

# Tagung 2020

## „Aufbereitung und Recycling“

12. und 13. November 2020

als web-Konferenz

*Tagungsband*

Veranstalter:



UVR-FIA GmbH  
Chemnitzer Str. 40  
09599 Freiberg  
[www.uvr-fia.de](http://www.uvr-fia.de)

Die Tagung „Aufbereitung und Recycling“ 2020 ist grundsätzlich eine Präsenzveranstaltung vor Ort in Freiberg und soll es auch in Zukunft wieder sein. 2020 ist das leider nicht möglich, da die aktuelle „Sächsische Corona-Schutz-Verordnung“ entsprechende Veranstaltungen untersagt. Deshalb hat das Tagungsgremium beschlossen, die Veranstaltung online als web-Konferenz durchzuführen.

Wir sehen das als Möglichkeit, unseren Vortragenden auch 2020 eine Plattform für die Präsentation ihrer wissenschaftlichen Vorträge zu bieten und die interessierten Fachkolleginnen und –kollegen daran teilhaben zu lassen - wenn auch diesmal nicht direkt vor Ort im Hörsaal...

**Schwerpunkte der Tagung sind:**  
**Mineralische Rohstoffe – Wertstoffe aus Abfall**

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

*2020 (symbolische) Verleihung des Heinrich-Schubert-Preises (s. Seite 9)*

**Inhalt Tagungsband:**

	Seite
➤ Vortragsprogramm* (*Informationen zu den Autoren finden Sie bei den Kurzfassungen )	
• • Donnerstag, 12.11.2020	3
• • Freitag, 13.11.2020	4
alphabetische Reihenfolge (Nachnamen der Referenten)	5
Kurzfassungen der <b>Vorträge</b>	ab Seite 6

## Programm

zur Tagung „Aufbereitung und Recycling“ am 12. und 13.11.2020

15 min Vortrag + 5 min Diskussion

<b>web-Konferenz</b>	
Veranstalter:	UVR-FIA GmbH - Chemnitzer Str. 40 - 09599 Freiberg 

<b>Donnerstag – 12.11.2020</b>				
		<b>8:30</b>	<b>9:00</b>	<b>Online-Registrierung</b>
		9:00	9:20	Begrüßung und Organisatorisches
<b>1</b>	<b>A</b>	9:20	9:40	Der dritte Walzenwechsel für die Gutbettwalzenmühle der Kombimahlanlage im Zementwerk Lägerdorf <b>Frauke Hauschildt</b> - Holcim (Deutschland) GmbH ZW Lägerdorf
<b>2</b>		9:40	10:00	Einfluss von Walzengeschwindigkeit und Aufgabefeinheit auf die Fertigmahlung von Zementklinker mit einer Gutbettwalzenmühle <b>Lieven Schützenmeister</b> - TU Bergakademie Freiberg (MVT/AT) - Freiberg
		10:00	10:40	<b>Pause</b>
	<b>B</b>	10:40	10:50	<b>Verleihung des Heinrich-Schubert-Preises durch den Dekan der Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik (Fakultät 4) der TU Bergakademie Freiberg</b>
		10:50	11:30	Vorträge der 2 Preisträger
<b>3</b>	<b>B</b>	11:30	11:50	Zum Rückbauaufwand von Kraftwerksanlagen -Vergleich Kernkraftwerk /Windkraftanlage <b>Hans-Georg Jäckel</b> -TU Bergakademie Freiberg (IAM-RM) - Freiberg
<b>4</b>		11:50	12:10	Möglichkeiten und Grenzen der NIR-Sortierung von kunststoffhaltigen Restfraktionen aus der Shredderrückstandsaufbereitung <b>Anett Kupka</b> - Hochschule Zittau/Görlitz, Institut für Verfahrensentwicklung, Torf- und Naturstoff-Forschung (iTN) - Zittau
		12:10	13:10	<b>Pause</b>
<b>5</b>	<b>C</b>	13:10	13:30	Mehle aus Ziegelbruch als Zementzusatz <b>Annett Lipowsky</b> - IAB - INSTITUT FÜR ANGEWANDTE BAUFORSCHUNG WEIMAR gGmbH
<b>6</b>		13:30	13:50	Hydrothermalgranulate – Verwertung von Mauerwerkbruch und Papierasche <b>Julia Seher</b> - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) - Berlin
<b>7</b>	<b>C</b>	13:50	14:10	Freifallsortierer für die sensorbasierte Sortierung mineralische Abfälle und Rohstoffe <b>Sebastian Müller</b> - IAB - INSTITUT FÜR ANGEWANDTE BAUFORSCHUNG WEIMAR gGmbH
<b>8</b>		14:10	14:30	Wasserbasierte Dichtentrennung zur Rückgewinnung mineralischer Bestandteile aus einem Baumischabfall <b>Sebastian Kemper</b> - WIMA Wilsdruffer Maschinen und Anlagenbau GmbH - Hattingen
		14:30	15:10	<b>Pause</b>
<b>9</b>	<b>D</b>	15:10	15:30	Results of pilot testing of the REFLUX™ Flotation Cell and the impact on full-scale circuit design <b>Nick Wagner</b> FLSmidth Wiesbaden GmbH - Walluf
<b>10</b>		15:30	15:50	Maelgwyn Aachen™ Shear Reactors for Improved Gold and Silver Recovery at Gümüştaş Silver Mine in Turkey <b>Heinrich Sprenger</b> - c/o Maelgwyn Mineral Services MMS Germany - Bergisch Gladbach
<b>11</b>	<b>D</b>	15:50	16:10	Physikalische Aufbereitung von geringhaltigem Manganzinnoxid durch Hochintensitäts-magnetabscheidung <b>Rasoul Rezaei</b> - Steinert GmbH - Köln
<b>12</b>		16:10	16:30	Zur versuchstechnischen Durchführung und Simulation von Kompaktier-Granulierkreisläufen <b>Felix Heinicke</b> - Köppern Aufbereitungstechnik GmbH & Co. KG - Freiberg

## Programm

zur Tagung „Aufbereitung und Recycling“ am 12. und 13.11.2020

15 min Vortrag + 5 min Diskussion

<b>web-Konferenz</b>	
Veranstalter:	UVR-FIA GmbH - Chemnitzer Str. 40 - 09599 Freiberg 

<b>Freitag – 13.11.2020</b>			
<b>13</b>	9:00	9:20	Wirtschaftliches Potenzial zur Wiederaufbereitung von Kupfertailings, basierend auf Kostenmodellen
			<b>Malte Drobe</b> - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe BGR (AB Bergbau und Nachhaltigkeit) - Hannover
<b>14</b>	9:20	9:40	Aufbereitung von Bergen aus der Chromiterzverarbeitung mittels Dichtesortierung und Flotation
			<b>Irina Bremerstein</b> – UVR-FIA GmbH - Freiberg
<b>15</b>	9:40	10:00	Das Re-Mining-Konzept: Verwertung von Wertstoffen
			Haldenmaterial
			<b>Stefan Dirlich</b> - HZDR/HIF - Freiberg
			<b>kurzfristiger Ersatzvortrag von Dr.-Ing. Martin Rudolph – HZDR/HIF</b>
			<small>Saizschlacken-Aufbereitung - technische, wirtschaftliche und gesetzliche Aspekte</small>
			<small>R.G. Merker - MMP (Mineralische Rohstoffe, Beratung, Aufbereitung, Recycling, Projekt-Unterstützung) - E</small>
			<b>Absage für die online-Präsentation</b>
	10:00	10:40	<b>Pause</b>
<b>16</b>	10:40	11:00	Grundlagenuntersuchung zur Sortierung von Foliengemischen und deren stoffliche Analyse
			<b>Maria Schäfer</b> - Hochschule Zittau/Görlitz, Institut für Verfahrensentwicklung, Torf- und Naturstoff-Forschung (ITN) - Zittau
<b>17</b>	11:00	11:20	Aufschluss und Entschichtung von Elektrodenfolien aus Lithium-Ionen-Batterien mittels Elektrohydraulischer Zerkleinerung
			<b>Tony Lyon</b> - TU Bergakademie Freiberg (MVT/AT) - Freiberg
<b>18</b>	11:20	11:40	Mahl- und Sichtanlagen – Anwendungen in der Aufbereitung und Recycling
			<b>Fabian Mertens</b> - NEUMAN & ESSER Process Technology GmbH – Übach-Palenberg
			<small>Entwicklung eines Verfahrens mit Prototyp für die wirtschaftliche Gewinnung von Begleitmineralen</small>
			<small>Robert Strangalies - AGS Anlagen + Verfahren GmbH - Schwabenthal</small>
			<small>Andreas Pradtach - HEM Knebel, Nobis GmbH &amp; Co. KG - Nobitz</small>
	11:40	11:40	<b>Schlusswort</b>

alphabetische Reihenfolge der Vortragenden (Name)

<b>Unternehmen</b>	<b>Nr.</b>	<b>Vorname</b>	<b>Name</b>	<b>Seite</b>
UVR-FIA GmbH	E-14	Irina	Bremerstein	21-22
HZDR /HIF	E-15	Martin	<small>Ersatz für Dr. Stefan Dirlich</small> Rudolph	23
BGR	E-13	Malte	Drobe	13
Holcim (Deutschland) GmbH	A-1	Frauke	Hauschildt	7-8
Köppern Aufbereitungstechnik	D-12	Felix	Heinicke	19
TU Bergakademie Freiberg (IAM - RM)	B-3	HansGeorg	Jäckel	10
WIMA Wilsdruffer Maschinen und Anlagenbau GmbH	C-8	Sebastian	Kemper	5
Hochschule Zittau/Görlitz	B-4	Anett	Kupka	11
IAB - INSTITUT FÜR ANGEWANDTE BAUFORSCHUNG WEIMAR gemeinnützige GmbH	C-5	Annett	Lipowsky	12
TU Bergakademie Freiberg/Inst. MVT/AT	F-17	Tony	Lyon	25
Neumann & Esser	F-18	Fabian	Mertens	27
IAB - INSTITUT FÜR ANGEWANDTE BAUFORSCHUNG WEIMAR gemeinnützige GmbH	C-7	Sebastian	Müller	14
STEINERT GmbH	D-11	Rasoul	Rezaei	18
Hochschule Zittau/Görlitz	F-16	Maria	Schäfer	24
TU Bergakademie Freiberg	A-2	Lieven	Schützenmeister	8
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)	C-6	Julia	Seher	13
c/o Maelgwyn Mineral Services - MMS Gernany	D-10	Heinrich	Sprenger	17
FLSmith Wiesbaden GmbH	D-09	Nick	Wagner	16

<b>Der dritte Walzenwechsel für die Gutbettwalzenmühle der Kombimahlanlage im Zementwerk Lägerdorf</b>		<b>Vortrag 1</b> Seite 1/2
Autoren:	Paul Clemens (Schöneiche), Frauke Hauschildt (Lägerdorf), Ludger Schulte (Polysius), Tomas Schmitz (Polysius) Willi Breiholz (Lägerdorf)	
Referentin	<b>Frauke Hauschildt</b> , Holcim (Deutschland) GmbH, Zementwerk Lägerdorf	
Mail-Adresse:	frauке.hauschildt (at) lafargeholcim.com	

In den 1990er Jahren wurden viele Rohrmühlen bekannter Bauart im Durchlauf und Kreislauf betrieben. Die Gutbettzerkleinerung, mit ihren Möglichkeiten energetisch vorteilhafter Zement zu mahlen, hat sich angefangen durchzusetzen. Der Vorstandsvorsitzende Herr Otto Hochdahl hat mit seinem Team gemeinsam mit Fa. Polysius für den Standort Lägerdorf vorgeschlagen, alte Mühlen durch eine zweistufige neue Mahlanlage zu ersetzen:

Die erste Mahlstufe wurde mit einer mit einem Sieber im Kreislauf arbeitenden Gutbettwalzenmühle konzipiert. Die Fertigmahlung des vorgemahlten Zementes oder Klinkermehles mit dem Sulfatträger erfolgt in einer Durchlaufmühle. Die Fertigmahlung in einer Durchlaufmühle hat zum Ziel, den verkaufsfähigen Zement mit einer flacheren Partikelgrößenverteilung gegenüber Kreislaufmühlen auszustatten.

Die Inbetriebnahme dieser Kombimahlanlage, die Gutbettwalzenmühle mit der nachgeschalteten Durchlaufmühle, erfolgte im Dezember 1990.

Nach einer Nutzungsdauer von drei Jahren erfolgte der erste Tiefschlag, der erste Walzenwechsel. Durch Ultraschallprüfungen wurde registriert, dass sich schalenförmige Oberflächenablösungen ankündigten. Nach weiteren fünf Jahren kündigte sich der nächste Walzenwechsel aus dem gleichen Grunde an.

Wie lösten wir das Problem mit dem Walzenverschleiß?

Wie waren sporadisch auftretende Schwingungen zu erklären? Startoperationen waren oft ebenfalls mit nicht vertretbaren Schwingungen verbunden. Unterschiedliche Leistungsaufnahmen der Mühlenantriebsmotore mussten verstanden werden.

Drehzahlgesteuerte Walzantriebe sichern auch bei Erhöhung der Gesamtfinheit des Aufgabegutes auf die GBWM einen ruhigen Mahlbetrieb. Die Ergebnisse der Dissertation Schmitz wurden an der Mühle nutzbar gemacht. Der dritte Walzenwechsel wurde erst nach 20 Jahren notwendig. Die Walzen hätten weiter genutzt werden können, da lediglich die Walzenlager einen Schaden aufzeigten.

<b>Der dritte Walzenwechsel für die Gutbettwalzenmühle der Kombimahlanlage im Zementwerk Lägerdorf</b>		<b>Vortrag 1</b> Seite 2
Autoren:	Paul Clemens (Schöneiche), Frauke Hauschildt (Lägerdorf), Ludger Schulte (Polysius), Tomas Schmitz (Polysius) Willi Breiholz (Lägerdorf)	
Referentin:	<b>Frauke Hauschildt</b> , Holcim (Deutschland) GmbH, Zementwerk Lägerdorf	
Mail-Adresse:	frauке.hauschildt (at) lafargeholcim.com	

<b>Polysius Combimahlanlage in Lägerdorf 1990 bis 2019</b>				
	<b>Jahr</b>	<b>Laufzeit [h]</b>	<b>Standzeit [h]</b>	<b>Walzenwechsel</b>
14.516	1990	2	~ 14.500	<b>1. Walzenpaar</b> 3 Jahre Laufunruhe Geschmiedet, Auftragsgeschweisst, Profile <b>zwingender Wechsel! Ultraschall geprüft!</b>
	1991	3.320		
	1992	5.983		
	1993	5.211		
23.822	1994	5.453	~ 24.000	<b>2. Walzenpaar</b> 5 Jahre Laufunruhe Geschmiedet, Auftragsgeschweisst, Profile <b>zwingender Wechsel! Ultraschall geprüft!</b>
	1995	5.004		
	1996	4.055		
	1997	4.143		
	1998	5.167		
122.830	1999	6.112	~ 122.500	<b>3. Walzenpaar</b> 20 Jahre Laufunruhe <i>Bainit Gusswalzen; harte aufgeschweisste Profile</i>  <i>Drehzahlstellbare Antriebe der Walzen; Startoptimierung; keine Laufunruhe mehr bei Start- u. Endoperation und sporadischen Betriebsituationen.</i>  <i>Die Walzen sind nicht verschlissen.</i> <i>Der Walzenwechsel erfolgte wegen Lagerschaden! Nach 20 Jahren!</i>  <i>Problemlösung gemeinsam Polysius und Anwender! Relativ weicher Grundwerkstoff! Autogener Schutz!</i>  <i>Fachliche Auseinandersetzung mit der Ankopplung der Kräfte zur Zerstörung des Kornes zwischen den Walzen im Gutbett.</i>  <i>Bearbeitet gemeinsam von Polysius mit Lägerdorf bei Alsen AG. Holcim. Lafarge-Holcim.</i>
	2000	5.795		
	2001	6.050		
	2002	5.468		
	2003	4.561		
	2004	4.623		
	2005	4.477		
	2006	5.636		
	2007	6.300		
	2008	5.852		
	2009	6.440		
	2010	6.801		
	2011	6.974		
	2012	6.931		
	2013	6.738		
	2014	7.155		
	2015	7.027		
2016	6.592			
2017	6.454			
2018	6.254			
2019	591			
161.168	gesamt Laufzeit	161.168	Combimahlanlage = Gutbettwalzenmühle + Durchlaufmühle	
Zusammengestellt: Paul Clemens; Frauke Hauschildt; Stefan Voss; Ludger Schulte; Thomas Schmitz; Willi Breiholz				

<b>Einfluss von Walzengeschwindigkeit und Aufgabefeinheit auf die Fertigmahlung von Zementklinker mit einer Gutbettwalzenmühle</b>		<b>Vortrag 2</b>
Autoren:	Lieven Schützenmeister, Thomas Mütze, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik Guido Kache, thyssenkrupp Industrial Solutions AG	
Referent:	<b>Lieven Schützenmeister</b> , TU Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik	
Mail-Adresse:	Lieven.schuetzenmeister (at) mvvat.tu-freiberg.de	

Gutbettwalzenmühlen (GBWM) sind heutzutage in Zementanlagen weltweit integriert. Obwohl die Technologie allgemein sehr gut beherrscht wird, existieren noch immer Fragestellungen bei der optimalen Auslegung und im Betrieb. Neben der Modellierung von Durchsatz, Energiebedarf und Zerkleinerungsergebnis steht die Vorhersage und Vermeidung von Betriebsstörungen im Fokus der aktuellen Forschung.

Die Arbeitsweise der Mühle wird im hohen Maße von der Walzengeschwindigkeit und der Aufgabefeinheit bestimmt. Aus hohen Walzengeschwindigkeiten resultieren steigende Vibrationen und Lagerbelastungen. Kombiniert mit hohen Feinkornanteilen treten zusätzlich Entlüftungsprobleme beim Materialeinzug in den Walzenspalt auf, welche zu starken, hochfrequenten Schwankungen des Drehmomentes (sog. Rattern) bis hin zu negativen Drehmomenten (Rückstoß) führen können.

Die umlaufende Last stellt einen wichtigen Einflussparameter auf die Feinheit des Aufgabegutes und damit die Leistungsfähigkeit der Mühle dar. Sie hängt stark von der Schaltung des Mahlkreislaufes, der Zielfeinheit und insbesondere von der Effizienz der eingesetzten Klassierer ab.

Um diesem Umstand gerecht zu werden und gleichzeitig einen vertretbaren Materialeinsatz und Versuchsaufwand zu gewährleisten, wurde im Forschungszentrum der thyssenkrupp Industrial Solutions AG in kleintechnischem Maßstab ein vollständiger Mahlkreislauf mit statischem und dynamischen Sichter für Anlagendurchsätze bis zu 1 t/h aufgebaut.

In der vorliegenden Studie wurden die Walzengeschwindigkeit (0,5-2 m/s) und der Feinanteil im Aufgabegut (0-100 %) variiert, um den Einfluss beider Parameter auf die Fertigmahlung eines Portlandzementes mit einer Zielfeinheit von 4000 cm<sup>2</sup>/g nach Blaine zu untersuchen. Die Versuchsergebnisse werden mit Modellrechnungen verglichen und hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf Industrieanlagen kritisch hinterfragt.

## Heinrich-Schubert-Preis

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

Mit dem Preis werden Personen ausgezeichnet, die im Rahmen einer studentischen Abschlussarbeit oder Promotion ihre Exzellenz in der Mechanischen Verfahrenstechnik, Mineralaufbereitung oder dem Recycling gezeigt haben. Auch kann damit ehrenamtliches Engagement zum Wohle des Fachbereiches gewürdigt werden.

Die Verleihung des Preises findet durch den Dekan der Fakultät mit Übergabe einer Urkunde, der Schubert-Medaille sowie einem Preisgeld im Rahmen der jährlichen Tagung „Aufbereitung und Recycling“ statt. Vorschlagsberechtigt sind Hochschullehrer der technischen Wissenschaften sowie Vertreter aus außeruniversitären Forschungseinrichtungen und der Industrie des genannten Fachgebiets.

Näheres bestimmt die Satzung

<https://tu-freiberg.de/fakult4/mvtat/satzung-zum-heinrich-schubert-preis-erschienen>



*Die Preisgeld 2020 wurden von der Fachgruppe Aufbereitung des Vereins der Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg gespendet, zahlungskräftig unterstützt insbesondere von: Irina Bremerstein, Wolfgang Ebert, Bernd Kubier, Reiner Martin, Andrea Mocka, Helmut Müller, Thomas Mütze, Albrecht Neudert, Stephan Rebettge, Dieter Reinhold, Martin Rudolph, Michael Scheibe, Karola Schoenherr, Thomas Schwalm, Albrecht Tolke.*

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

<b>Zum Rückbauaufwand von Kraftwerksanlagen – Vergleich Kernkraftwerk /Windkraftanlage</b>		<b>Vortrag 3</b>
Autor:	Dr.-Ing. H.-G. Jäckel (TU Bergakademie Freiberg – IAM-RM)	
Referent:	<b>Dr.-Ing. Hans-Georg Jäckel</b> (TU Bergakademie Freiberg – IAM-RM)	
Mail-Adresse:	hjaeckel (at) iam.tu-freiberg.de	

Die Aktivitäten der Bundesregierung im Rahmen der Energiewende sehen umfangreiche Umstrukturierungsmaßnahmen vor. Insbesondere sollen bis 2022 die 17 deutschen Kernkraftwerke (KKW) stillgelegt werden. Bis 2038 sollen alle Braunkohlenkraftwerke (BKW) vom Netz. Die entstehenden Marktlücken in der Stromerzeugung sollen im Wesentlichen durch regenerative Energieerzeugungsformen, z.B. Windkraftanlagen (WKA) aufgefangen werden. Als Ausgleich für die systembedingten Fluktuationen wird ein Park an modernen Gaskraftwerken angestrebt.

Mit der Stilllegung der konventionellen Kraftwerksanlagen ist allerdings nur das Problem der aktiven Emissionen (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O) gelöst. Als eigentliches Problem wird sich deren Rückbau herausstellen, dessen Aufwand bisher unberücksichtigt bleibt. Hinzu kommt, dass ab 2021 parallel dazu ein großer Teil der älteren Windkraftanlagen (WKA) zurückgebaut werden muss, weil deren Förderung/Subventionierung nach 20 Jahren ausgelaufen ist.

Im Zusammenhang mit den Rückbau-Aktivitäten müssen sich die beteiligten Firmen einer Reihe von Schwierigkeiten stellen, die aus den spezifischen Besonderheiten des jeweiligen Kraftwerkstyps resultieren. Bei den KKW betrifft das insbesondere kontaminierte Baugruppen des Primärkreislaufes, deren Verbleib aktuell ungeklärt ist. Aber auch bei den modernen Kraftwerksanlagen der regenerativen Branchen mit vergleichsweise kurzen Lebensdauern ist mit großen Energieaufwänden zu rechnen, die vor Allem die Verwertung der hoch entwickelten Werkstoffverbunde (z.B. Rotorblätter) sowie der Stahlbeton-Fundamentierung betreffen.

Ausgehend von einer Analyse der bundesdeutschen Rückbaumengen in den kommenden Jahren erfolgt im Rahmen des Vortrages eine Abschätzung des erforderlichen Rückbau-Energieaufwandes am Beispiel der KKW Philippsburg bzw. Neckarwestheim. Zum Vergleich werden abschließend anhand eines Statusberichtes des Umweltbundesamtes die zu erwartenden Mengenströme aus dem Rückbau älterer WKA bis 2030 analysiert und bezüglich des Energieaufwandes beurteilt.

<b>Möglichkeiten und Grenzen der NIR-Sortierung von kunststoff-haltigen Restfraktionen aus der Shredderrückstandsaufbereitung</b>		<b>Vortrag 4</b>
Autoren:	Anett Kupka, Lukas Knauth, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schoenherr (Hochschule Zittau/Görlitz, iTN) Bert Handschick (Steinert UniSort GmbH) Dr. Lutz Wuschke (SCHOLZ Recycling GmbH)	
Referentin:	<b>Anett Kupka</b> , Hochschule Zittau/Görlitz, Institut für Verfahrensentwicklung, Torf- und Naturstoff-Forschung (iTN)	
Mail-Adresse:	a.kupka (at) hszg.de	

Die im Rahmen der Novellierung der Abfallrahmenrichtlinie 2018 beschlossene Änderung von einer input- zu einer outputbasierten Berechnung der Recyclingquote verlangt es Abfallströme nicht nur einem Recyclingprozess zuzuführen, sondern dabei auch vermarktungsfähige Produkte zu erzeugen.

Aktuelle Prozesse zur Aufbereitung von Gewerbeabfällen, Misch und Sammelschutt und Altautomobilen ermöglichen das Erreichen der geforderten Quoten nur bedingt. Große Mengen der Anfallenden Reststoffe werden als Ersatzbrennstoff deklariert, gleichzeitig sind Verbrennungsanlagen in Deutschland bis an ihre Kapazitätsgrenze ausgelastet, wodurch eine thermische Verwertung oft nicht ohne weiteres möglich ist. Darum ist es notwendig weitere Materialfraktionen für ein stoffliches Recycling auszuschleusen oder die Reststoffströme so aufzubereiten, dass sie als Ersatzbrennstoff tatsächlich thermisch verwertet werden können.

Sensorgestützte Sortierverfahren, insbesondere die Optische- und Nahinfrarot Sortierung, sind in der Aufbereitung von Verpackungsabfällen Stand der Technik. Da Schredderrückstände jedoch oft in hohem Maße schwarze Kunststoffe enthalten und verschiedene Verunreinigungen der Oberfläche auftreten ist der wirtschaftliche Einsatz von NIR-Sortiertechnik hier bisher nur begrenzt möglich.

In Kooperation mit der STEINERT UniSort GmbH und der SCHOLZ Recycling GmbH wird, im Rahmen eines FH-Impuls Projektes, gefördert durch den BMBF, die Integration von Nahinfrarot Sortiermaschinen in den Aufbereitungsprozess untersucht. Ziel ist es NIR Sortiermaschinen in das bestehende Anlagenkonzept so zu integrieren, dass durch geeignete Vorbehandlungsmethoden gute Sortierqualitäten erreicht werden können.

Zum einen sollen im Rahmen dieses Beitrages Möglichkeiten und Grenzen ausgewählter sensorbasierter Sortiersysteme vorgestellt werden. Zum anderen sollen die bisherigen Ergebnisse zum Einfluss der Materialfeuchte und der Benetzung mit den üblicherweise verwendeten Dichtentrennmitteln auf die Detektion und den Sortiererfolg mit NIR Sortiermaschinen dargestellt werden.

<b>Mehle aus Ziegelbruch als Zementzusatz</b>		<b>Vortrag 5</b>
Autoren:	Dr. sc. nat. Annett Lipowsky, Prof. Dr.-Ing. habil. Anette Müller IAB – Institut für Angewandte Bauforschung Weimar gGmbH	
Referentin:	<b>Dr. sc. nat. Annett Lipowsky</b> - IAB – Institut für Angewandte Bauforschung Weimar gGmbH	
Mail-Adresse:	a.lipowsky (at) iab-weimar.de	

Die Abkehr von fossilen Brennstoffen zur Energieerzeugung zieht gravierende Veränderungen in der Sekundärrohstoffwirtschaft nach sich. Bei der Betonherstellung ist vor allem die Steinkohlenflugasche betroffen, die dann nicht mehr zur Verfügung stehen wird. Gleichzeitig treten neue Stoffe wie Ziegelbruch aus dem Gebäuderückbau bzw. -abbruch auf den Plan, für die Verwertungswege gefunden werden müssen.

In einem IAB-Forschungsprojekt wurden 26 Mehle aus Ziegeln unterschiedlichen Alters und diverser Sortimente hinsichtlich ihrer Eignung als puzzolanische Bestandteile von Zement oder als Zusatzstoffe im Beton untersucht. In Bezug auf die chemische Zusammensetzung stehen sich CaO-reiche, basische Ziegelarten wie Wärmedämm- und Mauerziegel aus der aktuellen Produktion und SiO<sub>2</sub>-reiche, saure Ziegelarten wie Klinker und ältere Mauerziegel gegenüber.

Zur Beurteilung der Reaktivität wurden Mischungen aus 60 Masse-% Portlandzement und 40 Masse-% Ziegelmehl hergestellt und mittels Differentialthermoanalyse (DTA) untersucht. Die Hydratationsgrade, aus den DTA-Analysen der Mischungen ermittelt, erreichen maximal 77 % nach 28 Tagen und 85 % nach 90 Tagen. Die Referenzmischung mit 100 Masse-% Portlandzement ist bereits nach 28 Tagen zu 97 % hydratisiert. Die Hydratationsgrade steigen mit zunehmender Feinheit der Mehle an.

Die Festigkeitsbildung wurde an Mörteln, deren Bindemittel aus 75 Masse-% Portlandzement und 25 Masse-% Ziegel bestanden, ermittelt. Von den 26 untersuchten Proben zeigte ein Viertel eine Mitwirkung an der Festigkeitsbildung. Wichtigste Einflussgröße ist die Mehlfeinheit. 15 der 26 Ziegelproben wurden daher nochmals aufgemahlen. Von den erneut geprüften Ziegelmehlen zeigten 87 % eine festigkeitsbildende Wirkung.

Nach den vorliegenden Ergebnissen scheint eine Weiterverfolgung der eingangs anvisierten Verwertungsstrategie für Ziegel aus dem Gebäuderückbau bzw. -abbruch aussichtsreich. Dabei ist u. a. die Fragestellung zu verfolgen, wie aus Mauerwerk, das in der Regel aus verschiedenen Wandbaustoffen sowie Mörtel und Putzen besteht, möglichst sortenreine Ziegelkörnungen hergestellt werden können.

Denkbar ist die Sortierung mit sensorbasierten Verfahren, die allerdings erst ab Korngrößen von ungefähr 8 mm einsetzbar sind. In diesem Szenario kann nur ein Teil des Mauerwerkbruchs genutzt werden. Eine mögliche Alternative stellt die Separierung der Ziegelpartikel aus feinkörnigem Mauerwerkbruch oder -mehl anhand ihrer „magnetischen“ Eigenschaften dar. Erste Ergebnisse zur Machbarkeit liegen vor. Auf diesem Weg könnte der gesamte Ziegelanteil im Mauerwerkbruch genutzt werden.



Dachziegel



Mauerziegel



Wärmedämmziegel



Klinker

<b>Hydrothermalgranulate – Verwertung von Mauerwerkbruch und Papierasche</b>		<b>Vortrag 6</b>
Autoren:	Dr. Julia Seher, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Fachbereich Baustofftechnologie, Berlin Dr. Katrin Rübner, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Fachbereich Baustofftechnologie, Berlin Dipl.-Ing. Alexander Schnell, Bauhaus-Universität Weimar, F. A. Finger-Institut für Baustoffkunde, Weimar	
Referentin:	<b>Dr. Julia Seher</b> , Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)	
Mail-Adresse:	julia.seher (at) bam.de	

Jährlich fallen in Deutschland ca. 56 Mio. t mineralischer Bauschutt an, der eine vielfältig einsetzbare sekundäre Rohstoffquelle darstellt. Trotz hoher Verwertungsquoten werden Bau- und Abbruchabfälle zum Teil deponiert, weil geeignete und rentable Verwertungswege fehlen. Der Reststoff Mauerwerkbruch ist ein heterogenes SiO<sub>2</sub>-reiches Gemisch aus Ziegel, Beton- und Leichtbetonsteinen, Kalksandstein, Porenbeton, Putz und Mörtel. Die uneinheitliche Zusammensetzung und mehr als 50 % Feinanteile durch die mechanische Aufbereitung verhindern meist eine unmittelbare Wiederverwertung als RC-Gemisch. Eine Möglichkeit der effektiven Verwertung von Mauerwerkbruchmehlen stellt das rohstoffliche Recycling über einen hydrothermalen Stoffumwandlungsprozess dar, bei dem poröse Granulate entstehen. Aus den Granulateigenschaften, insbesondere der Porenstruktur, ergeben sich Anwendungen als Filter- oder Speichermaterial, d. h. auch in Bereichen, die über den Bausektor hinausgehen. Hierbei können die Granulate leichte Gesteinskörnungen natürlichen Ursprungs, z. B. Lavasand oder Blähton, ersetzen und somit einen Beitrag zur Schonung natürlicher Ressourcen leisten.

Im Fokus des aktuellen ZIM-Projekts HYTEGRA steht die Entwicklung eines solchen hydrothermalen Herstellungsprozesses und die umfassende Charakterisierung der hergestellten Hydrothermalgranulate. Als sekundäre Rohstoffquelle wird neben SiO<sub>2</sub>-reichem Mauerwerkbruch aus Bau- und Abbruchabfällen auch CaO-reiche Papierasche eingesetzt. Diese Asche aus dem Altpapierrecycling weist ebenfalls ein erhebliches Verwertungsdefizit auf. Ihr Freikalk ermöglicht den Einsatz als Kalksubstitut. Die Herstellung der Hydrothermalgranulate erfolgt in einem mehrstufigen mechanischen Prozess mit abschließender hydrothermalen Behandlung. Das konventionell mechanisch aufbereitete Abbruchmaterial (RC-Gemisch < 32 mm) wird mittels Kugelmühle zu einem Mehl (< 120 µm) verarbeitet, welches im Intensivmischer unter Zugabe von Kalk und Wasser granuliert wird. Die Härtung der Grüngranulate erfolgt hydrothermal unter erhöhtem Druck in gesättigter Wasserdampf-atmosphäre bei Temperaturen von etwa 200 °C. Während des Härtungsprozesses bilden sich aus Quarz (SiO<sub>2</sub>), Kalk (CaO) und Wasser Calciumsilicathydrat-Phasen, die für die benötigte Festigkeit und Porosität der Hydrothermalgranulate sorgen. Durch die Variation der Syntheseparameter Temperatur, Druck, Zeit und SiO<sub>2</sub>-CaO-Mischungsverhältnis während der hydrothermalen Härtung, aber auch durch die Prozessführung der Granulierung, wird die Variation und gezielte Einstellung der Eigenschaften der Hydrothermalgranulate ermöglicht. In Kooperation mit Industriepartnern werden die hergestellten Hydrothermalgranulate in verschiedenen Applikationsbereichen getestet, z.B. in Bodenfiltern zur Abwasserbehandlung sowie als temporärer Wasserspeicher zur inneren Nachbehandlung von hochfestem Beton und in Pflanzsubstraten.

Im Tagungsbeitrag wird das Projekt HYTEGRA vorgestellt, insbesondere der hydrothermale Verwertungsweg unter Verwendung von Mauerwerkbruch und Papierasche im Labor- und Technikumsmaßstab sowie die Anwendung der hergestellten porösen Granulate als Filter- und Speichermaterial.

<b>Freifallsortierer für die sensorbasierte Sortierung mineralischer Abfälle und Rohstoffe</b>		<b>Vortrag 7</b>
Autoren:	Dipl.-Ing. Sebastian Müller, Prof. Dr.-Ing. habil. Anette Müller, Dipl.-Ing. Steffen Liebezeit - Dipl.-Ing. Sebastian Müller, Prof. Dr.-Ing. habil. Anette Müller, Dipl.-Ing. Steffen Liebezeit	
Referent:	<b>Dipl.-Ing. Sebastian Müller</b>	
Mail-Adresse:	s.mueller (at) IAB-Weimar.de	

Angetrieben durch die Verknappung natürlicher Ressourcen nimmt der Stellenwert der Wiederverwertung von Bau- und Abbruchabfällen und deren Aufbereitung zu Sekundärrohstoffen oder Produkten stetig an Bedeutung zu. Die Abfallsortierung ist dabei ein essentieller Verfahrensschritt, um die verwertbaren Bestandteile aus den anfallenden Gemischen zu separieren. In Bezug auf die Sortierung eröffnen neue Identifizierungsmethoden die Möglichkeit, Schüttgutströme Stück für Stück zu betrachten und eine Auswahl zwischen „brauchbar“ und „nicht brauchbar“ zu treffen.

Im Beitrag wird über Untersuchungen an einem Freifallsortierer berichtet. Die Identifizierung des Stoffstroms erfolgt durch eine Kopplung von hyperspektraler Nahinfrarot-Technologie und Farberkennung. Sensoren, die beidseitig zum Stoffstrom angeordnet sind, erfassen alle Partikelflächen. So werden die bei Bauabfällen häufig einseitig auftretenden Mörtel- oder Putzschichten erkannt und die Partikel entsprechend ausgeschleust.

Bei der Sortierung eines Rezyklates aus Beton, Ziegel und Gips wurden die Nahinfrarotspektren als Erkennungsmerkmal genutzt und der identifizierte Gips als Störstoff mittels Druckluft ausgeblasen. So konnte der Gipsgehalt des Aufgabematerials von 4,9 Masse-% auf 0,4 Masse-% im akzeptierten Produkt gesenkt werden. Damit werden die Anforderungen für eine Verwertung im Straßen- oder Betonbau erfüllt.

Die Trennung von Gemischen aus Gips und Anhydrit stellt vor dem Hintergrund der Verknappung der Gipsrohstoffe eine interessante Möglichkeit dar, um die Rohstoffverfügbarkeit für die Herstellung von Gipsprodukten in der Baubranche zu erhöhen. Sie basiert auf den deutlichen Unterschieden der Nahinfrarotspektren beider Minerale. Bei Gipsgehalten unter 40 Masse-% im Aufgabematerial betrug der Gipsgehalt im akzeptierten Produkt über 95 Masse-%, wohingegen höhere Ausgangsgipsgehalte zu geringeren Gipsgehalten führten. Die Ursachen für dieses Phänomen werden gegenwärtig untersucht.



„Innenleben“ des Freifallsortierers



Sortierergebnis Gipssortierung

<b>Wasserbasierte Dichtentrennung zur Rückgewinnung mineralischer Bestandteile aus einem Baumischabfall</b>		<b>Vortrag 8</b>
Autor:	Dipl. Ing. Sebastian Kemper, WIMA Wilsdruffer Maschinen- und Anlagenbau GmbH	
Referent:	<b>Dipl. Ing. Sebastian Kemper</b> , WIMA Wilsdruffer Maschinen- und Anlagenbau GmbH	
Mail-Adresse:	s.kemper (at) wima-maschinen.de	

Durch Themen wie Urbanisierung und Populationswachstum und damit verbunden, steigenden Bedarfen unter anderem an Wohnraum, Entsorgungsmöglichkeiten und Baumaterialien rückt das Thema Recycling und die Gewinnung von Sekundär Rohstoffen immer mehr in den Fokus. Mit dem Wissen um die Endlichkeit der Ressourcen und die anhaltende Diskussion über Recyclingquoten wird deutlich, dass effiziente Lösungen erforderlich sind um wertvolle Rohstoffe zurück zu gewinnen.

Nachhaltige Aufbereitungs- und Recyclingtechnologien helfen die weltweit zunehmende Nachfrage nach Rohstoffen bei der absehbaren Endlichkeit unserer Ressourcen zu beantworten.

Ziel ist es unter anderem Produkte aus Abfall zu generieren. Eine Möglichkeit die dazu geforderten Reinheitsgrade zur Wiederverwertung zu erreichen, ist die Trennung mittels spezifischer Dichte.

Aus Kombinationen bewährter Technik der Sand- und Kiesaufbereitung für die Primärrohstoffaufbereitung und Weiterentwicklungen aus der Recyclingtechnologie können beispielsweise organische Bestandteile aus dem Baumischabfall entfernt werden. Der mineralische Anteil steht dem Markt wieder als Wertstoff zur Verfügung.

Seit Beginn 2020 sind bei der WIMA der Recyclingtechnologie und die Wasseraufbereitung in den Fokus gerückt. Mit Maschinen wie HDS-S (Hydro-Dichte-Separator-Small) und HDS-M (Medium) werden bereits Materialien wie Baumischabfall und Biomasse getrennt. Grundprinzip dieser Baureihe ist die wasserbasierte Dichtentrennung. Mittels eines Propellers wird eine laminarer Aufstrom erzeugt um auch Materialien mit einer Dichte von  $> 1 \text{ g/cm}^3$  ausschleusen zu können.

Voraussetzung für ein gut funktionierendes System ist das Aufschließen des Stoffstroms in verschiedene Fraktionen (verschiedene Korngrößen). Denn ähnlich wie bei der Windsichtung ist bei der Dichtentrennung mittels Wasser das Größenverhältnis des Inputmaterials zueinander wichtig für ein gutes Trennergebnis. Der variabel einstellbare Wasserstrom ermöglicht eine Nachjustierung des Systems bei Veränderungen der Stoffzusammensetzung oder des Wassers.

Im Rahmen der wasserbasierten Dichtentrennung wird sinnvollerweise eine Prozesswasseraufbereitung für einen geschlossenen Wasserkreislauf integriert. Hierdurch wird der ressourcenschonende Umgang mit dem benötigten Wasser gewährleistet.

<b>Results of pilot testing of the REFLUX™ Flotation Cell and the impact on full-scale circuit design</b>		<b>Vortrag 9</b>
authors:	H.Law, B.Dabrowski, D.Taggart and L.Christodoulou FLSmidth	
speaker:	<b>Dipl.-Ing. Nick Wagner</b>	
mail:	Nick.Wagner (at) FLSmidth.com	

The new Reflux Flotation Cell (RFC) is an innovative flotation system developed by the University of Newcastle in collaboration with R&D partner, FLSmidth. This froth-less system is proving to transform the hydrodynamics of traditional flotation. The cell design allows for stable flotation, enhanced gangue rejection, and quicker kinetics – pushing the boundaries on concentrate grade, recovery and throughput well beyond what is possible with conventional open tank systems. This is achieved by operating an effective sparging system to promote bubble-particle attachment by producing optimum bubble sizes at high shear rates. The addition of wash water allows for improved grade control and by ensuring positive bias flow in the separator, separation efficiencies are maximized. Recent pilot scale trials on various feed sources have shown that metallurgical performance can be equaled and at times improved in terms of both grade and recovery when compared to bench scale as well as plant scale conventional flotation systems.

Kinetic performance results are repeated independent of the site and commodity tested. Direct comparison to plant performance as well as conventional laboratory flotation kinetic tests will be discussed along with the impact of these results on the implementation of this technology on full-scale flotation circuit design.

<b>Maelgwyn Aachen™ Shear Reactors for Improved Gold and Silver Recovery at Gümüştaş Silver Mine in Turkey</b>		<b>Vortrag 10</b>
authors:	Dr. Rainer Imhof, Dipl Ing. Heinrich Sprenger, Erdal Güldogan, Selami Badur, Erkan Aydogan	
speaker:	<b>Dipl. Ing. Heinrich Sprenger</b>	
mail:	Hasprenger (at) maelgwyn.com	

Key words.

Gold and Silver ore  
Aachen High Shear Reactor  
Oxidation  
Shear

For Gold and Silver ore processing by cyanidation is not only the oxidation of the target metal one of the important steps, but also the efficient oxidation of components inhibiting this crucial step, such as iron- and sulfur-based compounds. The associated oxygen mass requirement can be extensive and results then in a significant part of the operational costs. The Aachen High Shear Reactor™ are designed to produce very high dissolved oxygen levels for efficient pre-oxidation but importantly introduce a significant degree of shear to the pulp thus removing the passivating films leading to dramatically increased recoveries along with reduced cyanide consumption.

This paper describes the experience of the joint work of Gümüştaş Mining Company and Maelgwyn Mineral Services on oxidizing a Silver and Gold-ore by using the Aachen High Shear Reactor™.

Gümüştaş Mining operates beside other plants Tepekoy plant in the south east of Turkey. They treat two different ores: One is Esen underground ore and the second one is Gümüştaş underground ore, both containing Au and Ag minerals. The kinetics of leaching the Silver are very slow and only with a hot leach process reasonable recoveries can be achieved. Also due to the grinding process the suspension contains a lot of undesired cyanide (NaCN) consumers mainly iron, but also other heavy metal ions are reacting with NaCN.

The Aachen High Shear Reactor™ is installed in front of the hot leach and cyanide leach process. In the plant the ore is milled to minus 63µm and thickened to 40% solid content before it passes through the Aachen where Oxygen is introduced.

The positive effects after the installation like increasing of recovery and the reduction of chemicals are demonstrated for a period of one year. It is found that the silver recovery is increased up to 8% and the cyanide consumption is reduced by 50%. An additional effect is that for the cyanide destruction process also less chemicals are used.

<b>Physikalische Aufbereitung von geringhaltigem Manganerz durch Hochintensitätsmagnetabscheidung</b>		<b>Vortrag 11</b>
Autoren:	M.Sc., Rasoul, Rezaei, Steinert GmbH M.Sc., Kai, Bartram, Steinert GmbH	
Referent:	<b>M.Sc., Rasoul, Rezaei</b> , Steinert GmbH	
Mail-Adresse:	rasoul.rezaei (at) steinert.de	

Diese Fallstudie konzentriert sich auf die Anwendung der trockenen Hochintensitätsmagnetabscheidung auf geringhaltiges Manganerz. Das Ziel der Studie war die paramagnetischen Mineralien aus dem Materialstrom abzutrennen und dadurch ein verkaufbares Mangan-Konzentrat zu produzieren. Das verwendete Konzept beinhaltet eine dreistufige Siebung und anschließend eine Stufe Magnetabscheidung. Für die Versuche wurde der Hochintensitätsmagnetabscheider der Firma Steinert GmbH, der einen Gaußwert von ca. 20000 Gauß an der Oberfläche erzeugt, verwendet.

Das untersuchte Erz beinhaltet einen Mangangehalt von 9,34%. Durch dieses Konzept wurde ein Konzentrat mit einer durchschnittlichen Reinheit von 24,93% und einem Gesamtausbringen von 73,74% produziert. Die gesamte Konzentrat-Masse betrug 26,26%. Neben den wirtschaftlichen Vorteilen hat dieses Verfahren einen erheblichen Einfluss auf die Umweltbilanz der Aufbereitungsanlage. Das Verfahren erfordert keine ultrafeine Zerkleinerung und verhindert den Chemikalien- oder Wasserverbrauch, wodurch auch die Aufbereitungskosten erheblich senken werden.

Ein weiterer Vorteil ist, dass es durch die physikalische Aufbereitung ein umweltneutrales Material als der Rest des Prozesses erzeugt wird. Dieses Rest-Material kann unter Berücksichtigung der mineralischen Bestandteile für weitere Zwecke wie zum Beispiel im Bausektor eingesetzt werden.

<b>Zur versuchstechnischen Durchführung und Simulation von Kompaktier-Granulierkreisläufen</b>		<b>Vortrag 12</b>
Autoren:	Dipl.-Ing. Patrick Schönfeld, TU Bergakademie Freiberg, Deutschland Prof. Dr.-Ing. Holger Lieberwirth, TU Bergakademie Freiberg, Deutschland Dr.-Ing. Felix Heinicke, Köppern Aufbereitungstechnik GmbH & Co.KG, Deutschland	
Referent:	<b>Dr.-Ing. Felix Heinicke</b> , Köppern Aufbereitungstechnik GmbH & Co.KG, Deutschland	
Mail-Adresse:	f.heinicke (at) koeppern.de	

Zur Aufrechterhaltung der Leistungsfähigkeit landwirtschaftlicher Nutzflächen wird, neben Düngemittelsalzen wie Ammoniumsulfat und Kaliumsulfat, unter anderem auch Kaliumchlorid (kurz: Kalisalz) eingesetzt [1]. Üblicherweise können die bergmännisch gewonnenen und aufbereiteten Kalisalze aufgrund ihrer geringen Partikelgröße, der hohen Löslichkeit, wie auch des unzureichenden Streuvermögens nicht direkt auf Agrarflächen ausgebracht werden [2]. Zur Verbesserung ihrer Eignung als Düngemittel können Kalisalze granuliert werden. Hierfür kommt unter anderem das Verfahren der Kompaktier-Granulierung zur Anwendung [3][4]. Mit Hilfe einer Kompaktierwalzenpresse wird dabei das fein-disperse Kalisalz zunächst zu einem festen Pressling, der sogenannten Schülpe, agglomeriert. Durch nachgeschaltete Zerkleinerungs- und Klassierstufen wird aus der Schülpe ein geeignetes Granulat (üblicher Partikelgrößenbereich etwa 2 – 4 mm) erzeugt.

Aufgrund der verfahrenstechnischen Gestaltung sind die drei benannten Makroprozesse durch unterschiedliche Kreislaufführungen miteinander verknüpft. Grobgut > 4 mm wird im Kreislaufbetrieb erneut einer oder mehreren Zerkleinerungsstufen zugeführt. Das bei der Zerkleinerung und Klassierung anfallende Feingut < 2 mm (Rückgut) erfährt eine wiederholte Verpressung als Frischgut-Rückgut Mischung. Bedingt durch diese Feingutrückführung wird daher der Verdichtungsvorgang im Spalt der Walzenpresse [4] in Teilen durch die Zerkleinerungs- und Klassierbedingungen beeinflusst.

Die Eigenschaften der verpressten Schülpen sind mithin Ergebnis der komplexen Wechselwirkung zwischen den drei benannten Makroprozessen. Deren zuverlässige Modellierung und Simulation bildet die Voraussetzung für eine gesicherte Betriebspunktanpassung industrieller Anlagen zur Steigerung des Anlagendurchsatzes und der Granulatqualität.

Der Beitrag zeigt ausgewählte Untersuchungsergebnisse an halb-industriellen Kompaktier-Granulierkreisläufen mit dem Schwerpunkt der wiederholten Feingutverpressung und gibt einen Einblick in die methodische Vorgehensweise bei der Durchführung und Simulation derartiger Kreislaufversuche.

#### Literatur

- [1] Rauche, H.: Die Kaliindustrie im 21. Jahrhundert. Springer Verlag, Berlin, 2015.
- [2] Zisselmar, R. : Kompaktiergranulieren mit Walzenpressen. Chem.-Ing.-Tech. 59 (1987) Nr. 10, S. 779-787.
- [3] Pietsch, W.: Das Körnen von Düngemitteln mit dem Kompaktier-Granulierverfahren. Aufbereitungstechnik (1971), Nr. 11, S. 684 – 690.
- [4] Herrman, W. : Das Verdichten von Pulvern zwischen zwei Walzen. Verlag Chemie, Weinheim/Bergstr., 1973.

<b>Wirtschaftliches Potenzial zur Wiederaufbereitung von Kupfertailings, basierend auf Kostenmodellen</b>		<b>Vortrag 13</b>
Autoren:	Malte Drobe, BGR; Frank Haubrich, G.E.O.S.; Mariano Gajardo, SERNAGEOMIN; Herwig Marbler, BGR	
Referent:	<b>Dr. Malte Drobe</b> , BGR	
Mail-Adresse:	Malte.Drobe (at) bgr.de	

Die BGR und der geologische Dienst Chiles (SERNAGEOMIN) haben im Rahmen einer Kooperation die Möglichkeit einer wirtschaftlichen Wiederaufbereitung von Aufbereitungsschlammteichen untersucht. In dieser Untersuchung wurden in Chile sieben Standorten bewertet. Nach einer Befahrung der Standorte und einer Auswertung der bereits bekannten Daten, die durch oberflächennahe Voruntersuchungen ergänzt wurden, wurde der Standort mit dem größten wirtschaftlichen Potenzial ausgewählt, um die Aufbereitbarkeit im Labormaßstab zu suchen. Für die aufbereitungstechnische Untersuchung wurden die Verfahren Flotation, Magnetscheidung, Dichtesortierung und chemische Laugung eingesetzt, um das Restkupfer und den Eisenanteil der Tailings zu gewinnen.

Aus den Ergebnissen der Versuche wurden einfache Prozessschemata abgeleitet und über das im Labor erreichte Ausbringen der Wertelemente die möglichen Erlöse berechnet. Da es in dem Projekt nicht möglich war die Laborversuche in einen größeren Maßstab zu überführen, das wirtschaftliche Potenzial für eine Wiederaufbereitung aber dennoch dargestellt werden sollte, wurden Kostenmodelle von *Infomine*<sup>TM</sup> verwendet und an die Situation der Tailings angepasst.

Für die wirtschaftliche Modellierung der Wiederaufbereitung des Schlammteiches wurden die *Infomine*-Kostenmodelle für Flotation und Gold-Tanklaugung in angepasster Form verwendet, da eine Mahlung des Erzes, die in den *Infomine*-Kostenmodellen vorgesehen ist, für die Schlammteichaufbereitung nicht benötigt wird. Die Kosten der Magnetscheidung wurden anhand von eigenen Daten und Erfahrungen abgeschätzt.

Die Anpassung der Modelle führt bei den Investitionen und Betriebskosten zu einer Verringerung der Ausgaben um 40 - 60 %.

Die modifizierten Kostenmodelle im Zusammenhang mit einer Abschätzung der erforderlichen Aufbereitungskapazität erlauben eine erste Abschätzung der Wirtschaftlichkeit in einem sehr frühen Projektstadium. Damit können verschiedene Projekte mit unterschiedlichen Gehalten und unterschiedlicher Tonnage verglichen werden. Erst wenn die wirtschaftliche Machbarkeit in der Voruntersuchung gegeben ist, müssen Versuche mit größerer Tonnage im industriellen Maßstab durchgeführt werden, um die Laborergebnisse zu bestätigen und weitere Planungs- und Bewertungsgrundlagen zu erhalten.

In dem konkreten Fall der durchgeführten Schlammteichbewertung ergab die Voruntersuchung, dass es wirtschaftlich ist, die Tailings auf Kupfer zu laugen. Eine reine Kupferflotation der Tailings wäre hingegen nicht wirtschaftlich darstellbar. Ferner hat sich herausgestellt, dass der Magnetit in den Tailings wahrscheinlich das Hauptprodukt der Wiederaufbereitung wäre, sofern ein sauberes Konzentrat mit 60 % Fe in einer industriellen Anlage produziert werden kann.

<b>Aufbereitung von Bergen aus der Chromiterzverarbeitung mittels Dichtesortierung und Flotation</b>		<b>Vortrag 14</b> Seite 1/2
Autoren:	Irina Bremerstein, UVR-FIA GmbH Lukas Petzold, Primetals Technologies GmbH	
Referentin:	<b>Dipl.-Ing. Irina Bremerstein</b> , UVR-FIA GmbH – Freiberg	
Mail-Adresse:	Bremerstein (at) uvr-fia.de	

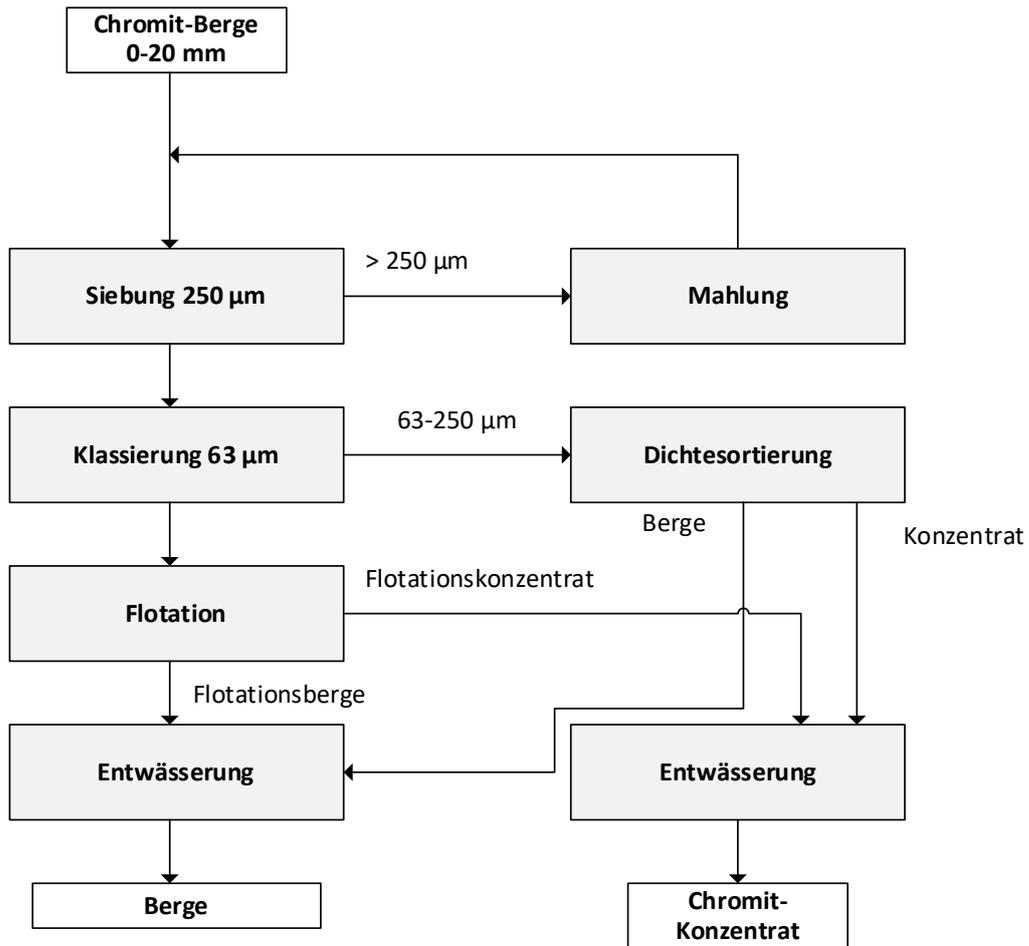
Die Aufbereitung von Chromiterzen erfolgt im Wesentlichen durch Dichtesortierung. Dabei können feinkörnige Chromitbestandteile in die Berge gelangen, die das Gesamtausbringen einer Anlage schmälern. Bedeutende Mengen, welche mitunter 25% des Chromits enthalten, werden als feinkörnige Berge abgeschieden. Im Auftrag der Primetals Technologies Austria GmbH wurden bei der UVR-FIA GmbH Untersuchungen zur Rückgewinnung dieser feinkörnigen Chromitbestandteile durchgeführt. Zunächst wurde mittels MLA eine Verwachsungsanalyse durchgeführt, um schon im Vorfeld eine entsprechende Aufbereitungsstrategie zu ermitteln.

Es stellte sich heraus, dass in einer Kornfraktion von etwa 63 bis 250 µm noch nennenswerte freie Chromitpartikel vorliegen, die durch eine Dichtesortierung zu einem Fertigkonzentrat angereichert werden können. Laborversuche bestätigten es mit Konzentratgehalten von 50,4% und Ausbringen von 91,8%.

Verwachsene Chromitpartikel wurden durch eine Nachmahlung aufgeschlossen. An der Feinfraktion wurden umfangreiche Laborversuche zur Flotation durchgeführt. Durch ein entsprechendes Konditionierungsregime und Reinigungsstufen konnten Konzentrate mit einer Qualität von 47,3% und einem Ausbringen von 64,4% erzeugt werden.

Die Erkenntnisse zur Dichtesortierung und Flotation aus den Laborversuchen flossen anschließend in das Design und Aufbau einer Pilotanlage. Der grundsätzliche Verfahrensablauf ist aus nachfolgender Abbildung ersichtlich. Mit einem kontinuierlichen Durchsatz wurde die Pilotanlage für die Flotation bestehend aus Grundflotation, Kontrollflotation und vier Reinigungsstufen über einen Zeitraum von 2 Wochen betrieben.

<b>Aufbereitung von Bergen aus der Chromiterzverarbeitung mittels Dichtesortierung und Flotation</b>		<b>Vortrag 14</b> Seite 1/2
Autoren:	Irina Bremerstein, UVR-FIA GmbH Lukas Petzold, Primetals Technologies GmbH	
Referentin:	<b>Dipl.-Ing. Irina Bremerstein</b> , UVR-FIA GmbH – Freiberg	
Mail-Adresse:	Bremerstein (at) uvr-fia.de	



<b>Das Re-Mining-Konzept: Verwertung von Wertstoffen und Schadstoffentfernung für Haldenmaterial</b>		<b>Vortrag 15</b>
Autoren:	Dr. Stefan Dirlich, HZDR/HIF, Dr. Arite Werner, HZDR/HIF Toni Helbig, HZDR/HIF Falk Thürigen, GEOS, Dr. Susan Reichel, <sup>GEOS</sup> <b>kurzfristige Änderung:</b> Sabine Meißner, Saxonia	
Referent:	<b>Dr. Stefan Dirlich</b> , HZDR/HIF <i>Dr.-Ing. Martin Rudolph hat einen Vortrag zum HZDR/HIF und zur Flotation gehalten</i>	
Mail-Adresse:	s. dirlich (at) hzdr.de	

Bei der Gewinnung von wirtschaftlich relevanten Metallen wie Kupfer oder Indium entsteht unweigerlich eine riesige Menge an Abraum. Insbesondere Flotations-Rückstände führen zu einem enormen Landverbrauch und stellen eine potenzielle Quelle von Umweltgefahren dar. Darüber hinaus ist ihre geotechnische Handhabung eine große Herausforderung. Aufgrund begrenzter Aufbereitungstechnologien in früherer Zeit enthalten solche Bergbauabfälle jedoch i.d.R. noch relevante Konzentrationen werthaltiger Elemente. Mit heutigen besseren Technologien können diese Wertstoffe in vielen Fällen noch gewonnen werden und zudem mit Umweltschutzverfahren kombiniert werden, um auch die Eliminierung von Schadstoffen wie Arsen oder Cadmium zu ermöglichen.

Gemeinsam haben die Partner GEOS, SAXONIA und HIF im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte zur Metallrückgewinnung aus Tailings eine Pilotanlage für die Verarbeitung von Material aus primären und sekundären Quellen durch Biolaugung, Metallextraktion und Schadstoffbeseitigung entwickelt, gebaut und optimiert. Biotechnologische Verfahren sind mit physikalischen Trenn- und Aufbereitungstechnologien auf innovative und anspruchsvolle Weise kombiniert, um Wertstoffe zu gewinnen und Schadstoffe zu entfernen. Das Biolaugungsmodul kann Material mittels ausgewählter Mikroorganismen unter bestimmten Bedingungen laugen. Im Modul zur Metallextraktion und Elektrolyse können dann anschließend die Wertelemente aus der Biolaugungslösung gewonnen werden. Im Umweltmodul schließlich werden die verbleibenden Rückstände behandelt, um schädliche Stoffe zu eliminieren.

Das erste gemeinsam durchgeführte Projekt konzentrierte sich auf die Biolaugung von Flotations-Rückstandsmaterial aus einer alten Freiburger Pb-Zn-Erz-Aufbereitungsanlage (1968 geschlossen) durch einen Airlift-Reaktor (100 L). Als Ergebnis wurden bis zu 90 % In und fast 100 % Zn aus dem Material gelaugt, das Anfangskonzentrationen von 14 ppm In und 10.000 ppm Zn aufwies. In einem anderen Projekt wurde zusammen mit polnischen Partnern ein Ammoniakauswaschungsverfahren zur Verarbeitung von karbonatischem Tailingsmaterial aus der Cu-Konzentratflotation entwickelt. Durch Auslaugen von unbehandeltem homogenisiertem Tailingsmaterial wurde eine Cu-Rückgewinnung von 45 % erreicht. Nach Vorkonzentrierung des Materials durch Nachzerkleinerung und Flotation konnte die Rückgewinnung sogar auf 85 - 90 % gesteigert werden.

Auf Grundlage dieser motivierenden Ergebnisse wurde eine Pilotanlage konzipiert, die aus drei Modulen besteht: a) Laugungsmodul, b) Metallrückgewinnungsmodul und c) Umweltmodul. Das Laugungsmodul umfasst einen 1,5 m<sup>3</sup> Airlift-Reaktor, eine Dekantierzentrifuge zur effektiven Fest-Flüssig-Trennung und mehrere Rühr- und Lagertanks, die für den kontinuierlichen Prozessbetrieb und zum Waschen des Laugungsrückstandes benötigt werden. Im Metallrückgewinnungsmodul (Zulauf 5-10 L/h) sind als Hauptverarbeitungsstufen integriert: Lösungsmittel-extraktion, Absorbersäulen (Aktivkohle, IX-Harz) und eine Elektrolysezelle. Eisen kann als Schwertmannit oder Ferrihydrit ausgefällt werden (biologisch/chemische Oxidation). Das Umweltmodul ist als klassische Fällungs-, Flockungs- und Sedimentationseinheit zur Behandlung der Restflüssigkeiten aus dem Metallrückgewinnungsmodul zur Einhaltung der Einleitparameter ausgelegt.

Die endgültige Inbetriebnahme und Zusammenschaltung der einzelnen Module der Pilotanlage ist für 2020 geplant. Die Vision der Projektpartner ist es, im Rahmen einer gemeinsamen Ausgründung Dienstleistungen wie die Prüfung von Material auf seine Verwertbarkeit, die

Entwicklung von Prozessfließbildern und/oder die Herstellung kompletter Anlage zur Verarbeitung verschiedener Materialien anzubieten.

<b>Grundlagenuntersuchung zur Sortierung von Foliengemischen und deren stoffliche Analyse</b>		<b>Vortrag 16</b>
Autoren:	Peter Clemenz, Maria Schäfer, Jürgen Schoenherr (Hochschule Zittau/Görlitz, iTN) Heinz Schnettler (Pla.to GmbH)	
Referentin:	<b>Dr. Maria Schäfer</b> , Hochschule Zittau/Görlitz, Institut für Verfahrensentwicklung, Torf- und Naturstoffforschung (iTN)	
Mail-Adresse:	Maria.schaefer (at) hszg.de	

Der Anteil an Mehrschichtfolien, sogenannte Multi-Layer-Folien, hat in den letzten 30 Jahren stetig zugenommen. Dadurch wurden den steigenden Anforderungen des Handels und der Verbraucher an verbesserten Aromaschutz und längerer Haltbarkeit Genüge getan. Neben den komplexen Mehrschichtfolien gibt es aber auch Folien, die nur aus einem Kunststoff bestehen. Diese Single-Layer-Folien werden z. B. bei Tragetaschen, Abfallsäcken und Tüten für Gemüse und Obst in Supermärkten eingesetzt. Die Single-Layer-Folie aus PE ist nicht nur preiswert in der Herstellung, sondern auch leicht durch Wiedereinschmelzen zu recyceln. Voraussetzung dafür ist, dass sie sortenrein gewonnen werden kann.

Ziel des, hier vorgestellten, Verbundprojektes mit der Pla.to GmbH, Görlitz ist die Entwicklung eines neuen und innovativen Verfahrens, welches, bisher nicht verarbeitbare, Single- und Multilayer-Folienflake-Mischungen sortieren kann und ferner auch in der Lage ist wirtschaftlich relevante Mengen an Folien zu verarbeiten, um hochwertige sortenreine Folienfraktionen zu erzeugen. Damit kann die Menge an Kunststoffen, die heute einem Down-Recycling, mit keiner oder geringer Wertschöpfung, zugeführt werden muss, signifikant reduziert werden. Für die betreffenden Apparate- und Anlagenbauer sowie auch Recyclingfirmen entsteht dadurch eine erhebliche zusätzliche Wertschöpfung.

Im Rahmen dieses Beitrages werden erste Versuche mit der neuartigen Sortieranlage vorgestellt. Dabei werden die erzielten Ergebnisse mit definierten Folienmischungen und einer realen Abfallfraktion präsentiert.

Die Analytik von unbekanntem Mischungen aus Verbundkunststoffen stellt derzeit eine Herausforderung dar. Zur Bewertung des Sortiererfolges müssen verschiedene Analysemethoden kombiniert werden, um einen Aufschluss über die qualitative und quantitative Zusammensetzung zu erhalten.

Die Bewertung des Sortiererfolges mit dieser Methodenkombination wird an den eingangs vorgestellten Sortierversuchen dargestellt.

Das Projekt wird gefördert aus Mitteln des europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE).

<b>Aufschluss und Entschichtung von Elektrodenfolien aus Lithium-Ionen-Batterien mittels Elektrohydraulischer Zerkleinerung</b>		<b>Vortrag 17</b>
Autoren:	Tony Lyon, Dr.-Ing. Thomas Mütze, Prof. Urs Peuker, TUBAF MVTAT	
Referent:	<b>M.Sc. Tony Lyon</b>	
Mail-Adresse:	tony.lyon (at) mvttat.tu-freiberg.de	

Die Elektrohydraulische Zerkleinerung (EHZ) ist seit den 1960 Jahren [1] in der Zerkleinerungstechnik bekannt und basiert auf einer Hochspannungsentladung in einer dielektrischen Flüssigkeit. Durch die Entladung werden in einem Reaktor Schock- bzw. Schallwellen hervorgerufen, die das zu zerkleinernde Material gleichmäßig beanspruchen. Beim Übergang von einem Material zu einem anderen werden die Wellen gebrochen und reflektiert, wodurch lokal potentiell bruchauslösende Spannungen initiiert werden. Damit ist die EHZ prädestiniert zur Aufschlusszerkleinerung von Verbundwerkstoffen, was sich in einer Reihe aktueller Studien niederschlägt [2, 3].

Lithium-Ionen-Batterien (LIB) sind ein Beispiel eines solchen Verbundwerkstoffs, welcher zudem aus hochwertigen Rohstoffen zusammengesetzt ist. Naturgemäß steigt mit der zunehmenden E-Mobilität der Bedarf an Batterierohstoffen wie Graphit, Lithium, Kobalt etc. Aktuell werden Strategien gesucht, diese Stoffe nach dem Lebenszyklus einer Batterie als sekundäre Rohstoffe in den Stoffkreislauf zurückzuführen und den Bedarf an primären Rohstoffen zu reduzieren.

In der hier vorgestellten Arbeit wird die Eignung der EHZ zur Aufschlusszerkleinerung von prismatischen LIB-zellen und zur Entschichtung der Elektrodenfolien untersucht. Darüber hinaus werden die Ergebnisse mit herkömmlichen Zerkleinerungs- und Aufschlussverfahren verglichen. Fokus liegt hierbei auf dem Aufschluss- und Entschichtungsgrad, der Selektivität der Entschichtung und der Energieeffizienz. Dabei können mit der EHZ vergleichbar hohe Entschichtungen wie mit konventionellen Verfahren erreicht werden, wobei sie dabei eine höhere Selektivität zwischen Anoden und Kathodenmaterial aufweist. Für die Aufschlusszerkleinerung von Batteriezellen ist die EHZ ungeeignet und auch in der Energieeffizienz liegt sie hinter herkömmlichen Verfahren.

#### Literaturverzeichnis

1. Yutkin, L.A., *Electrohydraulic effect*. 1955: Moskau.
2. Eisert, S. and J. Bartkowski, *Innovative recycling with shock wave technology. recovery*, 2016. **6**(2): p. 46-56.
3. Mueller, A., et al., *Elektrohydraulische Zerkleinerung von Altbeton: neue Ergebnisse und Perspektiven*. Ratgeber Abbruch & Recycling, 2004. **5159**.

<b>Mahl- und Sichtenanlagen – Anwendungen in der Aufbereitung und Recycling</b>		<b>Vortrag 18</b> Seite 1
Autoren:	Fabian Mertens, Daniel-Christian Karhoff, Marc Giersemehl, NEUMAN & ESSER Process Technology GmbH, 52531 Übach-Palenberg, Germany	
Referent:	<b>M.Sc. Fabian Mertens</b> , NEUMAN & ESSER Process Technology GmbH, 52531 Übach-Palenberg,	
Mail-Adresse:	fabian.mertens (at) neuman-esser.de	

NEUMAN & ESSER Process Technology hat eine neue Produktfamilie entwickelt. Sie besteht aus hocheffizienten Mahl- und Sichtenanlagen (siehe Abbildung 1).

Die Sichtenanlagen (GRC, DC, DCX) können in vorhandenen Mahlanlagen (z. B. Kugelmühlen, Wälzmühlen, Prallmühlen) direkt nachgeschaltet, oder losgelöst von anderen Prozessschritten als eigenständiger Sichtapparat eingesetzt werden.

Der „Guide Ring Classifier“ (GRC) ist ein externer offline Windsichter, der sich unter anderem durch eine Vordispersierung unmittelbar oberhalb des Sicherterrads auszeichnet, sowie durch eine getrennte und gezielte Heranführung sowohl des Sichtguts als auch des Prozessgases an das Sicherterrad. [1]

Die „Deflektorsichter“ (DC / DCX) wurden für die in-line Klassierung entwickelt. Durch den Deflektor wird der Einlassvolumenstrom in Teilströme aufgeteilt, sodass die Partikel oberhalb und durch den Deflektor strömen und die beiden Teilströme in der Sichtzone zusammentreffen. Dadurch können die Teilströme gesteuert werden.

Der Entwicklungsprozess der Sichter hatte vor allem zum Ziel, sowohl die radiale als auch die tangentielle Geschwindigkeitskomponente des Prozessgases am Außenumfang des Sicherterrades an die gewünschten Trennbedingungen anzupassen, um optimale Klassierungsergebnisse zu gewährleisten.

Es können Oberkornbegrenzungen zwischen 2 µm und 800 µm erreicht werden bei Durchsätzen von 50 kg/h bis 50.000 kg/h. [2] [3]

Einsatzmöglichkeiten für die genannten Sichter sind z. B. Zinkanreicherung durch Klassierung des Abgases in der Stahlerzeugung, Trennung von Salzen aus Baustaub, Trennung eines nichtoxidkeramischen Bestandteils aus einem Feststoffgemisch mit mehr als 10 Komponenten.

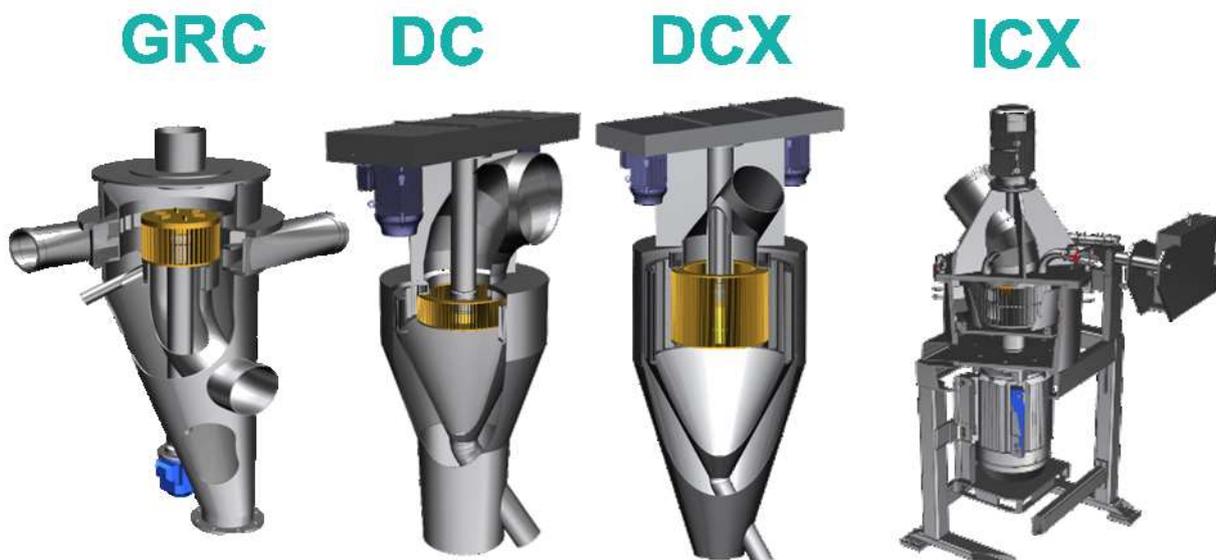


Abbildung 1: NEA PT Sichterbaureihe (GRC, DC, DCX) und Feinstprallsichtermühle (ICX)

<b>Mahl- und Sichtenanlagen – Anwendungen in der Aufbereitung und Recycling</b>		<b>Vortrag 18</b> Seite 2
Autoren:	Fabian Mertens, Daniel-Christian Karhoff, Marc Giersemehl, NEUMAN & ESSER Process Technology GmbH, 52531 Übach-Palenberg, Germany	
Referent:	<b>M.Sc. Fabian Mertens</b> , NEUMAN & ESSER Process Technology GmbH, 52531 Übach-Palenberg,	
Mail-Adresse:	fabian.mertens (at) neuman-esser.de	

Ein neues Design der Prallsichtermühle (ICX) wurde entwickelt. Unter Verwendung einer hocheffizienten Mahlzone, einer an die besonderen Anforderungen für die Feinstmahlung und Sichtung angepassten Partikelführung, und der beschriebenen neuen Sichtertechnologie können Feinheiten von unter 5 µm erreicht werden. [4]

Diese neuentwickelte Feinstsichtermühle wird z. B. angewendet für die Aufbereitung von recovered Carbon Black (rCB) für minimale Oberkornbegrenzungen bis zu 6 µm und für die Aufbereitung von Aktivkohle. [5]

Die Präsentation zeigt den Aufbau der neuen Sichteraggregate und die Prallsichtermühle für die Feinstmahlung. Des Weiteren werden Anwendungsbeispiele dargestellt.

#### Literaturverzeichnis

- [1] D.-C. Karhoff, F. Mertens und M. Giersemehl, „Entwicklung eines Leitringsichters,“ in *Freiberger Symposium für Aufbereitungstechnik*, Freiberg, 2019.
- [2] F. K. D.-C. G. M. Mertens, „DC -Entwicklung eines Deflektorsichters,“ in *Tagung Aufbereitung und Recycling*, Freiberg, 2019.
- [3] D.-C. M. F. G. M. Karhoff, „Development of a Deflector Wheel Classifier for fine Classification,“ in *16th European Symposium on Comminution & Classification*, Leeds, UK, 2019.
- [4] D.-C. Karhoff, F. Mertens und M. Giersemehl, „ICX - Extra fine grinding in the impact classifier,“ in *16th European Symposium on Comminution & Classification*, Leeds, 2019.
- [5] D.-C. M. F. G. M. Karhoff, „Producing fine ground RCB economically at minimum energy consumption,“ in *Recovered Carbon Black*, Berlin, 2019.

**Die Tagung 2021 soll am 11. und 12. November stattfinden.**

### Tagungsorganisation



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

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

**Dr.-Ing. Henning Morgenroth**

Anke Heinrich

*Wir bedanken uns ganz herzlich beim Tagungsgremium für die tatkräftige Unterstützung:*

HZDR/HIF  
TU Bergakademie Freiberg IAM/  
TU Bergakademie Freiberg IAM-RM  
TU Bergakademie Freiberg MVT/AT  
UVR-FIA GmbH

Dr.-Ing. Martin Rudolph  
Prof. Dr.-Ing. Holger Lieberwirth  
Dr.-Ing. H.-G. Jäckel  
Dr.-Ing. Thomas Mütze  
Dr.-Ing. Andre Kamptner



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



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