosionsgeschützte Anlage gegenüber dem Kunden gewährleisten zu können. Im Vortrag werden diese Lösungen beispielhaft anhand von realisierten Mahlanlagen aufgezeigt.

<b>Trocknung industrieller Abwässer mit dem CD Dryer</b>		<b>Vortrag 6/1</b>
Autor(en):	Dr.-Ing.. Mathias Trojosky, Marcel Wettring	
Referent:	<b>Dr.-Ing. Mathias Trojosky</b>	
E-Mail:	Mathias.Trojosky ( at ) allgaier-group.com	
Institution:	ALLGAIER Process Technology GmbH, Uhingen	

Die Allgaier Process Technology GmbH verfügt über ein breites Lieferprogramm unterschiedlicher Trocknungs-Anlagen und -Verfahren.

Eine sehr effiziente Trocknung von feststoffbeladenen Flüssigkeiten, wie z.B. Prozessabwässern, kann mittels Kontakt Trocknern erreicht werden. Hierbei steht die Wiederverwertung eines in der Flüssigkeit gelösten/suspendierten, hochwertigen Feststoffes oder aber die Volumenreduktion eines aufwendig und teuer zu entsorgenden Abwassers im Vordergrund.

Bei Kontakt Trocknern erfolgt der Wärmeübergang vom Heizmedium an die zu trocknenden Güter indirekt über heiße Oberflächen, auf deren einer Seite sich das Heizmedium und auf deren anderer Seite sich die Flüssigkeit befindet. Da für den Abtransport der verdampften Lösemittel nur sehr wenig Luft benötigt wird, sind die Wärmeverluste mit den Brüden minimiert. Außerdem können die Ausrüstungen für die Behandlung der Abluftströme sehr klein ausfallen oder teilweise sogar ganz entfallen. Kontakt Trockner unterscheiden sich dadurch wesentlich von konvektiven Trocknern, wie z.B. Wirbelschicht-Sprüh-Granulations-Trocknern, Suspensions- und Pastentrocknern oder Sprühtrocknern, welche mit zuvor aufgeheizten Luftströmen arbeiten und die Lösemittel in den Feuchtgütern durch einen direkten Kontakt zwischen heißer Luft und feuchtem Gut verdampfen, große Abluftströme erzeugen und entsprechende Ventilatoren und Abluftbehandlungsanlagen benötigen.

Der CD Dryer ist ein bewährter und sehr vorteilhafter, als Scheibentrockner ausgeführter Kontakt-Trockner mit einer besonders robusten Betriebsweise auch unter schwankenden Lastbedingungen oder bei sich ändernden Flüssigkeitskonzentrationen. Er eignet sich ganz besonders zur Totalverdampfung von Abwässern wie z.B. salzhaltigen Lösungen, Deponiesickerwässern, Gärresten aus Gülle- und Biogasanlagen, Pigmentsuspensionen, metallhaltigen Flüssigkeiten etc. und zur Trocknung der darin enthaltenen anorganischen oder organischen Inhaltstoffe.



Auf ein sich drehendes und im Innern hohles Scheibenbündel wird mittels sogenannter feed pipes die zu behandelnde Flüssigkeit im Überschuss aufgegeben (Bild 1). Die Flüssigkeit läuft von den Scheiben stetig in einen Vorrats- und Kreislaufbehälter ab und hinterlässt auf den Scheibenoberflächen den zu trocknenden Flüssigkeitsfilm.

Bild 1: Trocknung von Abwasser auf einer Scheibe eines CD Dryer

**Trocknung industrieller Abwässer mit dem CD Dryer**

**Vortrag  
6/2**

Referent : | Dr.-Ing. Mathias Trojosky

Während das Wasser durch die mittels Dampf von innen erfolgende Beheizung des Scheibenbündels verdampft, trocknet der Feststoff auf den Scheibenoberflächen an und wird bis zur gewünschten Restfeuchte entwässert. Nach nahezu einer vollen Scheibenumdrehung wird der getrocknete Feststoff von den Oberflächen der Scheiben abgeschabt und fällt in einen Produktausfallschacht zum Abtransport oder zur Weiterverarbeitung.

Der Trockengrad des gewonnenen Feststoffes kann über die Drehzahl der Scheiben und die Dampftemperatur (Sattampfdruck zwischen 2 und 4 barg) beeinflusst werden. Da die Flüssigkeit mit einem Überschuss auf die heißen Scheiben gegeben wird und der Überschuss grundsätzlich in den Vorratsbehälter abläuft, besteht systembedingt kein Risiko eines Flüssigkeitsdurchbruches, wie z.B. bei senkrecht stehenden Dünnschicht-Trocknern.

Aufgrund ihrer speziellen, schlanken Bauform ermöglichen die Scheibenbündel einen sehr guten Wärmeübergang, was sich in der Effizienz des Trocknungsverfahrens widerspiegelt. Durch die Verwendung verschiedener Werkstoffe für die Scheiben in Kombination mit entsprechenden Oberflächenbeschichtungen (Coatings) lassen sich auch korrosive und mäßig abrasive Produkte auf dem CD Dryer zuverlässig behandeln.

Die Aufstellfläche (foot print) der CD Dryer ist wegen der kompakten Bauform der Scheibenbündel vergleichsweise gering. Die zu trocknenden Abwässer können auf den CD Dryer sowohl unbehandelt aufgegeben werden als auch durch eine Fermentation vorbehandelt oder durch Eindampfung, Umkehrosmose oder Ultrafiltration aufkonzentriert sein.

Auf einem CD Dryer Versuchstrockner im Allgaier-Technikum wurden diverse Versuche mit den unterschiedlichsten Produkten durchgeführt, die im Vortrag vorgestellt und anhand von Fotos und Videos veranschaulicht werden.

Die Ergebnisse ermöglichen eine sichere Auslegung von Großanlagen.



Bild 2: Industrieller CD Dryer 908 zur Abwassertrocknung

<b>Regelungsmöglichkeiten von Hydrozyklonen AKA-VORTEX</b>		<b>Vortrag 7</b>
Autor:	Dipl.-Ing. Robert Claußnitzer	
Referent:	<b>Dipl.-Ing. Robert Claußnitzer</b>	
E-Mail:	rclausnitzer ( at ) akwauv.com	
Institution:	AKW Apparate + Verfahren GmbH	

AKW Apparate + Verfahren GmbH ist ein mittelständisches Unternehmen in Privatbesitz mit Fokus auf Verfahrenstechnik, Apparate & Aggregate sowie Anlagenbau, Engineering und Service. Seit über 5 Jahrzehnten bietet die AKW Apparate + Verfahren GmbH in erster Linie Lösungen für die nassmechanische Aufbereitung sowie für die Behandlung von Abwasser.

Für die Prozesse der nassmechanischen Aufbereitung ist neben anderen vielen Apparaten der Hydrozyklon (AKA-VORTEX) ein bedeutendes Aggregat sowohl zur Klassierung als auch zur Eindickung oder Sortierung. Auch in diesem Bereich kann die Firma AKW Apparate + Verfahren GmbH auf über 50 Jahre Erfahrung aus eigener Entwicklungsarbeit zurückgreifen.

Zur optimalen Auswahl eines Hydrozyklons sind verschiedene Parameter zu beachten. Die wesentliche Einflussgröße auf das Trennkorn ist der Innendurchmesser. Jedoch steht man oftmals vor der Herausforderung, dass sich die Aufgabeeigenschaften teilweise drastisch ändern. Dem kann bei gegebener Geometrie nur im begrenzten Maße begegnet werden. Neben verschiedenen anderen Optionen besteht eine Möglichkeit darin, den Hydrozyklon in dem Übergangsbereich zwischen Schirm- und Strangaustrag arbeiten zu lassen. Hierzu ist es notwendig, beide Betriebszustände zu detektieren. Dafür wurden in den 2000er Jahren von AKW Apparate + Verfahren GmbH diverse Verfahren entwickelt und Patente in den Jahren 2009 und 2010 angemeldet.

Jedoch stellte zur damaligen Zeit die vorhandene Rechner- und Sensortechnik ein Hindernis zur weiteren Verbreitung dieser Technologie dar. Im Rahmen der Industrie 4.0 ist die erforderliche Elektronik mittlerweile sehr leicht verfügbar. Einem gestiegenen Interesse der Kunden nach sensorgestützten Anlagenbetrieb kann die AKW Apparate + Verfahren GmbH somit erfolgreich begegnen.

<b>Aufbereitung von Gleisschotter – technisch-wirtschaftlicher Vergleich von Nass- und Trockenverfahren</b>		<b>Vortrag 8</b>
Autoren:	Dr. Metodi Zlatev; Dr. Hagen Müller	
Referent:	<b>Dr. Hagen Müller</b>	
E-Mail:	h.mueller ( at ) haverengineering.de	
Institution:	HAVER Engineering Freiberg	

Das Gleisschotterbett ist essentieller Bestandteil des Schienensystems und hat entscheidenden Einfluss auf die Lebensdauer und Qualität der Gleisanlagen. Infolge von verschiedenen Einflüssen wie beispielsweise Verschleißvorgängen durch die Belastungen des Bahnverkehrs, Überbeanspruchungen, Setzungen sowie Aufweichung des Untergrundes kommt es zu einer Erhöhung des Feinanteils im Gleisschotterbett. Diese können jedoch nur bis zu einem gewissen Grad toleriert werden, um die hohen Anforderungen an das Gleisbett zu gewährleisten. Daher besteht die Notwendigkeit das Gleisbett in regelmäßig zu prüfen und gegebenenfalls den Gleisschotter aufzubereiten, um den Feinanteil zu reduzieren.

Für die Aufbereitung von Gleisschotter können dabei sowohl trockene als auch nassmechanische Verfahren zur Anwendung kommen. Die Anwendung des jeweiligen Verfahrens hängt vor allem von den Kontaminationen insbesondere durch Öl oder Pestizide ab.

Im Beitrag werden trockene und nassmechanische Verfahren zu Gleisschotter-aufbereitung vorgestellt und bewertet.

<b>Zur Aufbereitung und Mineralogie von REE-Erzen mit Parisit</b>		<b>Vortrag 9</b>
Autor(en):	R. Gerhard Merker (MMP, Elpenrod); Dr. Robert Möckel (HIF, Freiberg); Thomas Heinig (HIF, Freiberg); Prof. Phan Quang V. (HUMG, Hanoi); Dr. Henning Morgenroth (UVR-FIA GmbH, Freiberg).	
Referent:	<b>Dipl.-Ing. R. Gerhard Merker</b>	
E-Mail:	info ( at ) merker-mineral-processing.de	
Institution:	Merker Mineral Processing, Elpenrod	

Der große Hype der Seltenen Erden (REE) hatte seinen Höhepunkt in den Jahren 2011/12. Damals kam es zu einem dramatischen Anstieg der REE-Preise, und eine Vielzahl von neuen REE-Projekten wurde weltweit gestartet. Inzwischen hat sich diese Situation weitgehend beruhigt und die Preise der REE für Magnetanwendungen (Nd, Pr, Tb, Dy) blieben 2018 relativ stabil.

Der mengenmäßig relativ kleine aber teils sehr dynamisch wachsende REE-Markt (vor allem für Nd+Pr) ist allerdings nach wie vor keineswegs frei von Problemen und zeigt hier teils wieder Lieferengpässe. Er ist dadurch insbesondere im Hinblick auf Supermagnetrohstoffe von anhaltender bzw. zunehmender strategischer Bedeutung bei der Versorgung von Hochtechnologie-Anwendungen.

Die Autoren bieten zunächst einen kurzen Blick auf die gegenwärtige REE-Marktsituation. Anschließend werden einige Grundlagen zur Mineralogie von karbonatitischen REE-Erzen vorgestellt, die zeigen, dass jedes REE-Projekt ein individueller Einzelfall für die Aufbereitung ist.

Der Zusammenhang zwischen Mineralogie und Aufbereitung wird danach am Beispiel von Untersuchungen, die am Helmholtz-Institut Freiberg an einem neuen REE-Projekt in Vietnam laufen, beispielhaft dargelegt (Vergleiche „World of Metallurgy – Erzmetall“ 69-2016 Nr. 3, S. 143).

Es handelt sich hier um eine karbonatitische Gangerzstruktur mit dem Haupt-REE-Mineral Parisit, welches üblicherweise in derartigen Erzen nur von untergeordneter Bedeutung ist. Als Gangarten treten Ba-Sr-Sulfate sowie Karbonate, Silikate und Sulfide hinzu.

Ausgewählte Ergebnisse einer systematischen mineralogischen Charakterisierung von Roherz und Aufbereitungsprodukten mittels MLA werden diskutiert. Im Rahmen von darauf aufgebauten, orientierenden Aufbereitungstest mit dem Schwerpunkt Flotation und Magnetscheidung gelang es in relativ kurzer Zeit, REE-Mineralkonzentrate mit über 40 % REE-Oxid (REO) aus dem ungewöhnlichen Erz bei hohem Ausbringen im Labormaßstab zu erzeugen.

Erfolgreiche Tests mittels optischer Vorsortierung eröffnen dabei die Möglichkeit einer deutlichen Voranreicherung der REE mit Abstoß von fast wertstofffreien Bergefractionen vor der Flotation.

Auf Basis der vorliegenden Zwischenergebnisse wird ein erstes Konzept für ein Aufbereitungsverfahren mit Vorsortierung, mehrstufiger Mahlung und Flotation bei unterschiedlichen Temperaturen mit gezielter pH-Führung vorgeschlagen.

<b>A study on the impact of flotation hydrodynamics for the optimization of fine-grained carbonaceous sedimentary apatite ore beneficiation</b>		<b>Vortrag 10</b>
Autoren:	Duong Huu Hoang <sup>1,2,3,*</sup> , Prof. Urs Peuker <sup>3</sup> , Dr.-Ing. Martin Rudolph <sup>1</sup>	
Referent:	<b>Duong Huu Hoang</b>	
E-Mail:	d.hoang ( at ) hzdr.de	
Institution:	<sup>1</sup> Department of Processing, Helmholtz-Institute Freiberg for Resource Technology, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, <sup>2</sup> Department of Mineral Processing, Faculty of Mining, Hanoi University of Mining and Geology, Duc Thang, Bac Tu Liem, Hanoi, Vietnam <sup>3</sup> Institute of Mechanical Process Engineering and Mineral Processing, TU Bergakademie	

The flotation beneficiation of apatite for phosphate production is challenging for finely disseminated sedimentary ores rich in carbonates. Similarities in surface properties of the semi-soluble salt-type carbonate and phosphate calcium minerals combined with fine intergrowth are the main reasons for poor grade and low recoveries. Furthermore, fine particles, even though sufficiently liberated, strongly affect the bubble-particle collection due to negative rheological effects within the pulp leading to a drop in flotation kinetics of the fine valuables and an increase in entrainment of fine gangue particles.

The effect of different turbulent hydrodynamics variables i.e., air flow rate, impeller speed, and pulp density are being investigated in order to optimize the operating parameters at a laboratory scale and help to understand the role of turbulence in separating carbonate from phosphate ore in fine particle flotation. Furthermore, by using these optimal conditions from the rougher flotation, the locked cycle flotation test was conducted to generate an experimental simulation of a continuous circuit. Final apatite concentrate achieved at the recovery of 87.2 % with a grade of 35.6 % and MgO 1.1 % and 85 % of dolomite was removed.

<b>Aufbereitung von Zellkernen aus Thymus-Gewebe</b>		<b>Vortrag 11</b>
Autor(en):	Maria Schäfer <sup>a)</sup> ; Kupka, A. <sup>a)</sup> ; Heinrich, J. <sup>b)</sup> ; Schoenherr, J. I. <sup>a)</sup> ; Wiegert, T <sup>b)</sup> .; Adam, K. <sup>c)</sup>	
Referentin:	<b>Dr.-Ing. Maria Schäfer</b>	
E-Mail:	Maria.schaefer ( at ) hszg.de	
Institution:	Institut für Verfahrensentwicklung, Torf- und Naturstoff-Forschung, Hochschule Zittau/Görlitz b) Fakultät Umwelt- und Naturwissenschaften Bereich Biotechnologie, Hochschule Zittau/Görlitz c) EUROIMMUN Medizinische Labordiagnostika AG	

In der Immundiagnostik werden aufgereinigte Proteine zum Nachweis von Antikörpern bei Autoimmun- und Infektionskrankheiten, sowie bei Allergien eingesetzt. Besonders die Produktion hochreiner Proteinpräparationen nativen Ursprungs stellt nach wie vor ein grundsätzliches Problem in der industriellen Biotechnologie dar: Die Lokalisation in einer komplexen Matrix, d. h. in der Zelle oder in Zellorganellen, und die geringen Mengen der Proteine im Biomaterial machen aufwendige und kostenintensive Aufreinigungsprozesse notwendig, die zudem gegenwärtig nicht standardisierbar sind. Die besonderen Herausforderungen liegen dabei in den geringen physiologischen Konzentrationen der Zielproteine (mg pro kg Gewebe) und in der unterschiedlichen Qualität der Matrices (Organe von verschiedenen Tieren und Bezugsquellen, unterschiedliches Alter der Tiere).

Ziel des EFRE-geförderten Projektes der Hochschule Zittau/Görlitz, welches im Verbund mit der EUROIMMUN Medizinische Labordiagnostika AG durchgeführt wird, ist die Einbindung von Prozessen und Technologien zur kontinuierlichen, schonende und effiziente Abscheidung von vitalen Zellkernen aus tierischen Geweben in großem Maßstab. Dabei sollen Aufbereitungstechnologien der klassischen mechanischen Verfahrenstechnik in der Biotechnologie zur Anwendung kommen.

Im Rahmen des Beitrages wird der schonende Zellaufschluss von Thymus-Gewebe vorgestellt. Anschließend erfolgt die Filtration des Zellhomogenisats zur Trennung der Zellkerne von anderen Zellbestandteilen. Die Bewertung der Prozesse erfolgt über eine Kombination von biotechnologischen und verfahrenstechnischen Parametern, welche in jedem Prozessschritt bestimmt werden.

<b>Zur Anwendung von diskontinuierlich betriebenen Rinnen bei der Gewinnung von Schwermineralen</b>		<b>Vortrag 12</b>
Autor:	Dr. Uwe Lehmann	
Referent:	<b>Dr. Uwe Lehmann</b>	
E-Mail:	uwe.lehmann2 ( at ) smul.sachsen.de	
Institution:	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie	

Rinnen gehören in das Repertoire der verschiedenen Aufbereitungsverfahren, die zur Gewinnung von Schwermineralen – insbesondere Gold – aus Kiesen und Sanden eingesetzt werden. Um das Ausbringen zu steigern, wurden viele Erfindungen entwickelt, die sich mit der Verbesserung des Rückhaltevermögens durch Veränderungen der Rinnenkonstruktion sowie der Rinnenauskleidung befassen.

Gleichartige aktuelle Arbeiten in einem deutschen Kieswerk am Oberrhein führten zu der Erkenntnis, dass die Häufigkeit der Abreinigung von Rinnen ebenfalls einen wesentlichen Faktor zur Steigerung der Gesamtausbringens darstellt. Die publizierte Literatur zu diesem Thema ist jedoch vergleichsweise spärlich und enthält unterschiedliche bis widersprüchliche Aussagen. Überlegungen und Versuche in dem genannten Kieswerk führten zu dem Ansatz, die Aufsättigung einer diskontinuierlich betriebenen Rinne an Schwermineralen mittels einer mathematischen Sättigungsfunktion zu modellieren. Die Erstellung einer exakten Funktion durch Berücksichtigung aller ablaufenden physikalischen Prozesse ist bisher aufgrund der Komplexität nicht möglich. Daher wurde ein empirischer Ansatz gewählt, der aus der Vielzahl möglicher Kurven die einfache Variante  $y = ax/(x+b)$  nutzt. Dabei stellen  $x$  die Zeitdauer der Rinnen-Beschickung,  $y$  die Masse angereicherter Schwerminerale sowie  $a$  und  $b$  Rinnen- und Betriebs-spezifische Parameter dar.

Durch den testweisen Betrieb einer Rinne mit unterschiedlich langen Beschickungsdauern unter industriellen Bedingungen entstand ein Satz von Daten-Paaren  $(x, y)$ . Unter Nutzung der Methode der kleinsten Fehlerquadrate wurden für die angenommene Sättigungsfunktion die Parameter  $a$  und  $b$  bestimmt. Aus der Anwendung der nunmehr spezifizierten Sättigungsfunktion in der Praxis ergeben sich wichtige Schlussfolgerungen sowohl für grundlegende aufbereitungsrelevante Fragestellungen, als auch für den Einsatz von Rinnen in der Gold und sonstige Schwerminerale gewinnenden Industrie.

<b>Energieeffiziente und verschleißarme hydraulische Presse zur Agglomeration nachwachsender und fossiler Rohstoffe (EVA)</b>		<b>Vortrag</b> <b>13</b>
Autoren:	Dipl.-Ing. A. Schmidt, Dr.-Ing. F. Fehse, M.Sc. F. Stöhr, Dr.-Ing. H.-W. Schröder	
Referent:	<b>Dipl.-Ing. Andre Schmidt</b>	
E-Mail:	andre.schmidt ( at ) tun.tu-freiberg.de	
Institution:	TU Bergakademie Freiberg, ITUN	

*Start des EXIST-Forschungstransfer-Projektes EVA am Institut für Thermische Verfahrenstechnik, Umwelt- und Naturstoffverfahrenstechnik (ITUN)*

Die Agglomeration von feindispersen Schüttgütern ist eines der wesentlichen Anwendungsgebiete in der Verfahrenstechnik. Die große Bandbreite der Aufgabegüter, beginnend bei den fossilen, über die nachwachsenden, bis hin zu den mineralischen Rohstoffen, sowie der Bereich der Rest und Abfallstoffe erfordern unterschiedliche technische Lösungsansätze zur Erzeugung form-stabiler Agglomerate unterschiedlichen Formats. Im Wesentlichen kann zwischen großen Formaten (Briketts) und kleinen (Pellets, Granulate) unterschieden werden. So kommen im Bereich der Brikettierung vor allem Formkanalstempelpressen und Walzenpressen zum Einsatz, während die Pelletierung mittels Matrizenpressen erfolgt.

Je nach Art des Aufgabegutes kann den einzelnen Technologien ein begrenzter Anwendungsbereich zugeordnet werden. Dies bildet den Ausgangspunkt zur Entwicklung einer neuen Pressen-technologie, welche als Universalpresse zur Brikettierung von möglichst vielen Aufgabegütern geeignet ist. Neben dem breiten Einsatzspektrum wird bei der Neuentwicklung Wert auf einen möglichst kleinen Leistungsbedarf gelegt. Um dies zu erreichen, wurde ein mehrstufiges Press-prinzip mit hydraulischem Antrieb entwickelt, welches durch optimierte Fahrwege der Hydraulik-zylinder den Leistungsbedarf im Vergleich zu bekannten Technologien stark reduziert. Das neu entwickelte Wirkprinzip ermöglicht durch kleine Relativbewegungen zwischen dem Aufgabegut und dem Formwerkzeug während der Pressung eine starke Verschleißreduktion.

Ausgehend von diesen Überlegungen hat das Gründerteam in den vergangenen zwei Jahren, neben der beruflichen Tätigkeit, einen Demonstrator in Eigeninitiative entwickelt, konstruiert und gebaut. Erste Testphasen konnten den Proof of Principle erbringen und den für den Demomaßstab anvisierten Durchsatz von 50 kg/h Brikett erreichen. So wurde während der Tests bereits Braunkohle, Holz, Miscanthus und Klärschlamm zu formstabilen Briketts hoher Qualität verarbeitet. Zur Umsetzung des neuen Presentyps im großtechnischen Maßstab mussten im nächsten Schritt finanzielle Mittel eingeworben werden. In Zusammenarbeit mit der TU Bergakademie Freiberg wurde ein Exist-Forschungstransfer beim Projektträger Jülich beantragt, dessen Gesamtfördersumme sich auf ca. 750.000 € beläuft. Seit April dieses Jahres arbeitet das vierköpfige Gründerteam nun am ITUN an der Entwicklung des ersten Prototyps im Industriemaßstab, wobei ein Durchsatz von ca. 3,2 t/h Brikett erreicht werden soll.

Neben dem scale-up des Verfahrens steht die messtechnische Ausrüstung des Aggregates im Fokus. So wird an der selbsttätigen Anpassung der Prozessparameter im Betrieb in Abhängigkeit von Veränderungen des Aufgabegutes gearbeitet, bzw. eine Verschleißüberwachung integriert, welche die Umsetzung eines Predictive-Maintenance-Konzeptes ermöglichen soll. Gleichzeitig stellt sich das Team den Herausforderungen der Industrie 4.0 und entwickelt innovative Lösungen zur Prozessintegration und zum Anlagenmonitoring.

Ziel des Projektes ist es ein für den industriellen Einsatz optimiertes Verfahren zu entwickeln und dieses mit Gründung eines Unternehmens und einer entsprechenden Markteinführung international zu vertreiben.

<b>Druckverteilung im idealen Gutbett</b>		<b>Vortrag 14</b>
Autoren	Dipl.-Ing. Lisa Kühnel; Dr.-Ing. Jens Friedrich; Prof.-Ing. Holger Lieberwirth	
Referentin:	<b>Dipl.-Ing. Lisa Kühnel</b>	
E-Mail:	Lisa.Kuehnel ( at ) iam.tu-freiberg.de	
Institution:	TU Bergakademie Freiberg: Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik	

Druckzerkleinerung von Partikelkollektiven ist eine wichtige Zerkleinerungsmethode. Sie ist unter anderem für den stetig wachsenden Markt der Gutbettwalzenmühlen von hoher Bedeutung. Die Simulationen derartiger Zerkleinerungsvorgängen sind zeit- und rechenintensiv. Zudem fehlt es häufig an Druckwerten, um die Modelle ausreichend kalibrieren zu können.

In dem folgenden Beitrag wird eine Möglichkeit zur Messung von Druck in einem geschlossenen Partikelbett aufgezeigt. Die zugrundlegenden Versuche werden in einem idealen Gutbett in einer Stempelpresse durchgeführt. Mit speziellen Druckmessfolien erfolgt auch bei hoher Belastung die Messung der Druckverteilung im Partikelbett. Zusätzlich werden das Alterungsverhalten sowie die Lichtempfindlichkeit der Druckmessfolien untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Druckverteilung in der Modellschüttung inhomogen ist. Es ergeben sich sowohl Druckmaxima und auch -minima im Randbereich. Zudem ist eine Höherdrucklinse im Zentrum der Schüttung ersichtlich. Abschließend konnte eine Abhängigkeit von Zeit und Licht für die Druckmessfolien ermittelt werden.

Mithilfe der Druckverteilung können nun Rückschlüsse auf das Zerkleinerungsverhalten getroffen werden. Eine Anwendung der Druckmessfolien auch in anderen Maschinen, welche mit Gutbetten arbeiten, ist realistisch. Ausblickend können die Daten zur Kalibrierung von 3D-Simulationen dienen.

<b>Zur experimentellen Ermittlung einer wirksamen Kugelmühlengattierung</b>		<b>Vortrag 15</b>
Autor	Dr.-Ing. Dietmar Espig	
Referent:	<b>Dr.-Ing. Dietmar Espig</b>	
E-Mail:	dietmar.espig ( at ) de-technology.de	
Institution:	UVR-FIA e.V. Freiberg, Privatperson	

Aus einer Vielzahl von erfolgreichen Projekten zur Zerkleinerungstechnik resultieren methodische Erfahrungen, die sich bei der Bearbeitung konkreter Probleme zur Feinmahlung ergeben haben.

Folgendes Resümee kann mit diesem Beitrag mitgeteilt und durch Beispiele belegt werden:

- Ein allgemeines Berechnungsmodell für die Zerkleinerung in Kugelmühlen, mit dem der Einfluss der Mahlkörpergröße bzw. deren Gattierung vorhergesagt werden kann, kann n i c h t aufgestellt werden.
- Vielmehr sind bei einer konkreten Zerkleinerungsaufgabe stets spezielle Mahlversuche nötig, die in der Regel in einer kleintechnischen, satzweise arbeitenden Mühle durchzuführen sind, um die Wirksamkeit unterschiedlicher Mahlkörpergrößen quantitativ zu ermitteln.
- Als hilfreich für die Planung und Durchführung der Mahlversuche erwies sich die Anwendung von Methoden der Maßstabsübertragung, insbesondere zur Festlegung der Mahldauern, nach denen der Zerkleinerungsfortschritt ermittelt wird.
- Nach wie vor sollte die d80-Korngröße des Aufgabegutes, wie bereits von BOND vorgeschlagen, zur Festlegung der Größtkugel dienen. Im Gegensatz zur Verwendung einer Potenzfunktion bzw. zur Anwendung der einfachen linearen Interpolation für die Bestimmung der d80-Korngröße erscheint die RRSB-Interpolation am zweckmäßigsten.
- Eine wesentliche Erkenntnis ist es, den Mahlgutfüllgrad 1 anzustreben, d.h. sämtliche Zwischenräume zwischen den Mahlkörpern mit Mahlgut zu füllen. Dies erfordert bei der Übertragung auf eine kontinuierliche Mahlung eine brauchbare Abschätzung des Transport- (Verweilzeit-) Verhaltens des Mahlgutes und ist auch für die Nassmahlung anwendbar.
- Die begleitende Messung und kritische Bewertung der für die Versuche benötigten Wirkleistung sind notwendig.
- Der Mahlbarkeitstest nach BOND lässt sich einfach erweitern, um nicht nur den Arbeitsindex als Punktinformation zu erhalten, sondern daraus eine Kennkurve zu bestimmen, die zur Bewertung und Berechnung des Zerkleinerungsverhaltens wesentlich informativer und detaillierter anwendbar ist.

<b>A Survey on Troubleshooting of Closed–Circuit Grinding System</b>		<b>Vortrag 16</b>
Autor:	Ahmad Hassanzadeh	
Referent:	<b>Ahmad Hassanzadeh</b>	
E-Mail:	a.hassanzadehmahaleh ( at ) hzdr.de	
Institution:	Department of Processing, Helmholtz-Institute Freiberg for Resource Technology, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf	

An industrial ball mill operating in a closed–circuit with hydrocyclones was studied by five sampling surveys. The aim of the present study was to optimise operating parameters (i.e. charge volume, make–up ball size regime, slurry mean residence time, number of hydrocyclones in operation and hydrocyclone’s feed solids content ( $S_f$ )) with respect to increasing throughput from 225 to 300tph. The obtained results showed that increasing charge volume from 32% to 39% led to producing approximately 9% finer product size ( $P_{80}$ ). Binary ball size regime rather than using mono–sized balls resulted in reduction of the  $P_{80}$  relatively 5%. The  $S_f$  was identified as the most effective parameter on grinding efficiency. The cut–size plunged dramatically from 130 $\mu$ m to 90 $\mu$ m by reduction of  $S_f$  from 54% to 48%. Finally, it was concluded that the capacity of grinding circuit could be practically increased to 300tph if all relevant parameters fell within the optimised ranges.

<b>Aufbereitung von Lösungsmittelverunreinigten Feststoffen mittels Dampf-Druckfiltration</b>		<b>POSTER 1 Seite 39</b>
Referent:	M.Sc. Simon Esser	
Institution:	TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik	
<b>Erzeugen hochwertig-permeabler Dolomitmikrokörnungen für den Brennprozess</b>		<b>POSTER 2 Seite 40</b>
Referent:	M.Sc. Tony Fraszczak	
Institution:	TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik	
<b>Probenaufbereitung im chemisch-analytischen Routinelabor – eine Herausforderung für Material, Geräte und Qualitätssicherung</b>		<b>POSTER 3 Seite 41</b>
Referent:	Dr. Thomas Hoppe	
Institution:	Eurofins Umwelt Ost GmbH, NL Freiberg	
<b>Untersuchung von Feinfraktionen aus metallhaltigen Abfallströmen</b>		<b>POSTER 4 Seite 42</b>
Referent:	M.Sc. Kay Johnen	
Institution:	RWTH Aachen University - Institut für Aufbereitung und Recycling	
<b>Aufbereitung eisenhydroxidhaltiger Mischschlämme</b>		<b>POSTER 5 Seite 43</b>
Referentin:	Dipl.-Ing. Anett Kupka	
Institution:	Hochschule Zittau/Görlitz - Institut für Verfahrensentwicklung, Torf- und Naturstoff-Forschung,	
<b>Fließverhalten von mechanisch belasteten Metallpulvern für die additive Fertigung</b>		<b>POSTER 6 Seite 44</b>
Referent :	M.Sc. Robert Kratzsch	
Institution:	TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik	
<b>Verfahrensstufen beim Recycling von Lithium-Ionen-Batterien aus Elektrofahrzeugen</b>		<b>POSTER 7 Seite 45</b>
Referent:	M.Sc. Denis Werner	
Institution:	TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik	
<b>Feinst-Flotationsverfahren für ein zinnhaltigen Skarnerz aus der Lagerstätte Hämmerlein im Erzgebirge</b>		<b>POSTER 8 Seite 46</b>
Referent:	M.Sc. Edgar Schach	
Institution:	Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie	
<b>Bioflotation – Kombination der Biotechnologie mit dem klassischen Prozess der Flotation</b>		<b>POSTER 9 Seite 47</b>
Referentin:	M. Sc. Sylvi Schrader	
Institution:	Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie	
<b>Modellierung der Durchströmung von Zementklinkerschüttungen</b>		<b>POSTER 10 Seite 48-49</b>
Referent:	M.Sc. Lieven Schützenmeister	
Institution:	TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik	

<b>Aufbereitung von Lösungsmittelverunreinigten Feststoffen mittels Dampf-Druckfiltration</b>		<b>POSTER 1</b>
Autoren:	M.Sc. Simon Esser, Prof. Urs A. Peuker	
Referent:	<b>M.Sc. Simon Esser</b>	
E-Mail:	Simon.esser ( at ) mvtat.tu-freiberg.de	
Institution:	TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik	

Die Dampf-Druckfiltration (DDF) ist ein modifizierter, kuchenbildender Filtrationsprozess und zeichnet sich sowohl durch eine exzellente Waschung als auch Entwässerung des Filterkuchens aus. Im Vergleich zur herkömmlichen Filtration wird der Filterkuchen mit gesättigtem oder überhitztem Dampf anstelle von Druckluft behandelt. Die ersten Patente zur DDF stammen aus den 30er Jahren des letzten Jahrhunderts. Anfang der 90er Jahre hat die DDF die technische Reife zur Behandlung von anorganischen Partikelsystemen erreicht. Inzwischen ist die DDF in beispielsweise der Kohleindustrie oder Feinchemie etabliert und wird unter zunehmend komplexeren Anforderungen eingesetzt.

Im Vergleich zur konventionellen Filtration überlagern die thermischen Effekte der Kondensation und Verdunstung den mechanischen Entfeuchtungsprozess. Durch die Kondensation des Dampfes an der kalten, inneren Oberfläche des Filterkuchens entsteht eine ebene Kondensationsfront und damit eine gleichmäßige Verdrängung der Porenflüssigkeit im Filterkuchen. Durch diese gleichmäßige Kolbenströmung in allen Poren des Filterkuchens wird der Effekt des sogenannten Gas-fingerings unterdrückt, wodurch sich die Sättigung des Filterkuchens um ca. 5-10 Prozentpunkte im Vergleich zur konventionellen Filtration und Entfeuchtung mit den gleichen Prozessparametern verringern lässt. Der Filterkuchen wird aufgrund der entstehenden Kondensationsfront gleichzeitig gewaschen. Das den Filterkuchen durchströmende Kondensat kann dabei den Ionengehalt einer Verunreinigung um etwa eine Größenordnung im Vergleich zum konventionellen Prozess reduzieren.

In der sich an die Waschung anschließenden Trocknungsphase kann der Filterkuchen mit Dampf durchströmt werden, wodurch die Restfeuchte im Feststoff weiter verringert und flüchtige Bestandteile verdunstet werden können. Dadurch kann der Feststoff bspw. von wasserunlöslichen, organischen Lösungsmitteln vollständig befreit werden, sodass der Feststoff ohne weitere Nachbehandlung weiterverarbeitet oder deponiert werden kann. Das Filtrat besteht bis zum Dampfdurchbruch aus der reinen Porenflüssigkeit, sprich dem Lösungsmittel. Anschließend fällt das Lösungsmittel als zweiphasiges Gemisch mit Wasser an und kann im Rahmen einer Filtrataufbereitung zurückgewonnen werden.

Die Nutzung der latenten Wärme des Filterkuchens verringert bei der Durchströmung mit Gas oder Dampf die Kuchenfeuchte während der Trocknungsphase im Filter weiter.

Die Dampf-Druckfiltration mit ihrem ausgezeichneten Entwässerungs- und Waschverhalten und ihrer Fähigkeit, Feinfraktionen unter einer mittleren Teilchengröße von 50 µm zu verarbeiten, ist eine vielversprechende Technologie, lösemittelbeladene Schüttgüter deponierfähig zu machen. Die DDF hat sich praktisch bewährt. Dampfdruckfilter basieren bspw. auf Scheibenfiltern, welche einen hohem Durchsatz ermöglichen und leicht auf über 1000 t/h Feststoff skalierbar sind. So ist die DDF beispielsweise auch dafür geeignet, um Flotationsprodukte zu verarbeiten. Aufgrund der geringen Restfeuchte kann entsprechend feinkörniges Material direkt auf Halden gelagert werden, was die Kosten für Absetzbecken und Dämme reduziert. Der integrierte Waschschrift reduziert zudem die ionische und organische Belastung, die bei konventionellen Verfahren mit dem Material zur Halde transportiert wird.

Das Poster zeigt das Potential der DDF zur Aufreinigung lösungsmittelbeladener Feststoffe. Die experimentellen Untersuchungen der mechanischen Verdrängungs- und thermischen Trocknungsphase geben Aufschluss über die vorherrschenden Effekte in den einzelnen Prozessphasen und zeigen, dass eine vollständige Entfernung des Lösungsmittels aus dem Filterkuchen möglich ist.

<b>Erzeugen hochwertig-permeabler Dolomitkörnungen für den Brennprozess</b>		<b>POSTER 2</b>
Autoren:	M.Sc. Tony Fraszczak <sup>1</sup> , Dr.-Ing.Thomas Mütze <sup>1</sup> , Bernd Lychatz <sup>2</sup> , Olaf Ortlepp <sup>3</sup> , Prof. Dr.-Ing. Urs A. Peuker <sup>1</sup>	
Referent:	<b>M.Sc. Tony Fraszczak</b>	
E-Mail:	Tony.Fraszczak ( at ) mvtat.tu-freiberg.de	
Institution:	<sup>1</sup> TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik <sup>2</sup> TU Bergakademie Freiberg, Institut für Eisen- und Stahltechnologie, <sup>3</sup> Wünschendorfer Dolomitwerk GmbH	

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

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

<b>Probenaufbereitung im chemisch-analytischen Routinelabor – eine Herausforderung für Material, Geräte und Qualitätssicherung</b>		<b>POSTER 3</b>
Autor(en):	Axel Ulbricht, Dr. Thomas Hoppe	
Referent:	Dr. Thomas Hoppe	
E-Mail:	ThomasHoppe ( at ) eurofins.de	
Institution:	Eurofins Umwelt Ost GmbH, NL Freiberg	

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

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

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

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

<b>Untersuchung von Feinfraktionen aus metallhaltigen Abfallströmen</b>		<b>POSTER 4</b>
Autor:	M.Sc. Kay Johnen	
Referent:	<b>M.Sc. Kay Johnen</b>	
E-Mail:	johnen ( at ) ifa.rwth-aachen.de	
Institution:	RWTH Aachen University - Institut für Aufbereitung und Recycling	

Durch die Aufbereitung von Abfällen entstehen sekundäre und tertiäre Abfallströme. Da aus diesen bereits durch Trennprozesse werthaltige Stoffe abgetrennt wurden, stellt sich die Frage nach Anlagenkonzepten zur weitergehenden Aufbereitung noch vorhandener Wertstoffe. Die Behandlung der Feinfraktionen < 20 mm stellt hierbei eine erhebliche Herausforderung dar. Im vorliegenden Beitrag wird am Beispiel von zwei metallhaltigen feinkörnigen Stoffströmen aus einer Aufbereitungsanlage (Elektro- und Elektronik-Schrott & Shredderschwerfraktion) aufgezeigt, dass aufgrund unterschiedlicher Korngrößenverteilungen und unterschiedlichem Materialinventar stoffspezifische Aufbereitungsschritte erforderlich sind. Die Planung für ein prozesstechnisches Konzept zur ergänzenden Rückgewinnung entsprechender Stoffströme in einer Prozessanlage erfordert demnach eine flexible Anlagengestaltung, die nur durch modulhaften Aufbau der Klassier- und Sortiereinrichtungen zu erreichen ist. Voraussetzung hierfür ist eine hinreichende Charakterisierung des Wertstoffinventars.

<b>Aufbereitung eisenhydroxidhaltiger Mischschlämme</b>		<b>POSTER 5</b>
Autor(en):	Dipl.-Ing. Kupka, A. <sup>a)</sup> ; Bresler, L. <sup>a)</sup> ; Schoenherr, J. <sup>a)</sup> ; Leiker, M. <sup>b)</sup> ; Helbig, J. <sup>b)</sup>	
Referentin:	<b>Dipl.-Ing. Anett Kupka</b>	
E-Mail:	a.kupka ( at ) hszg.de	
Institution:	a) Institut für Verfahrensentwicklung, Torf- und Naturstoff-Forschung, Hochschule Zittau/Görlitz b) P.U.S. Produktions- und Umweltservice GmbH, Lauta	

Durch die hydrologischen Veränderungen im Gefolge bergbaulicher Aktivitäten der letzten Jahrzehnte in der Lausitz kommt es zu massiven Eisenhydroxideinträgen in Oberflächengewässer. Neben der optischen Verunreinigung beeinträchtigen diese Eisenhydroxide Flora und Fauna. Dadurch entstehen große Mengen Mischschlamm mit variierendem Anteil an Eisenhydroxid, die einer Beseitigung zugeführt werden müssen. Aktuelle Prognosen geben für den Bereich der Spree und ihrer Zuflüsse eine Menge von jährlich ca. 5.000 t reinem Eisen an, dies entspricht mindestens mehreren 10.000 t an Mischschlämmen unterschiedlicher Zusammensetzung.

In Kooperation mit der P.U.S. Produktions- und Umweltservice GmbH wird im Rahmen eines EFRE geförderten Projektes an der Entwicklung einer Aufbereitungstechnologie geforscht, die der stoffwirtschaftlichen Nutzung separierter Komponenten von eisenhydroxidhaltigen Mischschlämmen dient. Ausgangsmaterial sind Schlämme aus Gewässerläufen, Teichen und Becken im Bereich der südlichen Spree.

Ziel ist es, dass das Eisenhydroxid als Rohstoff möglichst universell zur Herstellung von Produkten zur Gas- und Wasserreinigung eingesetzt werden kann. Zusätzlich ist die Erzeugung weiterer, selbständig verwertbarer Fraktionen angestrebt, um die Gesamtheit des Materials einer Verwertung zuzuführen.

Im Rahmen des Beitrags werden das Konzept und die bisherigen Ergebnisse der entwickelten Aufbereitungsanlage vorgestellt. Der Prozess gliedert sich in Suspendier- und Läuterstufe und anschließenden Klassier- sowie Eindick- und Filtrationsstufen.

Fließverhalten von mechanisch belasteten Metallpulvern für die additive Fertigung		<b>POSTER 6</b>
Autor(en):	M.Sc. Robert Kratzsch, Dr.-Ing. Thomas Mütze, Prof. Dr.-Ing. Urs Peuker	
Referent:	<b>M. Sc. Robert Kratzsch</b>	
E-Mail:	Robert.Kratzsch ( at ) mvtat.tu-freiberg.de	
Institution:	TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik	

Die additive Fertigung hat in den letzten Jahren sowohl im privaten Bereich als auch in der Industrie eine bedeutende Rolle erlangt. Während für den privaten Gebrauch eher extrusionsbasierte Verfahren mit Polymeren zum Einsatz kommen, werden in der Industrie Metallpulver in Pulverbettverfahren verwendet. Bei diesem Verfahren wird das Pulver mit Hilfe einer Rakel schichtweise aufgetragen und anschließend mit einem Laser- oder Elektronenstrahl aufgeschmolzen. Durch das Wiederholen des Schichtaufbaus und des Aufschmelzens entsteht letztendlich das Bauteil, welches mit entsprechender Nachbehandlung hohen dynamischen Belastungen standhalten kann. Additiv gefertigte Bauteile kommen vor allem in der Medizin, Luft- und Raumfahrt und für die Prototypen Herstellung vor.

Die Anforderungen an die Metallpulver sind eine gute Fließfähigkeit sowie eine definierte Partikelgrößenverteilung. Wie diese Größenverteilung definiert ist, hängt von der Art des Fertigungsverfahrens und da speziell vom Energieeintrag (Laser- oder Elektronenstrahl) ab. Aufgrund des Kriteriums Fließfähigkeit ergibt sich weiterhin eine hohe Anforderung an die Partikelformverteilung. Um die geforderten Eigenschaften zu erfüllen, werden daher in der Regel verdünte Pulver aus nahezu ideal sphärischen Partikeln für die additive Fertigung verwendet.

Vergleichsweise frühzeitig nach der Markteinführung stellt sich die Frage nach Recyclingkonzepten für einerseits die additiv gefertigten Bauteile selbst sowie andererseits für die im Prozess anfallenden Supportstrukturen. Da es sich beim Recycling hier im ersten Schritt um das Zerkleinern von Metallen handelt, wird ein Recyclat aus sphärischen Partikeln kaum erreicht. Es ist somit notwendig, das Verhalten metallischer Pulver unter mechanischer Belastung zu untersuchen und deren Fließfähigkeiten aufgrund der Partikelformänderung zu verfolgen.

Ein Stahlpulver 4404 (316L) wurde zu diesem Zweck in einer Rührwerkskugelmühle der Fa. ZoZ. unterschiedlich lang definiert beansprucht und danach anhand von Messungen im Ringschergerät sowie Klopf- und Schüttdichte auf sein Fließverhalten untersucht. Für die Partikelformanalyse wird das PartAN 3D (Fa. Microtrac) verwendet. Es kann gezeigt werden, dass für die gewählte Beanspruchungsdauer in der ZoZ Mühle, eine Formveränderung stattfindet. Gleichzeitig ist ersichtlich, dass sich die Fließigenschaften dieser beanspruchten Pulver nur geringfügig ändern.

<b>Verfahrensstufen beim Recycling von Lithium-Ionen-Batterien aus Elektrofahrzeugen</b>		<b>POSTER 7</b>
Autor(en):	M.Sc. Denis Werner <sup>1</sup> , Dr.-Ing. Thomas Mütze <sup>1</sup> , Dr.-Ing. H.-Georg Jäckel <sup>2</sup> , Prof. Dr.-Ing. Urs Peuker <sup>1</sup>	
Referent:	<b>M. Sc. Denis Werner</b>	
E-Mail:	Denis.werner ( at ) mvtat.tu-freiberg.de	
Institution:	<sup>1</sup> TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik <sup>2</sup> TU Bergakademie Freiberg, Institut für Maschinenbau – Recyclingmaschinen,	

Der Einsatz von leistungsstarken Lithium-Ion Batterien in mobilen Anwendungen sowie nationale und internationale energie- und umweltpolitische Maßnahmen haben weltweit einen bemerkbaren Anstieg von Automobilen mit elektrischen Antrieb zur Folge. Am Ende ihrer Nutzungsdauer unterliegen die eingesetzten Batterien der EU-Batterierichtlinie 2006/66EG, wonach für Lithium-Ionen-Batterien mindestens 50 Prozent der Batteriemasse einer stofflichen Verwertung zugeführt werden müssen. Diese Batterien bestehen neben den Batteriezellen an sich aus Sicherheits-, Elektronik- und Systembauteilen. Stand der Verwertungstechnik bilden pyrometallurgische oder hydrometallurgische Verfahren, die vornehmlich auf die Wertstoffe Kobalt und Nickel abzielen. Die Batterien werden dabei in der Pyrometallurgie direkt eingeschmolzen oder für die hydrometallurgische Verarbeitung mittels Zerkleinerung und Sortierung vorbehandelt. Materialien wie Graphit, Lithium, Mangan oder Aluminium können mit diesen Technologien jedoch nur bedingt zurückgewonnen werden.

Im Gegensatz zu Gerätebatterien aus der Unterhaltungselektronik oder Freizeitgeräten besitzen die Lithium-Ion Batterien von elektrisch betriebenen Fahrzeugen zum einen ein deutlich höheres Gefahrenpotential, dass sich aus der hohen chemisch gespeicherten Energie ergibt. Zum anderen enthalten sie einen höheren Anteil an Peripheriekomponenten, die im Vorfeld einer metallurgischen Verarbeitung demontiert werden könnten. Weiterhin werden unterschiedliche Aufbereitungsschritte und technologien erforscht und mit den am Markt etablierten Verfahren kombiniert, um die Recyclingeffizienz weiter zu erhöhen.

Diverse Forschungsaktivitäten zum Recycling von Lithium-Ionen-Batterien haben nunmehr zu einer Vielzahl von Verfahrensvarianten und Termini, die Verfahren zu benennen, geführt. Im Vortrag werden ausgewählte Bezeichnungen vorgestellt und diskutiert. Ausgehend von den hierarchischen Gliederungsprinzipien der Verfahrenstechnik werden die einzelnen Verfahrensstufen und Prozessschritte beim Recycling von Lithium-Ionen-Batterien vorgestellt und eine generische Recyclingkette abgeleitet. Abschließend werden ausgewählte Verfahren aus Industrie und Forschung vorgestellt und in diese Recyclingkette eingeordnet.

<b>Feinst-Flotationsverfahren für ein zinnhaltigen Skarnerz aus der Lagerstätte Hämmerlein im Erzgebirge</b>		<b>POSTER 8</b>
Autor(en):	M.Sc. Edgar Schach <sup>1*</sup> , Dipl.-Ing. Markus Buchmann <sup>2*</sup> , Paul Wesley Chang <sup>1</sup> , Marius Kern <sup>1</sup> , Prof. Urs. A. Peuker <sup>2</sup> , Dr.-Ing. Martin Rudolph <sup>1</sup>	
Referent:	M.Sc. Edgar Schach	
E-Mail:	e.schach (at ) hzdr.de	
Institution:	<sup>1</sup> Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf - Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie <sup>2</sup> TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik	

Komplexe Skarnerz-Lagerstätten mit bedeutenden Gehalten an Zinn, Indium und anderen Wertmetallen waren bereits in der Vergangenheit Objekt zahlreicher Untersuchungen. Damalige Aufbereitungsversuche scheiterten aufgrund der komplexen Verwachsungsverhältnisse im Erz. Durch einen steigenden Ressourcenbedarf rücken diese Lagerstätten jedoch wieder immer mehr in den Fokus. Um einen genügenden Aufschlussgrad der Wertstoffminerale zu erzielen, muss das Erz in mehreren Stufen heruntergemahlen werden. Dabei reichert sich das zinnhaltige Mineral Kassiterit aufgrund seines spröden Bruchverhaltens in den Feinkorn-Fractionen an. Eine effiziente Aufbereitung solcher Fractionen ist aufgrund der geringen Partikelgröße oft nicht mehr möglich. Somit geht Kassiterit bei einer notwendigen Entschlammung des Materials im Bergestrom verloren. Im Rahmen des Vortrages sollen die Ergebnisse zur Gewinnung von Kassiterit aus feinkörnigen Erzfraktionen mittels Säulenflotation vorgestellt werden.

Bei den Flotationsversuchen wird Sulfosuccinamat (Aerosol22) als Sammler eingesetzt. Als Drücker werden sowohl Natriumhexafluorosilicat als auch Zitronensäure verwendet. MIBC und Pinienöl werden als Schäumer eingesetzt und miteinander verglichen. Die Flotation erfolgt bei pH 3.

Für eine erfolgreiche Anreicherung mittels Flotation ist eine Vorbehandlung des Erzes notwendig. Dabei wird der Einfluss eines Wasserwechsels und einer Entschlammung auf die Flotation untersucht.

Die Proben werden sowohl mit Röntgenfluoreszenz als auch mit Röntgendiffraktometrie analysiert. Weiterhin werden Wasserproben der Versuche entnommen und hinsichtlich der Ionengehalte mittels ICP-OES untersucht.

<b>Bioflotation – Kombination der Biotechnologie mit dem klassischen Prozess der Flotation</b>		<b>POSTER 9</b>
Autoren:	M.Sc. Sylvi Schrader, Dr. Sabine Kutschke, Dr. Katrin Pollmann und Dr.-Ing. Martin Rudolph	
Referentin: :	<b>M.Sc. Sylvi Schrader</b>	
E-Mail	s.schrader ( at ) hzdr.de	
Institution:	Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie	

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

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

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

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

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

<b>Modellierung der Durchströmung von Zementklinkerschüttungen</b>		<b>POSTER 10-1</b>
Autoren:	Gregor Schmandra <sup>1</sup> ; M.Sc. Lieven Schützenmeister <sup>1</sup> ; Dr.-Ing. Thomas Mütze <sup>1</sup> ; Guido Kache <sup>2</sup>	
Referent:	<b>M.Sc. Lieven Schützenmeister</b>	
E-Mail:	M.Sc. Lieven.schuetzenmeister ( at ) mvtat.tu-freiberg.de	
Institution:	<sup>1</sup> TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik <sup>2</sup> Thyssenkrupp Industrial Solutions AG	

Die Hochdruckzerkleinerung in Gutbettwalzenmühlen hat sich in den letzten Jahrzehnten in Zementmahanlagen weltweit etabliert und wird allgemein gut beherrscht. Dennoch existieren Betriebszustände bei hohen Durchsätzen oder hohen umlaufenden Lasten, bei denen ein großes Risiko für Betriebsstörungen existiert. Bekannt ist, dass beim Einzug des Aufgabeguts in den Walzenspalt Luft aus dem komprimierten Porenvolumen verdrängt wird und im Normalfall entgegen der Aufgaberichtung des Materialstroms entweicht. Insbesondere bei hohen Feinkornanteilen in Verbindung mit hohen Walzenumfangsgeschwindigkeiten kann diese Entlüftung Störungen bis hin zu einem Zusammenbruch der Materialzufuhr auslösen, sobald die Luft nur unzureichend aus dem Walzenspalt entweichen kann und sich somit entgegen der Materialfließrichtung aufstaut. Neben einem instationären Durchsatz treten in solchen Fällen Belastungen wie das sogenannte "Rattern" auf, welches sich in starken Schwankungen des Drehmomentes der Antriebswellen äußert und damit die Walzenlager stark belastet. Neben einem erhöhten Lagerverschleiß erhöht sich dabei die Abrasion der Walzenoberfläche, weshalb sich folglich die Standzeit der Maschine erheblich verringert.

Um eine Vorhersage dieser Betriebsstörungen zu ermöglichen, soll im Rahmen des Kooperationsprojektes *Modellentwicklung für die Gutbettzerkleinerung* der TU Bergakademie Freiberg und Thyssenkrupp Industrial Solutions AG das Entlüftungsverhalten von Zementklinker bei der Verdichtung im Walzenspalt modelliert werden. Zu diesem Zweck wurde u.a. das Durchströmungsverhalten ruhender Zementklinkerschüttungen untersucht. Dabei erfolgten Messungen an sowohl mono- (Abbildung 1) als auch polydispersen Schüttungen, es wurden verschiedene Klinker verglichen und der Einfluss der Kornform wurde untersucht. Mit den erhaltenen Versuchsdaten erfolgte eine Modellierung mit Literaturmodellen (Abbildung 2) sowie schließlich eine stoffspezifische Anpassung der Modellgleichung.

<b>Modellierung der Durchströmung von Zementklinkerschüttungen</b>		<b>POSTER 10-2</b>
Autor(en):	Gregor Schmandra <sup>1</sup> ; M.Sc. Lieven Schützenmeister <sup>1</sup> ; Dr.-Ing. Thomas Thomas Mütze <sup>1</sup> ; Guido Kache <sup>2</sup>	
Referent:	<b>M.Sc. Lieven Schützenmeister</b>	
E-Mail:	M.Sc. Lieven.schuetzenmeister ( at ) mvtat.tu-freiberg.de	
Institution:	<sup>1</sup> TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik <sup>2</sup> Thyssenkrupp Industrial Solutions AG	

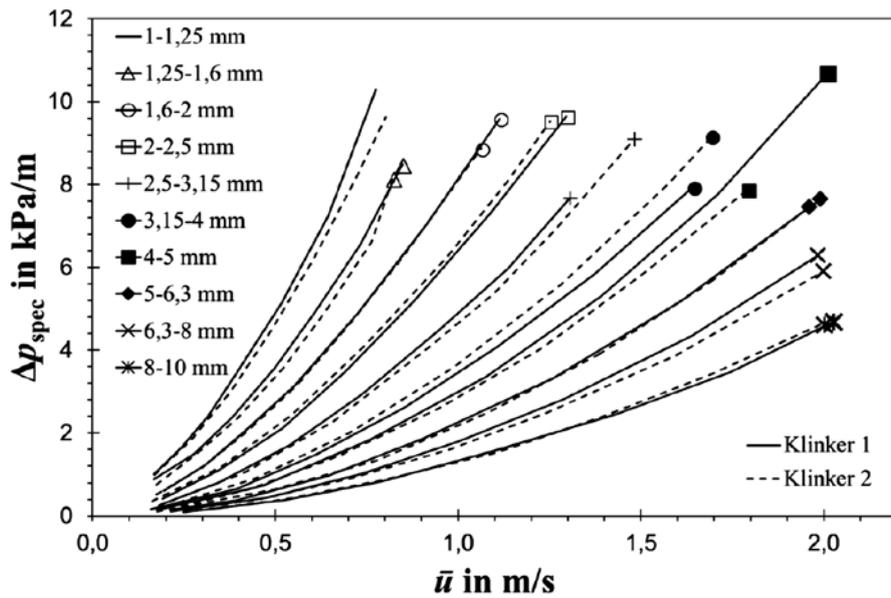


Abbildung 3: Spezifischer Druckverlust  $\Delta p_{\text{spez}}$  bei der Durchströmung monodisperser Klinkerschüttungen als Funktion der Strömungsgeschwindigkeit  $u$

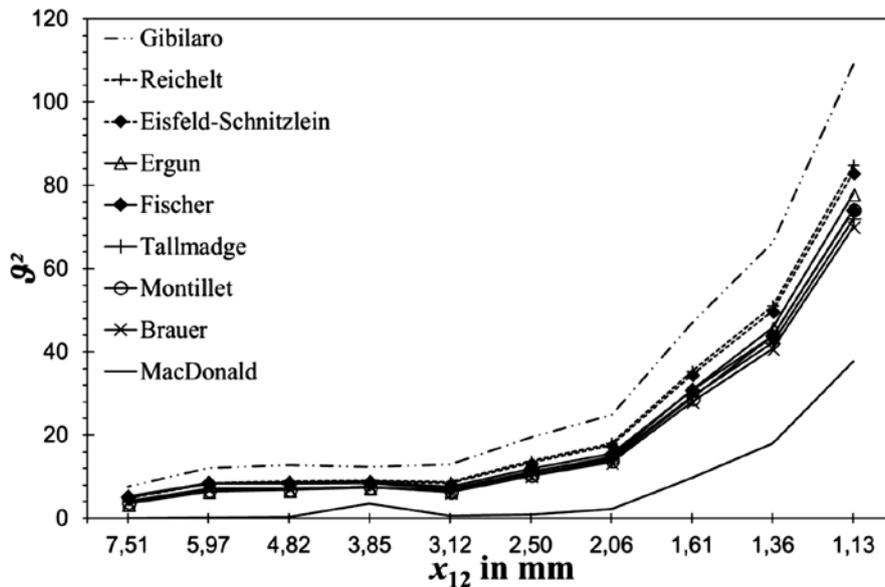


Abbildung 4: Mittlere quadratische Abweichung  $g^2$  experimenteller Ergebnisse zu Modellen aus der Literatur in Abhängigkeit vom Sauterdurchmesser  $x_{12}$

## Präsentation



### **Industrievertretung der Fa. Eirich:**

#### **Ingenieurbüro Dill, Misch- und Verfahrenstechnik**

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

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

#### **Die komplette Lösung aus einer Hand**

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

#### **Verfahren Engineering Maschinen und Geräte Service**

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

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



**Der Termin für die nächste Tagung (2019)  
wird zeitnah auf unserer Homepage veröffentlicht**

**Tagungsorganisation:**



VERFAHRENSTECHNIK  
FÜR ROHSTOFFE

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

**Kontakt Mitveranstalter:**

Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie



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



TECHNISCHE UNIVERSITÄT  
BERGAKADEMIE FREIBERG

Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.

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



VERFAHRENSTECHNIK  
FÜR ROHSTOFFE

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