

# Tagung 2024

## Aufbereitung und Recycling

7. und 8. November 2024

### Tagungsband

Veranstalter:



GESELLSCHAFT FÜR VERFAHRENSTECHNIK  
UVR-FIA e.V. FREIBERG

Ausrichter:

UVR-FIA GmbH



VERFAHRENSTECHNIK  
FÜR ROHSTOFFE

*in Kooperation mit:*

**HiF**

HELMHOLTZ-INSTITUT FREIBERG  
FÜR RESSOURCENTECHNOLOGIE

*und*



**TUBAF**

Die Ressourcenuniversität.  
Seit 1765.

**Schwerpunkte der Tagung 2024 sind:**  
**Mineralische Rohstoffe – Wertstoffe aus Abfall**

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

**Inhalt Tagungsband:**

	Seite
Vortragsprogramm	
• Donnerstag 7.11.2024	2
• Freitag 8.11.2024	3
Kurzfassungen der <b>Vorträge</b> <b>und Poster</b>	5-8; 23-42 9-22
Organisatorisches	43

# Programm

zur Tagung Aufbereitung und Recycling am 7. und 8.11.2024 in Freiberg

- kurzfristige Änderungen sind möglich -

Version: 6.11.2024

20 min Vortrag + 5 min Diskussion

Die Tagung findet im Hörsaal auf der Chemnitzer Str. 40 in 09599 Freiberg statt.  
Ihre Anmeldung ist nur online unter [www.uvr-fia.de](http://www.uvr-fia.de) möglich.

Veranstalter: Gesellschaft für Verfahrenstechnik UVR-FIA e. V. Freiberg  
Ausrichter: UVR-FIA GmbH  
in Kooperation mit  
HZDR-HIF und TU Bergakademie Freiberg

## Donnerstag – 7.11.2024

		8:00	9:00	<b>Registrierung</b>
		9:00	9:30	Begrüßung und Organisatorisches
1	A	9:30	9:55	<i>Aufbereitung sekundärer, feindisperser Hüttenzwischenprodukte – Von der Machbarkeit zum Anlagenkonzept zur Inbetriebnahme</i> <b>Stefan Jäckel</b> – POWPRO GmbH - Dresden
2		9:55	10:20	<i>Sortierung strategischer Elemente aus indonesischen Fe-Pb-Zn-(Cu-Ag)-Skarns im Projekt StratOre</i> <b>Özüm Yasar</b> – UVR-FIA GmbH - Freiberg
		10:20	11:05	<b>Kaffeepause</b>
3	B	11:05	11:30	<i>Bewertung von Zerkleinerungsverfahren für Feuerfestausbruchmaterial anhand des Aufschlussgrads von Partikeln im Dispersitätsbereich &lt; 4mm: Backenbrecher, Prallmühle, Kegelmühle, elektrodynamische Fragmentierung</i> <b>Karl Friedrich</b> – Montanuniversität Leoben – Lehrstuhl Aufbereitung und Veredelung
		11:30	12:00	jeweils 3 Minuten Kurzvorträge aller <b>Posteraussteller</b>
		12:00	13:00	<b>Mittagspause</b>
4	C	13:00	13:25	<i>Betonrecycling: Mechanische und elektrodynamische Zerkleinerung von Altbeton</i> <b>Pierre Landgraf</b> – TU Bergakademie Freiberg – Institut IART
5		13:25	13:50	<i>Sortierung und Aktivierung von feinkörnigen Bauschutt</i> <b>Annett Lipowsky</b> – IAB – Forschungsbereich Baustoffe FB Baustoffrecycling - Weimar
6		13:50	14:15	<i>Effiziente Güteüberwachung und der Einsatz von Dichteseparatoren zur Umsetzung der Ersatzbaustoffverordnung (EBV) in der Bauwirtschaft</i> <b>Alexander Slickers</b> – Slickers GmbH – Wilsdruff <b>Jörg Thomas</b> – WIMA Wilsdruffer Maschinen und Anlagenbau GmbH - Wilsdruff
7		14:15	14:40	<i>Herausforderungen der Mantelverordnung / Ersatzbaustoffverordnung an Routinelabore - Probenaufbereitung, Elution, Analytik</i> <b>Thomas Hoppe</b> – Eurofins Umwelt Ost GmbH - Hilbersdorf <b>Kathrin Oehme</b> – Eurofins Umwelt Ost GmbH - Hilbersdorf
		14:40	15:40	<b>Posterausstellung, Führungen (nach Vereinbarung), Kaffeepause</b>
8	D	15:40	16:05	<i>Energiewende: Potenzial und Bedeutung des NaCl-Recyclings aus Rückständen der Kaliindustrie</i> <b>Vadim Greshnov</b> – ERCOSPLAN Ingenieurbüro Anlagentechnik GmbH - Erfurt
9		16:05	16:30	<i>Praxisbeispiele aus dem Recycling von Schlacken, Stäuben und Schlämmen</i> <b>Jan Lampke</b> – HAVER ENGINEERING GmbH - Freiberg
10		16:30	16:55	<i>Zur Speicherung von CO<sub>2</sub> in Bergemineralen und Nutzung dieser in der Zementindustrie - Investigations on carbon dioxide sequestration through wet carbonation of calcium/magnesium silicate-rich minerals</i> <b>Sahra Homae</b> – Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF)
11		16:55	17:20	<i>Kontinuierliche Analyse des Carbonatgehalts in Branntkalk zur Erkennung des Durchbranntgrades mit zerstörungsfreier Raman-Spektroskopie</i> <b>Eckhard Zeiger</b> – Metrohm Deutschland GmbH & Co. KG – Abt. Prozessanalytik - Filderstadt
		18:00		<b>Abendveranstaltung im Schankhaus 1863- (Kaufhausgasse) Nebengasse vom Freiburger Ratskeller – vorherige schriftliche Anmeldung ist erforderlich</b>

# Programm

zur Tagung Aufbereitung und Recycling am 7. und 8.11.2024 in Freiberg

- kurzfristige Änderungen sind möglich -

Version: 6.11.2024

20 min Vortrag + 5 min Diskussion

Die Tagung findet im Hörsaal auf der Chemnitzer Str. 40 in 09599 Freiberg statt.  
Ihre Anmeldung ist nur online unter [www.uvr-fia.de](http://www.uvr-fia.de) möglich.

Veranstalter: Gesellschaft für Verfahrenstechnik UVR-FIA e. V. Freiberg  
Ausrichter: UVR-FIA GmbH  
in Kooperation mit  
HZDR-HIF und TU Bergakademie Freiberg

## Freitag – 8.11.2024

<b>12</b>	<b>F</b> Neues in Maschinen und Anlagen	8:30	8:55	<i>Nass- und Trockenmahlkreislauf mit Wälzmühle</i> <b>Oliver Schindler</b> - TU Bergakademie Freiberg – Institut IART
<b>13</b>		8:55	9:20	<i>Effiziente Kryogene Vermahlung mit dem NEA CryoX</i> <b>Lucas Nievelstein</b> – NEUMAN & ESSER Process Technology GmbH – Übach-Palenberg
<b>14</b>		9:20	9:45	<i>Künstliche Intelligenz zur Untersuchung von Zerkleinerungsanlagen in der Zementindustrie</i> <b>Johannes Müller</b> - Köppern Aufbereitungstechnik GmbH & Co. KG - Freiberg
<b>15</b>		9:45	10:10	<i>Neuentwicklung eines Stachelwalzenprofils für den JEHMLICH-Walzenbrecher RC300 zur Optimierung der Partikelgrößenverteilung</i> <b>Raphael Sperberg</b> - Gebrüder Jehmlich GmbH - Nossen
		<b>10:10</b>	<b>10:55</b>	<b>Kaffeepause</b>
<b>16</b>	<b>F</b> Innovatives aus dem Recyclingbereich	10:55	11:20	<i>Multifunktionales Additiv aus Eierschalen für die Kunststoffindustrie</i> <b>Markus Kammer</b> – Hochschule Hannover – IfBB – Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe - Hannover
<b>17</b>		11:20	11:45	<i>Untersuchungen zur sensorgestützten Sortierung von mit Messing verunreinigten Aluminiumkonzentraten über KI-gestützte dynamische Bilderkennung</i> <b>Adrian Valenas</b> – TU Bergakademie Freiberg – Institut IART
<b>18</b>		11:45	12:10	<i>Nachhaltiges Sportplatz-Recycling: Innovative Lösungen für eine grünere Zukunft</i> <b>Robert Claußnitzer</b> – AKW Apparate + Verfahren GmbH - Hirschau
<b>19</b>		12:10	12:35	<i>Übersicht zur mechanischen Aufbereitung von Lithium-Ionen-Batterien am MVT/AT</i> <b>Alexandra Kaas</b> – TU Bergakademie Freiberg – Institut für MVT/AT
		<b>12:35</b>	<b>13:30</b>	<b>Mittagspause</b>
				<b>Ende der Veranstaltung</b>

**Aufbereitung sekundärer, feindisperser Hüttenzwischenprodukte – Von der Machbarkeit zum Anlagenkonzept zur Inbetriebnahme**

Autoren:	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution Dr.-Ing. Stefan Jäckel / POWPRO GmbH Dipl.-Ing. Justus Ihle/ Feinhütte Halsbrücke GmbH
Referent:	<b>Dr.-Ing. Stefan Jäckel / POWPRO GmbH</b>
E-Mail-Adresse:	stefan.jaeckel(at)powpro.eu

Feinhütte Halsbrücke GmbH kann auf eine über 400-jährige Historie am Standort zurückblicken. Damit ist der Hüttenstandort einer der ältesten, noch in Betrieb befindlichen, weltweit. Heute werden am Standort Halsbrücke qualitativ hochwertige Metalle und Metalllegierungen in mannigfaltigen Zusammensetzungen, Varianten, Formaten – und Reinheiten produziert. Mit modernsten Technologien und weitreichendem metallurgischem Know-how ist die Feinhütte zudem in der Lage, praktisch alle Arten von Zinn- und Bleirückständen als Sekundärmaterial aufzuarbeiten – ressourcensparend, umweltschonend und wirtschaftlich.

Um bei optimalem Energie- und Ressourceneinsatz die kundenseitig geforderten Reinheitsgrade im Endprodukt abzubilden zu können, müssen die Primär- und Sekundärmaterialien vor der Verhüttung vorbereitende Prozesse durchschreiten. Elementar für die Prozessführung bei der Verhüttung und die Produktqualität nach der Verhüttung ist die Bereitstellung der richtigen Mischung aus Einsatzstoffen für den Ofenprozess. Neben den unterschiedlichen Primärmaterialien (Pb/Sn-Schrott) werden dem Ofenprozess als Zuschlagstoffe Schlackebildner (Glas, Sand, Soda, Kalk) und Reduktionsmittel (Koks, Steinkohle) zugegeben. Weiterhin werden die bei der Raffination der erzeugten Rohmetalle anfallenden, metallhaltigen Zwischenprodukte (Krätzen, Puder) und die beim Schmelzprozess anfallenden Flugstäube zur Erhöhung der Metallausbeute erneut dem Ofen zugeführt (Sekundärmaterialien).

In der bisherigen Technologie erfolgt nur die Mischung der verschiedenen Primär- und Sekundärmaterialien mit den Zuschlagstoffen überwiegend direkt im Kurztrommelofen. Nur die bei der Abgasreinigung abgeschiedenen Flugstäube werden separat unter Zugabe von Wasser in einem Mischer gemischt und gleichzeitig einer Aufbaugranulation unterzogen. Die so erzeugten, festen Granulate mit einer Restfeuchte von 10...13 % lassen sich gut und nahezu staubfrei in den Ofenprozess dosieren.

Zur Optimierung des Ofenprozesses werden nun in einem neuen Misch- und Agglomerierverfahren die o.g. Einsatzstoffe direkt mit dem Reduktionsmittel (Koks, Steinkohle) unter Zugabe der Schlackebildner gemischt und agglomeriert. Wie im bestehenden, laufenden Prozess wird der Mischung als Flüssigphase Wasser hinzugefügt. Das Vermischen von Kohlenstoff und oxydischem Sekundärmaterial vor dem Einsatz im Ofen ermöglicht einen besseren Kontakt des Reduktionsmittels mit dem gebundenen Sauerstoff und wirkt sich damit kinetisch und energetisch positiv auf die Prozessführung aus.

*siehe nächste Seite >>>*

Der betriebswirtschaftliche Nutzen dieser Vorgehensweise liegt im Wesentlichen in den folgenden Punkten:

- Durch diese räumliche Annäherung zwischen Einsatzstoff und Reduktionsmittel werden sowohl der Kohlenstoffverbrauch als auch die Reaktionszeit während der Verhüttung verringert.
- Durch eine effizientere Reaktionsführung wird der spezifische Energieverbrauch gesenkt und die Produktivität gesteigert.
- Durch den reduzierten Kohlenstoffeinsatz verringert sich der CO<sub>2</sub>-Anfall. Dies senkt die Abgasmenge am Ofen (höhere Abgaskapazität, geringere Emissionen) und trägt zu einer Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Footprintes des Prozesses bei.
- Mit der Granulation bzw. Brikettierung der Einsatzmischungen wird eine verbesserte Umschlags- und Lagerstabilität sichergestellt, die auch eine Entmischung der eingebrachten Komponenten verhindert.
- Zusätzlich werden durch die so stabilisierten Einsatzmischungen diffusen Emissionen bei Umschlag, Lagerung im Betriebsgelände sowie beim Einsatz des Materials im Ofen effektiv reduziert.

Der Vortrag gibt einen Einblick in die Verfahrenstechnik und den Projektablauf eines der größten Umweltschutz- und Modernisierungsprojekte der Feinhütte Halsbrücke GmbH - von der Machbarkeit über das Anlagenkonzept bis zur Inbetriebnahme der Aufbereitungsanlage in 2024.

**Sortierung strategischer Elemente aus indonesischen Fe-Pb-Zn-(Cu-Ag)-Skarns  
im Projekt StratOre**

Autoren:	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution Dr. Özüm Yasar, UVR-FIA GmbH Dipl.-Ing. Irina Bremerstein, UVR-FIA GmbH
Referentin:	<b>Dr. Özüm Yasar</b> , UVR-FIA GmbH
E-Mail-Adresse:	Yasar(at)uvr-fia.de

In diesem Projekt wurden strategische Elemente aus indonesischen Skarn-Lagerstätten mittels Dichtesortierung und Flotationsmethoden zurückgewonnen. Im Rahmen des Projekts wurde die Aufbereitung von Proben aus Skarn Erzlagerstätten im Pilotmaßstab untersucht. In diesem Kontext wurden die Versuchsparameter durch Vorversuche im Labormaßstab optimiert.

Das Skarn Erz besteht aus Galenit, Arsenopyrit, Magnetit, Hämatit, Sphalerit, Chalkopyrit und Calcit. Die Probe enthält 0,05 % As, 0,3 % Cu, 3,5 % Pb und 6 % Zn. Vorversuche mit Laborherd und Flotation wurden durchgeführt. Mit einem Herd wurde ein Konzentrat mit 39,7 % Pb- und 2,4 % As-Gehalt gewonnen. Bei Flotationsversuchen werden Pb und Cu in der ersten Stufe und Zn in der zweiten Stufe angereichert. In der ersten Stufe wurde ein Konzentrat von 16 % Pb- und 0,9 % Cu-Gehalt erhalten. In der zweiten Stufe wurde ein Konzentrat von 17 % Zn-Gehalt erhalten

**Bewertung von Zerkleinerungsverfahren für Feuerfestausbruchmaterial anhand des Aufschlussgrads von Partikeln im Dispersitätsbereich < 4mm:  
Backenbrecher, Prallmühle, Kegelbrecher, elektrodynamische Fragmentierung**

Autoren:	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution Dr. Karl Friedrich, Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung, Montanuniversität Leoben Prof. Helmut Flachberger, Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung, Montanuniversität Leoben
Referent:	<b>Dr. Karl Friedrich,</b> Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung, Montanuniversität Leoben
E-Mail-Adresse:	karl.friedrich(at)unileoben.ac.at

Das vom EU-Horizon-Programm geförderte und von RHI Magnesita geleitete 3,5-Jahres-Projekt „Refractory Sorting Using Revolutionizing Classification Equipment“ (ReSoURCE) zielt darauf ab, die grüne und digitale Transformation der Wertschöpfungskette des Feuerfestrecyclings sicherzustellen. Die Initiative wird die gesamte Prozesskette mit einer KI-gestützten Multisensor-Sortieranlage als Kerntechnologie erneuern. Durch die Kombination von laserinduzierter Plasmaspektroskopie (LIBS), hyperspektraler Bildgebung (HSI) mit optimierter Vorverarbeitung und automatisiertem Auswurf wird der Grundstein gelegt, um einen neuen Stand der Technik für die Sortierung von Feuerfestabfällen mit Partikelgrößen bis unter 1 mm zu setzen.

Der Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung der Montanuniversität Leoben leitet in diesem Projekt das Arbeitspaket „Materialvorbereitung für die Sortierung“, welches die selektive Zerkleinerung und die charakteristische Merkmalsklassenanalyse beinhalten.

Das Ziel dieses Arbeitspakets ist es, die am besten geeignete Zerkleinerungstechnologie für feuerfeste Steine im Hinblick auf den Aufschlussgrad zu validieren. Vier verschiedene Zerkleinerungstechnologien (Backenbrecher, Kegelbrecher, Prallbrecher und elektrodynamische Fragmentierung) wurden für die Zerkleinerung auf eine Partikelgröße < 4 mm ausgewählt. Als Feuerfestmaterialien wurden MgO-C (Ursprung Stahlpfanne) und gebrannter Magnesia-Hercynit Steine (Ursprung Drehrohrofenausbruch) verwendet.

Nach der Zerkleinerung wurden die gewonnenen Fraktionen abgesiebt, wobei für die Anwendung der Partikel als Sekundärrohstoff überwiegend die Dispersitätsbereiche 4 - 3,15 mm und 3,15 - 1 mm relevant sind. Für diese Fraktionen wurde eine charakteristische Merkmalsklassenanalyse durchgeführt, um den Aufschlussgrad zu bestimmen. Diese gliedert sich in:

- Schwimm-Sink-Analysen, um eine Wertstoffanreicherung in unterschiedlichen Dichteklassen, visualisiert in Henry-Reinhardt-Diagrammen, festzustellen;
- Dunkelfeld- und Hellfeld-Mikroskopie, um den Verwachsungsgrad festzustellen;
- Mineralogische Analysen mittels Röntgenfluoreszenz (RFA), LECO und ICP-OES, um die Elementarzusammensetzung, sowie möglich Infiltrationen, festzustellen

Der Backen- und der Kegelbrecher erzielten die beste Leistung bei der Erzeugung von Fraktionen mit Elementanreicherungen (Mg und C für MgO-C, Fe und Al für Magnesia-Hercynit). Für MgO-C war eine Mg-Anreicherung in der > 3,0 g/cm<sup>3</sup> möglich, während eine C-Anreicherung bei < 3,0 g/cm<sup>3</sup> für beide betrachteten Dispersitätsbereiche (4 - 3,15 mm und 3,15 - 1 mm) erfolgt. Magnesia-Hercynit zeigte, dass eine Anreicherung von Metallelementen (Fe und Al) in einer Dispersitätsklasse von 4 - 3,15 mm möglich ist. EDF zeigte für MgO-C kein signifikantes Anreicherungsresultat, für Magnesia-Hercynit war mit dieser Technologie nahezu keine Zerkleinerung möglich.



<b>SeRo.inTech – Einsatz innovativer Technologien zur Erschließung sekundärer Rohstoffquellen in Thüringen</b>	
<b>Autoren:</b>	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution M.Sc. Yuwei Chang, Hochschule Nordhausen Prof. Dr.-Ing Robert Wudtke, Hochschule Nordhausen (Projektleiter)
<b>Referentin:</b>	<b>M.Sc. Yuwei Chang</b> , Hochschule Nordhausen
<b>E-Mail-Adresse</b>	yuwei.chang(at)hs-nordhausen.de

Die Forschungsgruppe seRo.inTech (Verbund: IAB, B.is und HSN) ist ein vom Land Thüringen gefördertes und vom Europäischen Sozialfond Plus (ESF+) kofinanziertes Forschungsvorhaben. Diese Forschungsgruppe konzentriert sich auf die Stoffströme Sperrmüll, Baumischabfälle und Textilien, die bisher nur geringfügig im Sinne der Kreislaufwirtschaft einer gezielten Aufbereitung und Verwertung zugeführt werden. Die Hauptziele sind die Mobilisierung dieser Abfallströme durch spezifische Sammelstrategien, die Herstellung hochwertiger Sekundärrohstoffe für eine nachfolgende stoffliche Nutzung und die Identifizierung von Potenzialen zur Dekarbonisierung.

Besonderes Augenmerk liegt dabei auf dem Einsatz innovativer Anlagentechnik der Forschungseinrichtungen. Im Fokus der Aufbereitungsversuche steht die Multisortieranlage des Thüringer Innovationszentrum für Wertstoffe. Die mobile Aufbereitungsanlage verfügt über Verfahren zur Magnetseparation, Wirbelstromscheidung und der optischen Sortierung (NIR, VIS).

Jeder dieser Stoffströme ist in den gleichen definierten Kernbereichen zu analysieren, welche neben der „Erfassung und Mobilisierung“ der ausgewählten Stoffströme auch deren „Aufbereitung und Verwertung“ einschließt. Zudem sind ökonomische, rechtliche und ökologische Aspekte, insbesondere im Hinblick auf Potenziale zur Dekarbonisierung, Teil der Betrachtung.

In den abgeschlossenen Arbeitspaketen zum Stoffstrom Sperrmüll wurde das aktuelle Erfassungssystem in Thüringen analysiert und verglichen. Ein Pilotversuch mit dem Landkreis Nordhausen zeigte ein großes Wertstoffpotential im Sperrmüll, besonders bei Holz. Durch eine separate Erfassung und eine gezielte Aufbereitung kann dieses hochwertig verwertet werden.

In Zusammenarbeit mit regionalen und überregionalen Unternehmen (6 Industriepartner) werden praxisnahe Lösungsansätze für relevante Problemstellungen erarbeitet. Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem Einsatz innovativer Technologien, die dem Thüringer Innovationszentrum für Wertstoffe nach erfolgreichem Abschluss der ersten Förderperiode zur Verfügung stehen. Diese Technologien sollen gezielt eingesetzt werden, um die genannten Stoffströme zu untersuchen. Es ist zu erwarten, dass durch die Kombination verschiedener Technologien Möglichkeiten aufgezeigt werden können, um Sekundärrohstoffe optimal bereitzustellen und zukünftige Einsatzmöglichkeiten zu erweitern.

## Recyclingketten von PEM- und HT-Elektrolyseuren – Gemeinsamkeiten und Unterschiede

<b>Autoren:</b>	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution Dipl.-Ing., Carlo Kaiser, TUBAF/MVTAT Dipl.-Ing., Malena Staudacher, TUBAF/MVTAT Prof. Dr.-Ing., Urs A. Peuker, TUBAF/MVTAT
<b>Referent:</b>	<b>Dipl.-Ing. Carlo Kaiser, TUBAF/MVTAT</b>
<b>E-Mail-Adresse</b>	Carlo.Kaiser(at)mvtat.tu-freiberg.de

Im Kontext der gegenwärtigen Energiewende kommt dem Wasserstoff als Energieträger eine wesentliche Bedeutung zu. Infolgedessen wird die Kapazität zur Erzeugung von Wasserstoff weltweit signifikant erweitert. Allein in Deutschland ist bis 2030 die Installation von 10 GW an Wasserelektrolyseuren vorgesehen [1].

Das Wasserstoffleitprojekt H2Giga stellt einen wesentlichen Schritt zur Erreichung der 10 GW Marke dar. Es befasst sich mit der großindustriellen Herstellung von Elektrolyseuren, welche eine entscheidende Rolle in der Wasserstoffwirtschaft einnehmen. Neben den alkalischen Elektrolyseuren, die als etablierte Technologie zur Wasserstofferzeugung eingesetzt werden, werden vor allem die Polymer-Elektrolyt-Membran (PEM)- und Hochtemperatur (HT)-Elektrolyseure (EL) gefördert. Neben der Weiterentwicklung der Materialien und dem Scale-up dieser Elektrolyseure steht auch das Recycling der wertvollen Rohstoffe wie Seltene Erden und Edelmetalle im Fokus. Diese Materialien sind in beiden Elektrolyseuren in der elektrochemischen Zelle in bis zu wenigen Mikrometern dicken Schichten enthalten, was beim Recycling eine große Herausforderung darstellt. Die Zelle des PEMEL besteht aus einer flexiblen Polymermembran, die beidseitig mit dünnen Elektrodenschichten beschichtet ist. Die HT-Zelle hingegen ist eine spröde Keramik, die aus verschiedenen Funktionsschichten aufgebaut ist.

Obwohl sich die eingesetzten Materialien und deren mechanischen Eigenschaften von beiden Elektrolyseuren unterscheiden, weist das mechanische Recycling aufgrund des ähnlichen Aufbaus viele Gemeinsamkeiten in den Makroprozessen auf. In beiden Fällen stellt die selektive Zerkleinerung mittels Entschichtung zur Abtrennung von Elektroden einen Kernprozess der Aufbereitung dar. Außerdem wird durch eine Vorzerkleinerung mit nachgeschalteter Siebung eine Aufbereitung der Materialströme für den Entschichtungsprozess gewährleistet. In Abhängigkeit von den jeweiligen Materialeigenschaften zeigen sich Unterschiede hinsichtlich der Durchführung der Prozesse.

Das Poster präsentiert die Recyclingketten für PEM- und HT-Elektrolyseure, vergleicht diese und stellt die jeweiligen Prozessschritte vor. Dabei werden die mechanischen Prozesse sowie die Voraussetzungen je Elektrolyseurtyp detailliert betrachtet, wobei Gemeinsamkeiten und Unterschiede herausgearbeitet und dargestellt werden.

[1] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). (2023). Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie

**Poster 3**

**Towards Slag Recycling: Comprehensive View of Slag from Remelting of Metallic Components from High-Temperature Water Electrolyzer**

Autoren:	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution M.Sc. Shine-Od Mongoljiibuu, TUBAF/MVTAT Prof. Dr.-Ing. Urs Alexander Peuker, TUBAF/MVTAT
Referentin:	<b>M.Sc. Shine-Od Mongoljiibuu</b> , TUBAF/MVTAT
E-Mail-Adresse	Shine-Od.Mongoljiibuu2(at)mvtat.tu-freiberg.de

The sustainable recycling of metallic components from high-temperature water electrolyzers is crucial for the advancement of green hydrogen production technologies. These metallic components, primarily composed of high-ferritic stainless steel, are typically recycled using pyrometallurgical processes. This approach not only recovers valuable materials but also generates slag as a by-product, containing alloying metals in the form of oxides. The present study focuses on characterizing these slags to optimize the recovery of alloying metals and improve recycling efficiency. Given the limited availability of End-Of-Life electrolyzer materials, and consequently the slag, we used non-destructive analysis such as X-ray Computed Tomography (XCT) to understand the internal structure of slag alongside other advanced techniques namely, X-ray Fluorescence (XRF), X-ray Diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM)-based mineralogical analysis allowing detailed examination of the slag and identification of potential target phases. Findings reveal the distribution of alloying elements such as chromium, iron, manganese, and nickel in different phases, and most importantly give good understanding of target crystal (its size and shape).

The poster presents brief introduction to slag origin (pyrometallurgical processes applied), results from different analytical techniques, distribution of key alloying elements in the slag, highlighting the target phases with its size and shape and its implication in further beneficiation and outlook with slag potentially being secondary raw materials resources.

**Poster 4**

<b>Anpassung analytischer Methoden an neue Herausforderungen beim Batterierecycling von Li-Akkumulatoren</b>	
<b>Autoren:</b>	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution Dr. Heike Böhme, Eurofins Umwelt Ost GmbH Axel Ulbricht, Eurofins Umwelt Ost GmbH Dr. Thomas Hoppe, Eurofins Umwelt Ost GmbH Kathrin Oehme, Eurofins Umwelt Ost GmbH
<b>Referentin:</b>	<b>Dr. Heike Böhme</b> , Eurofins Umwelt Ost GmbH
<b>E-Mail-Adresse</b>	HeikeBoehme(at)eurofins.de

Die Eurofins Umwelt Ost GmbH, NL Freiberg hat analytische Methoden zur Bestimmung relevanter Parameter an wichtigen Teilprodukten des Batterierecyclings angepasst. Diese werden erfolgreich für unsere Kunden in der Forschung und Entwicklung angewandt.

Dazu gehören verschiedene Methoden zur Bestimmung der Kohlenstoff-Spezies sowie einer Vielzahl wichtiger Elemente, wie u.a. Kupfer, Mangan, Nickel, Cobalt, Lithium und Silizium in der Schwarzmasse (Black Mass), aber auch in anderen Materialfraktionen, wie Folien, Kunststoffen und Pyrolyseaschen. Zusätzlich untersuchen wir Wasch- und Laugungs-lösungen.

Darüber hinaus analysieren wir grundlegende Parameter, wie Wassergehalt, Chlor und Fluor mit modifizierten Aufschlüssen und konnten vielfältige Erfahrungen mit derart komplexen Matrices und enthaltenen Lösemitteln gewinnen.

<b>Methode zur Haftkraftmessung von Beschichtungen auf Elektronenfolien aus ausgedienten Lithium-Ionen Batterien mittels Zentrifugalhaftprüfung</b>	
Autoren:	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution M. Sc., Konstantin, Dahl, TU Bergakademie Freiberg MVTAT Prof. Dr.-Ing., Urs A., Peuker, TU Bergakademie Freiberg MVTAT
Referent:	<b>M. Sc. Konstantin Dahl</b> , TU Bergakademie Freiberg MVTAT
E-Mail-Adresse	Konstantin.Dahl(at)mvtat.tu-freiberg.de

Hohe Ausbringquoten und Reinheitsgehalte bei dem Entschichten von Aktivmaterialien von Stromableiterfolien aus ausgedienten Lithium-Ionen-Batterien (LIB) sind entscheidende Faktoren für ein erfolgreiches mechanisches Recycling von LIB. Um die Aktivmaterialien (z.B. Metalloxide haftend auf Aluminiumfolien) in späteren Verfahrensschritten optimal verwerten zu können, werden häufig Zerkleinerungsprozesse eingesetzt [1]. Das Feingut des Zerkleinerungsproduktes ist die sogenannte Schwarzmasse. Die starke Klebkraft der in der Batterieherstellung verwendeten Bindemittel, wie z.B. PVDF, stellt jedoch ein Problem bei der Zerkleinerung bzw. Erzeugung einer hochwertigen Feinfraktion dar: Fragmente der Aluminiumfolie und Fragmente der Kupferfolie verunreinigen die Schwarzmasse [2]. Darüber hinaus haben nicht ausreichend beanspruchte Stromsammelnerfolien eine Restbeschichtung, die auf ein Minimum reduziert werden muss, um den neulich angehobenen gesetzlichen Recyclingquoten entsprechen zu können.

Um die Entschichtung von Stromableiterfolien aus EoL (End of Life) LIB zu quantifizieren, zu verstehen und optimieren zu können, muss die Haftkraft der Beschichtungen auf den Folien ermittelt werden. Bei der Batterieherstellung erfolgt eine Bewertung der Adhäsion von Beschichtungen auf Elektrodenfolien mittels Schäl- und Abziehtests [3,4]. Eine weitere Methode ist der von Haselrieder, Westphal und Bockholdt entwickelte Pull-Off-Test für LIB-Elektrodenfolien [5]. Die für diese Methode genutzte Messapparatur wurde ursprünglich entwickelt, um die Adhäsionskraft poröser Beschichtungen zu quantifizieren und wurde in Vergangenheit nach bestem Wissen des Autors als einzige bekannte Methode zur Adhäsionskraftmessung für EoL Elektrodenfolien angewandt [6]. Die Forschung auf diesem Gebiet wurde jedoch nicht weiter vertieft und bedarf angesichts ständiger Weiterentwicklung von LIB-Elektrodenfolien weiterführende Versuche. Zu diesem Zweck wird am Institut MVTAT der TU Bergakademie Freiberg eine Methode zur Bewertung der Adhäsionskraft solcher Beschichtungen mittels Zentrifugalhaftprüfung und anschließender Bruchflächenanalyse der entschichteten Elektrodenfolien entwickelt. Dazu wird eine Messapparatur (LUMiFrac der Fa. LUM GmbH) genutzt, die ebenfalls auf dem Gebiet der Prüfung von Haftfestigkeiten von Beschichtungen Anwendung findet. Vorteilhaft ist hierbei die gute Handbarkeit der Probenvorbereitung und Temperaturkontrolle dank eingehaustem Rotor bei einer Messung von gleichzeitig 8 Proben. Ein Posterbeitrag soll die ausgearbeitete Methode vorstellen und Einflussparameter (z.B. Anpressdruck auf die Probe oder Beschleunigung der Fliehkraft) anhand von Messdaten zur Diskussion stellen.

siehe nächste Seite >>>

Quellen:

- [1] D. M. Werner et al., *Metals-Basel* **2020**, *10*, 10.3390/met10030316.
- [2] C. Wilke, et al., *Batteries-Basel*, **2023**, *10*, 10.3390/batteries9100514
- [3] J. E. Vogel et al., *J. Electrochem. Soc.*, *169*, **2022**, 10.1149/1945-7111/ac8504
- [4] B. Son, M.-H. Ryou et al., *ACS Appl. Mater. Interfaces*, *6*, **2014**,  
[dx.doi.org/10.1021/am404580f](https://doi.org/10.1021/am404580f)
- [5] W. Haselrieder et al., *Int. J. Adhesion & Adhesives*, **2015**,  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2015.03.002>
- [6] C. Hanisch et al., *J. Clean. Prod.*, **2015**, *08*, 10.1016/j.jclepro.2015.08.026

<b>Feinpartikeltrenntechniken für das Recycling von Elektrolyseurkatalysatoren im national geförderten H2Giga Projekt</b>	
<b>Autoren:</b>	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution Sohyun Ahn, HZDR   Helmholtz Institute Freiberg for Resource Technology (HIF) Dr. Martin Rudolph, HZDR   Helmholtz Institute Freiberg for Resource Technology (HIF)
<b>Referent:</b>	<b>Dr. Martin Rudolph - HZDR/HIF</b>
<b>E-Mail-Adresse</b>	m.rudolph(at)hzdr.de

Die große gesellschaftliche Herausforderung der für die Dekarbonisierung der Industrie notwendigen Energiewende führt zu neuen aufstrebenden Technologien, zum Beispiel modernen Elektrolyseuren für die Wasserstoffproduktion und CO<sub>2</sub> Umwandlung. Bei diesen Geräten und Apparaten werden diverse wirtschaftlich kritische Rohstoffe, wie Platingruppenelemente (Pt, Pd, Ir, Rh, etc), Seltene Erden, Ni, Co, etc. eingesetzt, wobei eine Recyclingstrategie der Elektrolyseure entwickelt werden muss im Sinne einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft. Auf dem Poster werden wir Feinstpartikelauflösungsprozesse vorstellen, die aktuell im Rahmen des Projekts “Fine Particle Electrolyzer Separation” im Verbund “ReNaRe” des Wasserstoffleitprojekts “H2Giga” des BMBF finanziert durch die EU. Wir stellen die Elektrolyseure der Bauarten Proton Exchange Membrane Electrolyzer (PEM) und High Temperature Electrolyzer (HTEL) vor und gehen hierbei speziell auf den Phasenbestand der Komponenten der Membraneinheiten (Membrane Electrode Assembly - MEA), speziell der Katalysatorpartikel ein. Bei den Trennprozessen fokussieren wir uns auf Heterokoagulationstrennprozesse in Mehrphasensystemen. Wir gehen auf die Aufbereitungscharakteristika der innovativen Prozesse der Flüssig-Flüssig-Partikelextraktion und Doppemulsion gestützten Schaumflotation ein und verweisen dabei auch auf aktuelle wissenschaftliche Publikationen, die tiefer eintauchen. Abschließend zeigen wir den Weg auf in die kommenden Forschungsschritte, wo Membraneinheiten der Industrie aufbereitet werden.

1. S. Ahn, M. Rudolph: Development of Fine Particle Mechanical Separation Processes with Representative Catalyst Materials for Recycling PEM Water Electrolyzers Exploiting their Wetting Characteristics. ChemCatChem, vol. 16, 2024, e202300931
2. S. Ahn, S.A. Patil, M. Rudolph: Influence of surfactants on selective mechanical separation of fine high temperature electrolyzer active materials contributing to circular economy. Industrial Chemistry & Materials, 2024, doi.org/10.1039/D4IM00044G
3. S. Ahn, S.A. Patil, M. Rudolph: Ultrafine particle recycling - Efficiency of the hydrophobic double emulsion technique for the selective agglomeration and froth flotation of ultrafine cathode catalyst particles from PEM water electrolyzers. ACS Engineering Au (2024) under review

## Poster 7

Abfallverarbeitung für den grünen Wandel - Elektro- und Elektronikschrott (Waste processing for green transition - WEEE)	
Autoren:	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution PhD, Sándor, NAGY, Universität Miskolc, Fakultät für Technische Geo- und Umweltwissenschaften; Prof. Dr. Gábor MUCSI, Universität Miskolc, Fakultät für Technische Geo- und Umweltwissenschaften
Referent:	<b>PhD, Sándor, NAGY</b> , Universität Miskolc, Fakultät für Technische Geo- und Umweltwissenschaften; <b>Prof. Dr. Gábor MUCSI</b> , Universität Miskolc, Fakultät für Technische Geo- und Umweltwissenschaften
E-Mail-Adresse	sandor.nagy(at)uni-miskolc.hu; gabor.mucsi(at)uni-miskolc.hu

Electrical and electronic equipment (EEE) is strongly linked to widespread global economic development, its production and usage can be very resource demanding. Based on the statistics of The Global E-waste Monitor 2020, the world generated 53.6 Mt of e-waste in 2019 and based on the actual trends it is expected to reach 74.7 Mt in 2030. In addition, electronic units applied in cars include computers printed circuit boards (PCB), light crystal displays (LCD), light-emitting diodes (LED), and sensors. Nowadays large percentage of the new cars are available only equipped with LED lights. Number of cars commonly estimated in the EU member states is 400-700 vehicle per 1000 inhabitants. The End of Life (EoL) car electronic parts are generated as a result of accident, failure, the end service time of car, or even as production waste. The EoL electronic parts originated from vehicles contain valuable materials, however, as a rule they occur in small concentrations. One way to recover the valuable materials from these parts is to remove the parts from the vehicles before the shredder technology. Other way could be the processing of the product of the shredder plant (e.g.: SLR, SHR, cyclone dust). During the processing of WEEE, the residue materials utilisation should be also investigated, e.g.: in geopolymers.

**LED car light.** Structure of EoL car lights and the chemical composition were determined. Also the mechanical processing possibilities were investigated in the case of this lights. The LED vehicle lights contain WEEE similar parts, such as PCB, LED and cable. This research focusing on the mechanical processing of this car parts. According to the circular economy directive, the proper processing after removal of lights from the cars is important. It was found that the mechanical processing of them should contain the following steps: (i) comminution (or opening of the cover), (ii) classification, (iii) further comminution for larger parts, separation of metals and (iv) removal of LEDs from PCB. The results showed, that the amount of the LEDs is small, below 1 g per light. Even if the LEDs contain valuable materials, it is matter in hand if it is economical to focus on LED recycling. The PCB content was below 2 % (type "A" front light). **Vehicle electronic (e.g.: ACC - Adaptive Cruise Control).** In first step a gentle pre-shredding is necessary liberate the materials. After that, classification is required, to separate the appropriate grain-size fractions to ensure optimal operation of the following equipment: magnetic, eddy current and electrodynamic separators. Particles with gold content can be separated with the introduced method.



<b>APPLICATION OF MICROWAVE TECHNOLOGY ON SPENT LITHIUM-ION BATTERIES TOWARDS LITHIUM METAL OXIDE RECOVERY BATTERIES USING FROTH FLOTATION AND MAGNETIC PROCESSES: A REVIEW</b>	
<b>Autoren:</b>	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution 1,5AKINYELE, Olabode Samuel, 2ALABI, Oladunni Oyelola, 3OLORUNTOBA, Daniel Toyin 4BORODE, Joseph Olatunde and 5 RUDOLPH Martin 1,2,3,4Department of Metallurgical and Materials Engineering, Federal University of Technology, Akure PMB 704, Nigeria. 5 Helmholtz Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR), Helmholtz Institute Freiberg for Resource Technology (HIF), Freiberg, Germany
<b>Referent:</b>	<b>Akinyele, Olabode Samuel, HZDR-HIF</b>
<b>E-Mail-Adresse</b>	Akinyeleolabodesamuel(at)gmail.com

The recycling of lithium-ion batteries (LIBs) has become increasingly important due to the rising demand for energy storage solutions and the need to mitigate environmental impacts. Among the valuable materials within spent LIBs, lithium metal oxide is particularly sought after for its role in battery production. This review explores the application of microwave technology in combination with froth flotation and magnetic processes for the recovery of lithium metal oxide from spent LIBs. Microwave technology has emerged as a promising method for LIB recycling due to its ability to selectively heat materials and accelerate chemical reactions. In the context of lithium metal oxide recovery, microwave irradiation offers advantages such as rapid and uniform heating, selective heating of target compounds, and enhanced reaction kinetics. These attributes contribute to reduced processing times, lower energy consumption, and improved recovery efficiency.

Froth flotation is a widely used separation technique that exploits differences in surface hydrophobicity to separate minerals. In LIB recycling, froth flotation has been adapted to recover lithium metal oxide from electrode materials. The incorporation of microwave technology into froth flotation processes provides several benefits. Microwaves selectively heat lithium metal oxide particles, facilitating their detachment from the electrode surface and enhancing their recovery. Additionally, microwave-assisted pretreatment promotes the liberation of active materials, leading to increased exposure to flotation reagents and improved recovery rates. Moreover, microwave-assisted froth flotation requires lower temperatures and shorter flotation times, resulting in energy savings and reduced operating costs. Magnetic separation is another method commonly used in LIB recycling to recover magnetic materials such as cobalt and nickel. By exploiting the magnetic properties of these materials, magnetic separation enables their separation from non-magnetic components. Integrating microwave technology into magnetic separation processes offers opportunities for enhanced efficiency and selectivity.

siehe nächste Seite >>>

Microwave irradiation can assist in the liberation of magnetic materials from electrode materials, promoting their separation. Furthermore, microwave-assisted magnetic separation can operate at lower temperatures and shorter processing times, contributing to energy efficiency and cost-effectiveness.

The application of microwave technology in conjunction with froth flotation and magnetic processes shows promise for the efficient recovery of lithium metal oxide from spent LIBs. The synergistic effects of microwave irradiation with these separation techniques lead to improved recovery rates, reduced energy consumption, and lower environmental impact. However, further research is needed to optimize process parameters, scale up operations, and address challenges such as material heterogeneity and equipment design. With continued innovation and collaboration, microwave-assisted recycling processes have the potential to play a significant role in advancing sustainable battery recycling practices.

<b>Untersuchungen zum Recycling von Stäuben aus der Gießerei-Altsand-Regeneration mittels Abweiseradsichter</b>	
<b>Autoren:</b>	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution Dr. rer. nat. Asija Durjagina, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recyclingsystemtechnik – IART Dipl.-Ing. Laura Hunger TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recyclingsystemtechnik – IART
<b>Referentin:</b>	<b>Dipl.-Ing. Laura Hunger</b> , TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recyclingsystemtechnik – IART
<b>E-Mail-Adresse</b>	Laura.hunger(at)iard.tu-freiberg.de

Die Gießereiindustrie nimmt sowohl national als auch international eine zentrale Rolle in der Zulieferindustrie für Halbzeuge ein. Sie zeichnet sich durch hohe Gestaltungsfreiheit (komplexe Bauteile, vielfältige Werkstoffe, verschiedene Bauteilgrößen) und eine hohe Wirtschaftlichkeit durch Serienfertigung aus. Im Jahr 2021 trugen gießereitechnische Produkte 11,6 % zum Umsatz der deutschen Metallindustrie bei. In Deutschland gibt es etwa 600 Gießereien mit mehr als 65.000 Beschäftigten, die jährlich ca. 4 Mio. Tonnen Eisen- und Stahlgussteile produzieren, wobei der Großteil in Grünsandformen gefertigt wird. Diese sogenannten „verlorenen Formen“ können nur einmal verwendet werden und müssen nach dem Guss zerstört werden, um das Gussteil zu entnehmen.

In Grünsandgießereien werden Formsande zur so lange wie möglich im Kreislauf geführt und durch Zuschlagstoffe wie Bentonit und Glanzkohlenstoffbildner aufgefrischt. Durch Zuführung von gebrachten Kernsanden in den Grünsandkreislauf muss ein Teil als so genannter Überlaufsand aus dem Kreislauf abgezogen werden, der dann typischerweise als Altsand deponiert wird. Seit den 1990er Jahren wird die mechanische Regeneration von Altsand kontinuierlich weiterentwickelt, bei der der Formgrundstoff abgeschliffen und für die Kernherstellung wiederverwendet wird. Der dabei entstehende Regenerierstaub wird derzeit jedoch deponiert. Das vorgestellte innovative Verfahren zur Regeneration dieser Stäube ermöglicht die Rückgewinnung der wertvollen Bestandteile Bentonit und Glanzkohlenstoffbildner, die als Zuschlagstoff bei der Grünsandherstellung wiedereingesetzt werden.

Jährlich fallen in Deutschland schätzungsweise 2 Mio. Tonnen Altsand an, die als Überlaufsand in Grünsandgießereien deponiert werden. Angesichts steigender Deponiekosten und der abnehmenden Verfügbarkeit von Deponiekapazitäten ist die Minimierung der zu deponierenden Altsandmengen von entscheidender Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Gießereibetriebe. Eine vollständige stoffliche Verwertung des Altsandes wäre hierbei die optimale Lösung.

Nach Verlassen der Gießerei durchläuft der Altsand eine mechanische Regeneration, bei der ca. 50 % der Ausgangsmasse abgeschliffen wird. Die restlichen 50 % fallen als Regenerierstaub an. Dieser Staub enthält jedoch wertvolle Bestandteile wie Kohlenstoffträger und aktiven Bentonit.

Die bei der mechanischen Regenerierung anfallenden Stäube wurden chemisch-mineralogisch analysiert und somit die genaue Zusammensetzung sowie die Verwachsungs- bzw. Aufschlussverhältnisse der Bestandteile bestimmt.

siehe nächste Seite >>>

Durch den im Vorhaben eingesetzte Abweiseradsichter wird der aufgegebene Staub in eine Grob- und Feinfraktion aufgeteilt, wobei die sich die Wertstoffe aus dem Staub (Bentonit und Glanzkohlenstoffbildner) im Feingut angereichert haben. Das Wertstoffprodukt besteht aus 47,2 % Tonmineralen und 3,9 % Kohle, den Rest bilden großteilig Quarz, es wurden jedoch in geringen Konzentrationen auch andere Minerale gefunden.

Zur Verarbeitung der Reststoffe zu einem sekundär verwertbaren Produkt wurden auf die aus der Gießereistaubanreicherung stammenden Reststoffe geprüft, die keine nutzbaren Fraktionen enthalten. Mögliche Potenziale zur Verwendung als Bindemittel oder Zuschlagstoff wurden untersucht. Das Ergebnis ist eine Eignung als Zuschlagstoff mit einem Anteil von 20 Ma.-% unter Beachtung der Anforderungen an Druck- und Biegefestigkeiten.

<b>Inline-Prozessüberwachung bei der industriellen Lithiumproduktion mittels Laser-induzierter Breakdown-Spektroskopie (LIBS)</b>	
Autoren:	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution Dr. Martin Zühlke, SECOPTA analytics
Referent:	<b>Dr. Martin Zühlke</b> , SECOPTA analytics
E-Mail-Adresse	Martin.zuehlke(at)secopta.de

*Mit dem Inline-Analysator SECOPTA MinerallIBS kann die elementare Zusammensetzung eines Förderbandes in Echtzeit erfasst werden. Auf dieser Basis können Prozesse in Bezug auf Ausstoß, Rohstoffeinsatz, Energieeffizienz, CO<sub>2</sub>-Freisetzung und Zeit optimiert werden.*

Der Bedarf an Lithium für Elektromobilität und Batteriespeichersysteme ist extrem hoch und wird nach verschiedenen Prognosen spätestens 2030 das Angebot übersteigen. Dieser strategisch wichtige Rohstoff sollte daher so effektiv wie möglich gewonnen werden. Dies gilt gleichermaßen für die Gewinnung aus Primärrohstoffen (Abbau und Aufbereitung) und aus Sekundärrohstoffen (Recycling). Ein effektives Prozessmanagement erfordert die genaue Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des Rohstoffs auf dem Förderband. Diese schwankt jedoch im Laufe der Zeit, wird aber meist nur diskontinuierlich (z.B. stündlich) erfasst. Für eine wirksame Prozesssteuerung im großen Maßstab ist jedoch eine kontinuierliche Echtzeitüberwachung des Eingangsmaterials erforderlich.

Die LIBS-basierten Inline-Messgeräte von SECOPTA können die chemische Zusammensetzung der Förderbandbelegung berührungslos ermitteln und in Sekundenschnelle über verschiedene Schnittstellen übermitteln. So wird sichergestellt, dass der Prozess jederzeit optimiert ist. Die Bestimmung der Zusammensetzung erfolgt optisch: Kurze Laserpulse erzeugen ein lokalisiertes Plasma, dessen elementspezifische Strahlung von Spektrometern detektiert wird. Komplexe KI-basierte Modelle übersetzen die spektralen Informationen dann in Echtzeit in qualitative oder quantitative Informationen über die Elementzusammensetzung. Der Materialfluss kann mit Hunderten von Analysepunkten pro Sekunde gescannt werden, ist im 24/7-Betrieb einsetzbar und liefert so ein repräsentatives Gesamtbild des Materialflusses.

siehe nächste Seite >>>

Das SECOPTA MineralLIBS wurde in den letzten Jahren für die Primärlithiumproduktion und Schwarzmassenanalyse optimiert, kann aber für jede Art der Mineralienaufbereitung eingesetzt werden. Mit der automatischen Höhenverfolgung passt es sich an unterschiedliche Korngrößen oder wechselnde Beladungshöhen auf dem Förderband an. So können Spodumenerze nach dem Brechen gescannt werden. Die Informationen können zum einen dazu genutzt werden, die Qualität des Abbaugebietes anhand des Li-Gehaltes zu bestimmen. Andererseits hilft die Bestimmung aller anderen Elemente, den Einsatz von Chemikalien für die Weiterverarbeitung zu optimieren. Dies spart eine enorme Menge an Chemikalien und Energie (und reduziert damit den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck des Prozesses), verkürzt die Reaktionszeiten in den Reaktoren, minimiert die Rezirkulation und verhindert Effizienzverluste in der Gesamtanlage. Beispielrechnungen zeigen, dass bei einem Eingangsvolumenstrom von 28 Tonnen pro Stunde vor der Kalzinierung mehrere 100 Tausend Euro pro Jahr eingespart werden können. Das MineralLIBS kann auch feinkörniges Material bis hin zu Pulvern ohne Probenaufbereitung zuverlässig detektieren und eignet sich daher auch hervorragend für die Analyse von Schwarzmassen im Batterierecycling: ob zur Qualitätskontrolle eines Spikes (Batterie zu Schwarzmasse) oder als Eingangskontrolle für einen Hub (Schwarzmasse zu Lithiumprodukt).

**Betonrecycling: Mechanische und elektrodynamische Zerkleinerung von Altbeton**

Autoren:	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution Dr.-Ing. Pierre Landgraf, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recycling-systemtechnik IART; Dr.-Ing. Oleg Popov, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recycling-systemtechnik IART; M. Sc. Margarita Mezzetti, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recycling-systemtechnik IART; M. Sc. Oliver Schindler, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recycling-systemtechnik IART; Prof. Dr.-Ing. Holger Lieberwirth, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recycling-systemtechnik IART;
Referent:	<b>Dr.-Ing. Pierre Landgraf</b> , TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recyclingsystemtechnik IART
E-Mail-Adresse:	Pierre.Landgraf(at)gart.tu-freiberg.de

Beton ist der weltweit am häufigsten verwendete Baustoff und besteht aus einer Mischung von Zement und Zuschlagstoffen wie Sand, Kies oder Splitt sowie Wasser. Zement fungiert als primäres Bindemittel und setzt sich hauptsächlich aus fein gemahlenem Zementklinker, Calciumsulfat sowie weiteren Zusatzstoffen wie Hüttensand oder Flugasche zusammen. Die Herstellung von Zement ist besonders energieintensiv und erfordert Temperaturen von bis zu 1450 °C in einem Drehrohrofen. Während des Erhitzens reagiert Calciumcarbonat zu Calciumoxid und Kohlenstoffdioxid.

Aufgrund der energieintensiven thermischen Behandlung und der ablaufenden chemischen Reaktionen, ist die Zementherstellung für etwa 8 % der globalen anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich. Altbeton wird bisher häufig für den Straßenunterbau o. ä. verwendet, was einem Downcycling entspricht. Eine zentrale Herausforderung für die Etablierung einer echten Beton-Kreislaufwirtschaft ist daher die effiziente Trennung der verschiedenen Bestandteile des Altbetons. So könnten beispielsweise die Komponenten Kies, Sand oder Zementstein – letzterer kann durch spezielle Verfahren, wie eine thermische Behandlung, reaktiviert werden – nach einer sauberen Trennung erneut dem Produktionskreislauf zugeführt werden. Dies reduziert den Primärrohstoffeinsatz und CO<sub>2</sub>.

Im Rahmen des Projekts UpCement wird untersucht, wie mechanische und elektrodynamische Verfahren zur selektiven Zerkleinerung der einzelnen Betonbestandteile beitragen können. Untersuchungen zur elektrodynamischen Fragmentierung von Altbeton zeigen dabei das hohe Potenzial dieser Methode, das Material entlang der Korn- und Phasengrenzen zu schwächen und die verschiedenen Bestandteile aufzuschließen. Ausgewählte Forschungsergebnisse des IART werden vorgestellt

<b>Sortierung und Aktivierung von feinkörnigen Bauschutt</b>	
<b>Autoren:</b>	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution Dr. Annett Lipowsky Prof. Anette Müller IAB - INSTITUT FÜR ANGEWANDTE BAUFORSCHUNG WEIMAR gemeinnützige GmbH
<b>Referent:</b>	<b>Dr. Annett Lipowsky</b> IAB - INSTITUT FÜR ANGEWANDTE BAUFORSCHUNG WEIMAR gemeinnützige GmbH
<b>E-Mail-Adresse:</b>	a.lipowsky(at)iab-weimar.de

Die Feinkornsortierung stellt sich im Baustoffrecycling immer noch als schwierig dar, da weder das Sortierkriterium Dichte noch die sensorbasierten Verfahren bisher Abhilfe schaffen konnten. Als Alternative bietet sich die magnetische Suszeptibilität als Sortierkriterium an. Aufgrund ihrer unterschiedlichen  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -Gehalte bleibt dieses Unterscheidungsmerkmal bei Betonen deutlich unter  $2000 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/\text{kg}$ , während an Ziegeln – mit wenigen Ausnahmen – Werte über  $2000 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/\text{kg}$  gemessen wurden. Damit wird eine Sortierung im Bereich von Partikelgrößen 0,5/4 mm möglich und durch Versuche mit einem „rare earth roll separator (RER)“ bestätigt. Es konnte sortiertes Ziegelmaterial mit Verunreinigungen  $< 5 \text{ M.-%}$  erzielt werden.

Die erfolgreich sortierten feinkörnigen Ziegelpartikel und bisher ungenutzte Gesteinsfüller (z.B.: Rhyolith, Grauwacke, Basalt) aus Abraumhalden von Steinbrüchen wurden umfangreichen experimentellen Untersuchungen zum Einsatz als mögliche Zementsubstitute im Ausgangszustand bzw. nach einer weiteren Aufbereitung/Behandlung unterzogen. Letztere hatten zum Ziel, durch eine erhöhte Feinheit mögliche Füllereffekte oder durch die vergrößerte/veränderte Oberfläche Nukleationseffekte hervorzurufen. Dafür wurden die Substitute in unterschiedlichen Zerkleinerungsaggregaten (Kugelmühle, Stoßwellenzerkleinerer, Planetenmühle) behandelt bzw. mit Mahlhilfsmitteln versetzt. Aus den Ergebnissen folgt, dass vor allem die Ziegelmehle das Potential zu einem Zementersatzstoff besitzen. Abhängig von der Behandlungsmethode kann die Aktivität der Ersatzstoffe Ziegelmehl und Gesteinsfüller gesteigert werden, so dass die erforderlichen Anforderungen an die hydraulische Aktivität erfüllt werden. Die erreichte Aktivitätssteigerung durch die hochenergieintensive Aufbereitung ist jedoch temporär und setzt eine Anwendung als Zementersatzstoff innerhalb von 6 Monaten voraus.



<b>Effiziente Güteüberwachung und der Einsatz von Dichteseparatoren zur Umsetzung der Ersatzbaustoffverordnung (EBV) in der Bauwirtschaft</b>	
Autoren:	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution Alexander Slickers / Slickers GmbH Jörg Thomas / WIMA Wilsdruffer Maschinen- und Anlagenbau GmbH
Referenten:	<b>Alexander Slickers</b> / Slickers GmbH <b>Jörg Thomas</b> / WIMA Wilsdruffer Maschinen- und Anlagenbau GmbH
E-Mail-Adresse:	Alexander(at)slickers.eu / j.thomas(at)wima-maschinen.de

Die Einführung der Ersatzbaustoffverordnung (EBV), die am 1. August 2023 in Kraft trat, stellt einen bedeutenden Schritt zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und nachhaltiger Baupraktiken dar. Diese Verordnung legt strenge Anforderungen an die Qualitätssicherung und Überwachung von Recycling-Baustoffen (RC-Materialien) fest, um deren sichere und effiziente Wiederverwendung in Bauprojekten zu gewährleisten. Der Vortrag bietet einen tiefgehenden Einblick in die Praxis der EBV-Umsetzung, mit besonderem Fokus auf die Güteüberwachung und die Rolle moderner Aufbereitungstechnologien.

Zentrales Element der EBV ist die umfassende Güteüberwachung, die die Einhaltung der Umweltanforderungen von mineralischen Ersatzbaustoffen sicherstellt. Diese gesetzlichen Rahmenbedingungen, festgelegt durch die EBV und die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), erfordern detaillierte Prüf- und Kontrollmaßnahmen. Diese umfassen sowohl interne Produktionskontrollen als auch externe Zertifizierungen durch akkreditierte Prüfstellen, um die Konformität der RC-Materialien zu gewährleisten. Die regelmäßige Probenahme und Analyse der Materialien stellen sicher, dass diese frei von Schadstoffen und Verunreinigungen sind, was für die bauliche Sicherheit und Umweltverträglichkeit unerlässlich ist.

Obwohl die EBV sich primär auf umweltrelevante Aspekte konzentriert, ist es ebenso wichtig, parallel zur EBV die bautechnischen Eigenschaften der Recyclingmaterialien zu untersuchen und zu prüfen. Es existieren Regelwerke, die vorschreiben, dass Materialien hinsichtlich ihrer bautechnischen Eigenschaften in einem Gütesystem überwacht werden. Wenn man bereits den Überwachungsaufwand für die umweltrelevanten Untersuchungen gemäß EBV betreibt, kann man effizient auch die bautechnischen Prüfungen parallel durchführen. Dies gewährleistet einen höheren und sicheren Absatz der Recyclingmaterialien für ihren Einsatz in technischen Bauwerken.

Die praktische Umsetzung der EBV bringt für Bauunternehmen und Aufbereitungsanlagen jedoch zahlreiche Herausforderungen mit sich. Die Implementierung erfordert Investitionen in neue Technologien und Schulungen sowie umfassende organisatorische Anpassungen, um die strengen Qualitätskontrollprozesse zu etablieren. Diese Hürden können initiale Kosten und Betriebsunterbrechungen verursachen, bieten jedoch langfristig Vorteile durch erhöhte Effizienz und Nachhaltigkeit. Moderne Aufbereitungstechnologien spielen eine entscheidende Rolle bei der Erfüllung der EBV-Anforderungen.

*siehe nächste Seite >>>*

Dichteseparatoren sind ein herausragendes Beispiel für solche Technologien, da sie durch ihre präzise und trennscharfe Separation von Materialien eine effektive Entfernung von Störstoffen aus zukünftigen RC-Materialien ermöglichen. Diese Systeme verbessern die Reinheit und Qualität der recycelten Baustoffe erheblich, indem sie unerwünschte Bestandteile effizient aussortieren. Dabei ist jedoch klar, dass die Qualität des Endprodukts von einer Kombination verschiedener Maßnahmen abhängt, wobei Dichteseparatoren einen wichtigen Baustein innerhalb eines umfassenden Qualitätssicherungssystems darstellen. Der Vortrag bietet eine detaillierte Analyse der gesetzlichen Rahmenbedingungen und zeigt praxisnahe Lösungen zur effizienten Umsetzung der EBV auf.

Es wird veranschaulicht, wie durch die Kombination strikter Güteüberwachungsmaßnahmen und moderner Aufbereitungstechnologien die Qualität und Wirtschaftlichkeit der Recyclingprozesse maximiert werden können. Zudem wird diskutiert, wie die Herausforderungen der EBV in der Praxis gemeistert werden können, um eine nachhaltige und zukunftsfähige Bauwirtschaft zu fördern. Durch die kontinuierliche Weiterentwicklung und Implementierung fortschrittlicher Technologien kann die Bauwirtschaft einen wesentlichen Beitrag zur Kreislaufwirtschaft leisten und gleichzeitig den Anforderungen der EBV gerecht werden. Diese innovativen Ansätze tragen dazu bei, die Akzeptanz von RC-Materialien in der Bauwirtschaft zu erhöhen und eine nachhaltige Zukunft für die Branche zu gestalten

<b>Herausforderungen der Mantelverordnung / Ersatzbaustoffverordnung an Routinelabore - Probenaufbereitung, Elution, Analytik -</b>	
<b>Autoren:</b>	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution Antje Eisold, Eurofins Umwelt Ost GmbH Axel Ulbricht, Eurofins Umwelt Ost GmbH Dr. Thomas Hoppe, Eurofins Umwelt Ost GmbH Kathrin Oehme, Eurofins Umwelt Ost GmbH
<b>Referenten:</b>	<b>Dr. Thomas Hoppe</b> , Eurofins Umwelt Ost GmbH <b>Kathrin Oehme</b> , Eurofins Umwelt Ost GmbH
<b>E-Mail-Adresse:</b>	ThomasHoppe(at)eurofins.de

Die Ersatzbaustoffverordnung (EBV) ist ein wesentlicher Teil der Mantelverordnung (Mantel-VO) und beinhaltet im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) Vorgaben zur Verwendung, Probenahme und Analytik von mineralischen Ersatzbaustoffen (Boden/Baggergut, mineralischem Recyclingmaterial, Gleisschotter, Schlacken u.a.).

Die Vorschriften dieser Verordnung regeln im Hinblick auf mineralische Ersatzbaustoffe

1. Anforderungen an Herstellung und Inverkehrbringen mineralischer Ersatzbaustoffe,
2. Anforderungen an die Probenahme und Untersuchung von Bodenmaterial und Baggergut,
3. Voraussetzungen, unter denen die Verwendung nicht zu schädlichen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt führt,
4. Anforderungen an den Einbau dieser mineralischen Ersatzbaustoffe in technische Bauwerke,
5. Anforderungen an die getrennte Sammlung mineralischer Abfälle aus technischen Bauwerken.

Auch das Labor der Eurofins Umwelt Ost GmbH, NL Freiberg hat, wie viele andere Routinelabore, die Methoden zur Probenahme, Probenaufbereitung, Elution und analytischen Bestimmung der geforderten Parameter anpassen müssen.

Seit Inkrafttreten der EBV konnten nun vielfältige Erfahrungen mit der Probenaufbereitung und Analytik mineralischer Ersatzbaustoffe gesammelt werden, die im Vortrag vorgestellt werden.

Die durch die Verordnung entstandenen neuen Herausforderungen, wie das Handling und die repräsentative Probenaufbereitung deutlich größerer Probenmengen, die Etablierung ausführlicher Säulenversuche nach DIN 19529: 2015-12 in großer Dimension, kurzer Zeit und in ausreichender Anzahl, das Reporting mit neuen Berechnungsanforderungen und nicht zuletzt die verordnungskonforme Lagerung der Rückstellproben werden beschrieben.

Der Hauptteil des Vortrags wird sich der Probenaufbereitung, Elution (Schüttel- und Säulenversuche) sowie der Analytik im Labor widmen. Probenahme, Berichtserstellung und Lagerung werden randlich erwähnt.

### Energiewende: Potenzial und Bedeutung des NaCl-Recyclings aus Rückständen der Kaliindustrie

Autoren:	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution Dr.-Ing. Vadim Greshnov, ERCOSPLAN Ingenieurbüro Anlagentechnik GmbH
Referent:	<b>Dr.-Ing. Vadim Greshnov</b> , ERCOSPLAN Ingenieurbüro Anlagentechnik GmbH
E-Mail-Adresse:	Greshnov(at)ercosplan.com

Die Bedeutung und das Potenzial des Recyclings von Natriumchlorid (NaCl) aus überfälligen Rückstandshalden der Kaliindustrie, insbesondere aus Sylvinit-Verarbeitungsanlagen, werden im Kontext der globalen Energiewende beleuchtet. Angesichts der wachsenden Nachfrage nach nachhaltigen Energiespeicherlösungen gewinnen Na-Ionen-Akkus als kostengünstige und ressourcenschonende Alternative zu herkömmlichen Lithium-Ionen-Akkus zunehmend an Bedeutung.

NaCl kann durch Aufbereitung mittels Lösen- und Eindampfen-Verfahren zur Elektrolysequalität aus Rückständen der Kaliproduktion zurückgewonnen werden. Eine besondere Herausforderung stellt dabei die Stufe der Solereinigung dar, da unerwünschte Komponenten aus der Sole entfernt oder ihre Wirkung so reduziert werden muss, dass die Endqualität nicht mehr beeinträchtigt wird. Dieses Recycling kann nicht nur zur Ressourcenschonung beitragen, sondern auch die nachhaltige Nutzung industrieller Abfälle ermöglichen. Zudem kann es helfen, bestehende Umweltprobleme zu minimieren oder sogar zu lösen, die durch die Bildung von Salzwasser aus den Rückstandshalden entstehen.

Im Rahmen des Vortrags wird dargestellt, wie das Konzept einer NaCl-Recyclingsanlage aussehen kann. Dies umfasst die Stufen von Salzabbau aus den Rückstandshalden, Lösen, Eindampfen, Solereinigung, Schlammentwässerung, Produktentwässerung und Trocknung, basierend auf der Erfahrung aus der Planung solcher Anlagen. Dabei wird gezeigt, wie die gezielte Produktqualität gewährleistet werden kann.

Innovative Recyclingtechnologien von NaCl und der Umstieg auf Na-Ionen-basierte Akkus können zur Reduktion der Abhängigkeit von Lithium beitragen und die Energiewende vorantreiben.

## Praxisbeispiele aus dem Recycling von Schlacken, Stäuben und Schlämmen

Autoren:	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution Dr. Metodi Zlatev, HAVER NIAGARA GmbH, Dr. Jan Lampke, HAVER ENGINEERING GmbH
Referent:	<b>Dr.-Ing. Jan Lampke</b> , , HAVER ENGINEERING GmbH
E-Mail-Adresse:	j.lampke(at)haverengineering.de

Die Konzepte des Recyclings, der Circular Economy, des Waste-to-Value-Ansatzes sowie des Green Deal sind keine neuartigen, komplexen Verfahren, sondern seit jeher integraler Bestandteil der Arbeit von Aufbereitern.

Auch HAVER & BOECKER NIAGARA kann auf eine Vielzahl von Projekten im Recycling von Schlacken, Stäuben und Schlämmen zurückblicken.

Der folgende Vortrag widmet sich den Rahmenbedingungen, die bei der Prozessentwicklung, Projektierung, dem Bau, der Inbetriebnahme sowie dem Betrieb von Brech- und Klassieranlagen für Schlacken der NE-Metallurgie zu berücksichtigen sind. Die chemische Zusammensetzung der Schlacken, welche zum Teil als problematisch zu bewerten ist, stellt eine Herausforderung in Bezug auf den Umwelt- und Arbeiterschutz dar. Zudem ergeben sich aus den speziellen physikalischen, chemischen sowie mineralogischen Eigenschaften der Schlacken besondere Herausforderungen an die Aufbereitung.

Im Folgenden wird Europas größte Siebmaschine in einer Recyclinganlage in Deutschland näher betrachtet. Diesbezüglich sind besondere Anforderungen an die Maschine zu konstatieren, die aus den maximalen Stückgewichten des abzusiebenden Materials von bis zu 20 t resultieren.

In zwei weiteren Beispielen erfolgt eine Erörterung von Brech- und Klassieranlagen zur selektiven Zerkleinerung und Separation von spröden Schlacken duktilen Kupferbestandteilen, welche sich in der Schlacke befinden. Analyseergebnisse im Drucktopf des IART der TUBAF werden dabei ebenso betrachtet, wie spez. Energiebedarfe und Ausbringen der Anlage.

Die Agglomeration stellt ein weiteres Verfahren der mechanischen Aufbereitung dar, wobei gesundheitsgefährdende Stäube und Schlämme gebunden sowie zur Verbesserung der Verwendungsfähigkeit dieser Materialien in definierte Agglomerate überführt werden können. Beispiele aus Zink-, Blei- und Kupferrecycling werden diskutiert. Damit wird der praxisorientierte Vortrag zu Erfahrungen in der Auslegung, Planung und Realisierung von Maschinen und Anlagen der mechanischen Verfahrenstechnik abgerundet.

<b>Zur Speicherung von CO<sub>2</sub> in Bergemineralen und Nutzung dieser in der Zementindustrie - Investigations on carbon dioxide sequestration through wet carbonation of calcium/magnesium silicate-rich minerals</b>	
Autoren:	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution Sahra Homae, HZDR Innovation GmbH   HZDR   Helmholtz Institute Freiberg for Resource Technology (HIF) / Dr. Martin Rudolph, HZDR   Helmholtz Institute Freiberg for Resource Technology (HIF)
Referentin:	<b>Sahra Homae</b> , HZDR Innovation GmbH   HZDR   Helmholtz Institute Freiberg for Resource Technology (HIF)
E-Mail-Adresse:	s.homae(at)hzdr.de

The rise in carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions resulting from fossil fuel combustion has emerged as a significant environmental concern, necessitating urgent global action to mitigate climate change. The Paris Agreement, established in 2015, aims to limit the global temperature increase to well below 2°C above pre-industrial levels, with efforts to restrict the increase to 1.5°C. This agreement underscores the importance of achieving a balance between anthropogenic emissions and removal of greenhouse gases.

To address this challenge, the widespread deployment of negative emissions technologies (NETs) and carbon capture and storage (CCS) is crucial (1,2). Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) sequestration presents a promising strategy for capturing emissions, particularly in industries such as cement production. Utilizing carbonated materials as Supplementary Cementitious Materials (SCMs) offers a dual solution by capturing emitted CO<sub>2</sub> and recycling it within the cement industry. Wet carbonation emerges as a promising method for mineral carbonation due to its rapid reaction rates in aqueous environment. However, further research is needed to understand the chemical carbonation reaction mechanisms and enhance reaction rates.

This study investigates the carbonation of gangue minerals wollastonite and olivine, which are rich in calcium and magnesium silicates, respectively, focusing on their carbonation processes. Various factors influencing CO<sub>2</sub> uptake and the mechanisms of the chemical carbonation reaction are explored using characterization methods such as Raman spectroscopy, X-ray diffraction (XRD), X-ray fluorescence (XRF), automated mineralogy (SEM-EDX), calcimetry, and thermogravimetric analysis (TGA).

The findings reveal the formation of a passive layer during carbonation via a double carbonation process. Additionally, the study highlights the significant impact of grinding on CO<sub>2</sub> uptake, due to both size reduction and mechanochemical activation. Notably, over 55% of the estimated calcium oxide in wollastonite has been successfully carbonated. The study also compares the carbonation of calcium and magnesium silicate-rich minerals. These findings offer valuable insights into the potential of calcium and magnesium silicate-rich mineral carbonation for CO<sub>2</sub> sequestration. It will also be discussed how those carbonated minerals can be used in cement and/or concrete as supplemental material

1. Regufe, M.J.; Pereira, A.; Ferreira, A.F.P.; Ribeiro, A.M.; Rodrigues, A.E. Current Developments of Carbon Capture Storage and/or Utilization—Looking for Net-Zero Emissions Defined in the Paris Agreement. *Energies* 2021, 14, 2406.

2. J. Fuglestedt et al., “Implications of possible interpretations of ‘greenhouse gas balance’ in the Paris Agreement,” *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 376, no. 2119, May 2018.

<b>Kontinuierliche Analyse des Carbonatgehalts in Branntkalk zur Erkennung des Durchbranntgrades mit zerstörungsfreier Raman-Spektroskopie</b>	
<b>Autoren:</b>	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution Sabrina Hakelberg, Metrohm Deutschland GmbH & Co KG Abteilung Prozessanalytik Eckhard Zeiger Metrohm Deutschland GmbH & Co KG Abteilung Prozessanalytik
<b>Referent:</b>	<b>Eckhard Zeiger</b> , Metrohm Deutschland GmbH & Co KG, Abteilung Prozessanalytik
<b>E-Mail-Adresse:</b>	eckhard.zeiger(at)metrohm.de

Bei der Raman- und Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) handelt es sich um etablierte Analysemethoden, die für eine Vielzahl an Messaufgaben in unterschiedlichen Prozessindustrien zum Einsatz kommen. Spektroskopischen Methoden haben den Vorteil, dass sie messtechnisch besonders leicht in eine Prozessumgebung integriert werden können und zu den zerstörungsfreien Analysemethoden gehören. Sie benötigen keine oder nur sehr geringe, teilweise automatisierte Probenvorbereitung und erlauben eine parallele Analyse mehrerer Parameter simultan. Durch den Einsatz von Lichtleitern und zentraler Aufstellung des Prozessanalysators ist Multiplexing möglich, sodass mehrere Messpunkte mit einem System erreichbar sind. So lassen sich Gase, Flüssigkeiten, Feststoffe sowie Suspensionen analysieren und sowohl quantitative und qualitative Aussagen über die Probenzusammensetzung treffen. Die Signalisierung und Übertragung der Werte des NIR- oder Raman-Prozessanalysators erfolgt über analoge und digitale Prozesskommunikationsschnittstellen, die einen zeitnahen Eingriff der Prozesssteuerungsanlage ermöglichen.

Ein Anwendungsbeispiel für die Ramanspektroskopie ist die kontinuierliche Analyse des Carbonatgehalts in Branntkalk (Kaliziumoxid CaO) zur Erkennung des Durchbranntgrades. Dazu wird eine Teilmenge dem Prozess automatisiert entnommen (z.B. 150-300 kg), die komplett mittels Raman analysiert werden kann. Handelt es sich um grobes Material wird manuell oder auch automatisiert Material gemahlen und auf den Carbonatgehalt analysiert. Dieses Vorgehen ermöglicht:

- Die Analyse jeder Charge eines jeden Ofens
- Einsparung von Routinemessungen (z.B. 8-h-Mischproben oder Tagesproben) im Labor)
- Erhöhung der Analysenfrequenz (engmaschigere Ergebnisse)
- Genaue und reproduzierbare Ergebnisse durch Erhöhung des Automatisierungsgrades

Ziel ist die ständige und engmaschige Qualitätsüberprüfung, um frühzeitig auf Schwankungen reagieren zu können. Je nach Integrationsort der Prozessanalysatoren kann der Prozess geregelt und gesteuert werden oder zumindest eine Separation unterschiedlicher Produktqualitäten erfolgen. Diese qualitativ zugewiesenen Produkte können nach der Separation gezielt für die verschiedenen Anwendungsbereiche verkauft werden, wodurch sich eine hohe Einsparung und effektiverer Nutzung des Produkts ergibt.

*siehe nächste Seite >>>*

Branntkalk wird u.a. eingesetzt in der:

- Bauindustrie
- Stahlproduktion
- Chemischen Industrie
- Düngemittel
- Lebensmittelherstellung
- Papierherstellung

Alle Bereiche besitzen eigene Anforderungen an die chemische Zusammensetzung, sodass das Produkt bereits besser überwacht und zugeschnitten werden kann. Der Einsatz der Raman- und Nahinfrarotspektroskopie lässt sich von der „Branntkalk-Anwendung“ auch auf anschließende Prozesse übertragen. Die Möglichkeiten reichen von der Analyse organischer Komponenten (z.B. Überwachung des Feuchtegehalts: Kristallwasser, freies Wasser oder Hydroxide mittels NIRS) bis hin zur Analyse von anorganischen Komponenten (z.B. Oxidanteil, Carbonatanteil usw.). Als komplementäre Messtechniken lassen sich mehr Messaufgaben als bisher lösen.



### Nass- und Trockenmahlkreislauf mit Wälzmühle

Autoren:	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution M.Sc., Oliver Schindler, TU Bergakademie Freiberg Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recyclingsystemtechnik (IART) Dr.-Ing. Thomas Zinke, TU Bergakademie Freiberg Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recyclingsystemtechnik (IART) Prof. Dr.-Ing. Holger Lieberwirth, TU Bergakademie Freiberg Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recyclingsystemtechnik (IART)
Referent:	<b>M.Sc. Oliver Schindler</b> , TU Bergakademie Freiberg - Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recyclingsystemtechnik (IART)
E-Mail-Adresse:	oliver.schindler(at)iart.tu-freiberg.de

Die Aufbereitung primärer Rohstoffe steht unter erheblichem Effizienzdruck. Dieser resultiert aus einem ein einerseits steigenden Rohstoffbedarf, der durch Bevölkerungswachstum und eine schnell wachsende Mittelschicht in Asien und Afrika verursacht ist. Zum anderen kommt es durch tendenziell rückläufige Wertstoffgehalte und feinere Mineralkorngrößen neu erschlossener Lagerstätten zu Mengenwachstum und stark steigendem Zerkleinerungsbedarf.

Besonders kritisch ist dieser Trend bei Kupfer. Die Erzmahlung erfolgt dabei überwiegend mit nassen Prozessen, da die Lagerstättenfeuchte einen trockenen Mahlprozess oft nicht zulässt. Zur Zerkleinerung werden häufig wenig energieeffiziente Sturzmühlen eingesetzt. Es ergibt sich die Notwendigkeit, energieeffiziente Alternativen für die nasse Zerkleinerung primärer Rohstoffe zu erforschen.

Ein am Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recyclingsystemtechnik (IART) verfolgter Ansatz ist die Zerkleinerung mittels Wälzmühlen. Diese haben bereits in anderen Industrien Kugelmühlen in der Trockenmahlung nicht nur aufgrund einer deutlich verbesserten Energieeffizienz erfolgreich abgelöst. Die bisher genutzten industriellen Wälzmühlen sind jedoch durch ihren internen Mahl-Sicht-Kreislauf bei der Aufgabegutfeuchte auf max. 8 % begrenzt. Da bereits in der Antike die Wälzzerkleinerung feuchter Materialien mittels eines Mahlsteins realisiert wurde, entstand die Idee, die Eignung von Wälzmühlen für Nassmahlung zu untersuchen.

Die am IART mit Förderung des Landes Sachsen und der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) errichtete Anlage kann im offenen und geschlossenen Kreislauf betrieben werden. Dieser ermöglicht mittels einer im Überlaufbetrieb arbeitenden Kegelrollenwälzmühle der Firma Loesche und eines Vibrationsrundsiebes der Firma Allgaier eine Mahlung von trockenem oder feuchtem Aufgabegut.

Die vorgestellten Ergebnisse beziehen sich hauptsächlich auf Trockenmahlversuche eines Teststoffs unter Variation der Mahlparameter. Weiterhin werden auch die ersten Nassmahlversuche präsentiert, die vielversprechende Ergebnisse zeigen.

Zukünftig ist geplant, das Versuchsprogramm durch weitere Parametervariationen auszudehnen und Nassmahlversuche auch mit Erzen durchzuführen.

**Effiziente Kryogene Vermahlung mit dem NEA CryoX**

<b>Autoren:</b>	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution Lucas, Nievelstein, , NEUMAN & ESSER Process Technology GmbH
<b>Referent:</b>	<b>Lucas Nievelstein</b> , NEUMAN & ESSER Process Technology GmbH
<b>E-Mail-Adresse:</b>	Lucas.Nievelstein(at)neuman-esser.de

Weiche, flexible und feuchte Materialien sind schwer zu vermahlen. Ein Beispiel hierfür sind Erdbeeren oder thermoplastische Werkstoffe wie z.B. PPA Polyphthalamide Granulat. Diese Werkstoffe brechen bei Umgebungsbedingungen duktil. Eine effektive Zerkleinerung dieser Materialien ist nur möglich, wenn das Bruchverhalten des Materials verbessert wird.

Der NEA CryoX garantiert ein vollständig sprödes Bruchverhalten der Materialien und somit eine ressourceneffiziente Vermahlung der Materialien. Dies wird realisiert, indem die Materialien mithilfe von CO<sub>2</sub> oder N<sub>2</sub> unterhalb der Glasübergangstemperatur vermahlen werden. Auf diese Weise kann der Durchsatz um mehr als 40 % gesteigert werden.

Aufgrund der niedrigen Prozesstemperatur steigt der Wassergehalt der Materialien, wenn sich diese auf Umgebungstemperatur aufheizen. Der NEA CryoX bietet hierfür eine Lösung an. Das vermahlene Produkt ist bei Umgebungstemperatur trocken und somit bereit für die sofortige Verpackung und Verladung.

Der NEA CryoX steigert außerdem die Effizienz konventioneller Kryogener-Mahlanlagen. Die exakte Produktführung des Mahlguts ermöglicht eine effektive Zerkleinerung und Klassierung. Die zielgenaue Gasrückführung führt zu einer Verbrauchreduktion des Flüssigstickstoffs um 40%.

Der Vortrag zeigt technische Details aus dem Entwicklungsprozess und Betriebserfahrungen.

## Künstliche Intelligenz zur Untersuchung von Zerkleinerungsanlagen in der Zementindustrie

<b>Autoren:</b>	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution Julius Ortmanns, Köppern Entwicklungs-GmbH Johannes Müller, TU Bergakademie Freiberg Dr.-Ing. Felix Heinicke, Köppern Aufbereitungstechnik GmbH und Co. KG Prof. Dr.-Ing. Holger Lieberwirth, TU Bergakademie Freiberg
<b>Referent:</b>	<b>Johannes Müller</b> , Köppern Aufbereitungstechnik GmbH und Co. KG
<b>E-Mail-Adresse:</b>	j.mueller(at)koeppern.com

Seit ihrer Einführung in den 1980er Jahren werden Gutbett-Walzenmühlen in verschiedensten Industrien erfolgreich eingesetzt. Mit großen spezifischen Durchsatzraten, hohen Verfügbarkeiten sowie einer deutlichen Energieeinsparung gegenüber traditionell eingesetzten Zerkleinerungsmaschinen (z.B. Trommelmühlen) bieten sie eine Reihe an Vorteilen für die Anwender. Typische Einsatzbereiche sind dabei in der Zementindustrie für die Klinkervermahlung, darüber hinaus sind sie jedoch auch etwa in der Zerkleinerung von Erzen zu sehen.

Die Maschinen sind dabei selten alleinstehend in Betrieb, sondern werden in teils komplexen Kreislaufschaltungen mit einer Vielzahl an weiteren Aggregaten verknüpft. Daraus ergeben sich eine Reihe von Abhängigkeiten der Anlagenteile untereinander, welche das Produkt in seinem Ausbringen oder seiner Feinheit beeinflussen. In Hinblick auf die zunehmende Verfügbarkeit von Sensorsignalen kann eine durch künstliche Intelligenz gestützte Datenanalyse zusätzlich zu regulären Audits genutzt werden, um Optimierungspotentiale hervorzuheben.

Aufbauend auf einer kurzen Übersicht über grundlegende Zusammenhänge bei der Zerkleinerung in der Zementindustrie mit Gutbett-Walzenmühlen werden in diesem Beitrag die Durchführung und Ergebnisse eines solchen Digitalaudits detailliert.

**Neuentwicklung eines Stachelwalzenprofils für den JEHMLICH-Walzenbrecher RC300  
zur Optimierung der Partikelgrößenverteilung**

Autoren:	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution Raphael Sperberg, Gebrüder Jehmlich GmbH
Referent:	<b>Raphael Sperberg</b> , Gebrüder Jehmlich GmbH
E-Mail-Adresse:	r.sperberg(at)jehmlich.info

Ausgehend vom JEHMLICH-Walzenbrecher RC300, einem bewährten Brecher zum Aufbrechen von Agglomeraten und Klumpen, erwächst die Nachfrage diese Technologie auch für die Primärzerkleinerung zu nutzen. Hintergrund ist, dass der Walzenbrecher durch die vorherrschende Druckzerkleinerung und die Umfangsgeschwindigkeiten von maximal 4 m/s ein schonendes Zerkleinerungsverfahren darstellt.

Die typischen Anforderungen der Kunden zielen dabei auf eine Partikelgröße nach der Zerkleinerung von ca. 1,5 – 6 mm ab, verbunden mit dem Wunsch den Anteil von Unterkorn und Oberkorn möglichst gering zu halten. Die Aufgabegüter stammen häufig, aber nicht ausschließlich, aus der Lebensmittelindustrie wie zum Beispiel Kekse, Waffeln oder Karamellerzeugnisse, die zumeist als plattenförmiges Ausgangsmaterial oder als Bruchware vorliegen. Bevorzugter Einsatzzweck der zerkleinerten Endprodukte sind (Knusper-)Toppings für Eiscrème, Back- und Süßwaren. In Versuchsreihen hat sich dabei der JEHMLICH-Walzenbrecher RC300 als prinzipiell geeignet erwiesen, jedoch erschien die Ausbeute der Zielfraktionen verbesserungswürdig um die Wirtschaftlichkeit kundenseitig darstellen zu können. In Zusammenarbeit mit dem Kunden wurde zu den drei Standard-Stachelwalzenprofil ein neuartiges Profil entwickelt und erfolgreich evaluiert. Im Endeffekt konnte durch die Neuentwicklung die Ausbeute bei nahezu gleichem Unterkornanteil gesteigert werden.

Im Vortrag werden die Partikelgrößenverteilungen aus den Standard-Stachelwalzenprofilen mit dem neuentwickelten Profil verglichen sowie konstruktive und verfahrenstechnische Optionen zur Optimierung präsentiert.

### Multifunktionales Additiv aus Eierschalen für die Kunststoffindustrie

Autoren:	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution Markus Kammer, Hochschule Hannover Jan Kuckuck, Hochschule Hannover Marco Neudecker, Hochschule Hannover Dr. Stephen Krol, Hochschule Hannover Prof. Dr.-Ing. Andrea Siebert-Raths, Hochschule Hannover
Referent:	<b>Markus Kammer</b> , Hochschule Hannover
E-Mail-Adresse:	markus.kammer(at)hs-hannover.de

Die Forschungsschwerpunkte des IfBB - Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe der Hochschule Hannover liegen in der Entwicklung, Verarbeitung und industriellen Nutzung von Biokunststoffen und Bioverbundwerkstoffen sowie deren Betrachtung mit Bezug zur Kreislaufwirtschaft und Nachhaltigkeit. Eine vergleichende Betrachtung der biobasierten Kunststoffe mit konventionellen, erdölbasierten Kunststoffen und Rezyklaten findet statt. In diesem Zusammenhang wird ebenfalls die Verarbeitung von industriellen Reststoffen zu potentiellen Wertstoffen untersucht. Bisherige Forschungsaktivitäten des IfBB mit Bezug zu Reststoffen und deren Nutzbarmachung für die Kunststofftechnik und anderen Industriezweigen sind:

**Projekt „SpaPlast“**, Untersuchung der Aufbereitung und Nutzbarmachung von Spargelsekundärprodukten für biobasierte Extrusionshalbzeuge zur Reduzierung des Stickstoffeintrags in die Umwelt; **Projekt „Ast-BP“**, Antistatische Biopolymere: Entwicklung eines Seitendosierers für komprimierte Pflanzenkohle aus Reststoffen; **Projekt „KaVe“**, Entwicklung eines hochwertigen Bioverbundwerkstoffes auf Basis von Kaffeesatz; **Projekt „InReBi“**, Stoffliche Inwertsetzung von pflanzlichen Reststoffen zu nachhaltigen Bioverbundwerkstoffen: Entwicklung, Prüfung und Optimierung des thermoplastischen Matrix-Stroh-Compounds.

Ein in einem aktuellen Forschungsprojekt behandeltes Themengebiet ist die Nutzung des Reststoffs Eierschale für die Herstellung eines multifunktionalen Additivs für die Kunststoffbranche und andere Industriezweige. In dem abgeschlossenen **Projekt „AddEgg“** konnten bereits erste Ergebnisse zur Machbarkeit und den Rahmenbedingungen erzielt werden.

Bisher werden die großen Mengen an anfallenden Eierschalen in der industriellen Lebensmittelproduktion in Deutschland nur unzureichend genutzt und fallen in der Regel als Abfall an, der kostenpflichtig entsorgt werden muss.

Eierschalen bestehen zu 93 % aus Calciumcarbonat. Reines Calciumcarbonat wird bereits in großen Mengen als preisgünstiger Füllstoff in der Kunststoffindustrie eingesetzt, um den Kunststoffanteil im Bauteil zu verringern. Durch einen Füllstoff auf Basis von Eierschalen könnte dieser „Reduktions-Effekt“ ebenfalls realisiert werden. Darüber hinaus können aufbereitete Eierschalen als Nukleierungsmittel in teilkristallinen Kunststoffen eingesetzt werden, um den Kristallisationsgrad und somit die Materialeigenschaften positiv zu beeinflussen. Ein weiterer wichtiger Aspekt, der genauer untersucht werden soll, ist der Schutz vor UV-Strahlung, um die Alterungsbeständigkeit von Kunststoffen zu erhöhen.

*siehe nächste Seite >>>*

Neben geeigneten Aufbereitungsmethoden des Rohmaterials, wie z. B. die Reinigung und Trocknung, ist die Partikelgröße bzw. die Partikelgrößenverteilung nach der Mahlung der Eierschalen ein wichtiger zu untersuchender Parameter für die resultierenden Eigenschaften. Die Bioverbundwerkstoffe auf Basis von Eierschalen sollen über gängige Verfahren wie der Extrusion und dem Spritzgießen hergestellt und verarbeitet werden.

Mit der industriellen Nutzung des Reststoffes Eierschale kann diese nahezu ungenutzte Ressource für eine biobasierte Wirtschaft verfügbar gemacht werden. Neben dem positiven Effekt der Reduktion von Abfallmengen in der Lebensmittelindustrie, besteht die Möglichkeit, die Eigenschaften von (biobasierten) Kunststoffen aufzuwerten und somit die Lebensdauer sowie die Nachhaltigkeit der Materialien zu verbessern.

In dem anstehenden **Projekt „Tec4Egg“** sollen diese Themengebiete näher betrachtet werden.

Das Projekt wird in den verschiedenen Arbeitsbereichen durch vier Projektpartner durchgeführt.

Als Hersteller für Eierlikör ist **VERPOORTEN** für die Bereitstellung großer Mengen an Eierschalen und die Vorreinigung und Desinfektion zuständig. Mit der Produktion von Eierlikör fallen große Mengen an Eierschalen an, die bisher noch nicht wirtschaftlich genutzt werden können.

Die **Jäckering** Unternehmensgruppe beschäftigt sich in dem Forschungsvorhaben mit der Aufbereitung der Eierschalen aus der Produktion von VERPOORTEN zu einem hochwertigen Additiv für die Kunststoffindustrie. Dafür wird der eigens entwickelte ULTRA-ROTOR eingesetzt. Dies ist eine hoch spezialisierte Luftwirbelmühle, die überwiegend zur Feinstzerkleinerung oder aber der simultanen Mahltrocknung eingesetzt werden kann.

Das **IfBB** arbeitet die hergestellten Additive aus Eierschalen in die Kunststoffe ein und charakterisiert die Materialeigenschaften der Verbundwerkstoffe.

Mit **abc advanced biomass concepts** ist ebenfalls ein Projektpartner beteiligt, der sich mit der Projektorganisation sowie Markteinführungskonzepten und Schutzrechtsstrategien beschäftigt.

## Untersuchungen zur sensorgestützten Sortierung von mit Messing verunreinigten Aluminiumkonzentraten über KI-gestützte dynamische Bilderkennung

Autoren:	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution Dipl.-Ing. Adrian Valenas, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recyclingsystemtechnik IART; B.Sc. Byambadorj Enkhbold; TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recyclingsystemtechnik Dr.-Ing. Thomas Krampitz, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recyclingsystemtechnik IART; Prof. Dr.-Ing. Holger Lieberwirth, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recyclingsystemtechnik IART
Referent:	<b>Dipl.-Ing. Adrian Valenas</b> TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recyclingsystemtechnik IART
E-Mail-Adresse:	Adrian.valenas(at)iart.tu-freiberg.de

Bei der Aufbereitung von Schrotten werden Metallkonzentrate erzeugt, die anschließend meist metallurgisch verwertet werden. Bei der Aufbereitung gelangen durch Fehlausträge oder Überschneidungen im Trennmerkmalbereich auch Partikel aus Messing in das Aluminiumkonzentrat, das für die Verwertung dann aufwendig nachgereinigt werden muss oder zu Erlösabschlägen führen.

An der TU Bergakademie Freiberg werden zur Qualitätssicherung und zur Optimierung von Stoffströmen sensorgestützte Sortierprozesse untersucht. Die aus der Objekterkennung gewonnenen Daten werden mittels künstlicher Intelligenz (KI) ausgewertet und hinsichtlich unterschiedlicher Trennmerkmale analysiert, um sie für Sortierprozesse nutzbar zu machen.

Im Vortrag soll die Vorgehensweise an einem Aluminiumkonzentrat, das aus der Aufbereitung von Elektromotoren stammt, demonstriert werden. Das Stoffgemisch soll nach verschiedenen Trennmerkmalen sortiert werden, um ein vordefiniertes Produkt zu erzeugen oder dessen Qualität sicherzustellen. Das Aluminiumkonzentrat liegt in der Partikelgrößenklasse zwischen 20 und 100 µm vor, ist aufgeschlossen und weitgehend unverkugelt. Störstoffe wie Kupfer- oder Messingpartikel sowie beschichtete Aluminiumpartikel sollen ausgetragen werden.

Der Vorteil der KI-gestützten, sensorbasierten Sortierung gegenüber der konventionellen Farbsortierung liegt einerseits in der Flexibilität der Sortierparameter und andererseits in der Nutzung mehrerer Trennmerkmale für die Sortierung. Die KI kann zudem mit relativ einfachen Mitteln auf verschiedene Stoffströme und Aufgabenstellungen angepasst werden. Da die Entwicklung anwendungsnah erfolgt, steht die dynamische Bilderkennung von bewegten Objekten im Fokus.

*siehe nächste Seite >>>*

Im Vortrag werden der Stand der Technik der optischen Sortierung mittels KI-Bildererkennung sowie der Aufbau des KI-Modells erläutert. Experimentelle Analysen und die Bewertung des KI-Modells zur Detektion des zerkleinerten Aufgabeguts mittels optischer Sortiermaschine am IART-Institut runden den Vortrag ab. Diese Technologie soll im Bereich des Qualitätsmanagements für Recyclingprodukte zum Einsatz kommen.



Abbildung 1: Dynamische Bildererkennung von Aluminiumpartikeln sowie Fremdstoffen mittels KI



**Nachhaltiges Sportplatz-Recycling: Innovative Lösungen für eine grünere Zukunft**

Autoren:	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution Dipl.-Ing. Robert Claußnitzer, AKW Apparate + Verfahren GmbH
Referent:	Dipl.-Ing. <b>Robert Claußnitzer</b> , AKW Apparate + Verfahren GmbH
E-Mail-Adresse:	Rclausnitzer(at)akwauv.com

Das Recycling von Kunstrasen ist ein innovativer Bestandteil, der zur Abfallreduzierung und Förderung der Nachhaltigkeit beiträgt.

Dank der bereits etablierten Expertise von AKW Apparate + Verfahren GmbH hinsichtlich verschiedener Recyclinganwendungen, konnte das Unternehmen auch für diesen spezifischen Anwendungsfall ein einzigartiges Konzept entwickeln, mit dem Sportplatzrückstände (Sand, Gummigranulat und Fasern) nach dem Schreddern und Zerkleinern auf geeignete ökologische und wirtschaftliche Weise aufbereitet werden können.

Das innovative Konzept, für das im Vorfeld natürlich Pilotversuche in unserem eigenen Technikum durchgeführt wurden, umfasst eine Reihe von speziellen und bewährten Apparaten wie Hydrozyklone und deren Verteiler (AKA-VORTEX und AKA-SPIDER), Wendelscheider (AKA-SPIN), einen Aufstromklassierer (AKA-SIZER), Klassiersiebe, Bogen- und Entwässerungssiebe, Eindicker (AKA-SET), eine situationsangepasste Abwasseranlage und Kammerfilterpresse.

Diese **semi-mobile, containerbasierte** Aufbereitungsanlage (12 Containereinheiten) ist mit einer Aufgabekapazität von mehr als 10 t/h darauf ausgelegt, Sand von Gummirückständen (Granulat und Fasern) zu trennen.

Dank der Möglichkeit, die Anlage an verschiedene Standorte zu verlagern und zu betreiben, bietet dieses speziell konzipierte Aufbereitungskonzept dem Kunden ein Höchstmaß an Flexibilität kombiniert mit hervorragender Anlagenleistung.

**Übersicht zur mechanischen Aufbereitung von Lithium-Ionen Batterien am MVT/AT**

Autoren:	Titel, Vorname, Name, Firma/Institution Dipl.-Ing. Alexandra Kaas, TU Bergakademie Freiberg - Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik Christian Wilke, M.Sc. , TU Bergakademie Freiberg - Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik Prof. Dr.-Ing. Urs A. Peuker, TU Bergakademie Freiberg - Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik
Referent:	<b>Dipl.-Ing. Alexandra Kaas</b> , TU Bergakademie Freiberg Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik
E-Mail-Adresse:	alexandra.kaas(at)mvtat.tu-freiberg.de

Die Elektrifizierung des Transportsektors ist eine Möglichkeit, Treibhausgase zu reduzieren und damit der globalen Erwärmung entgegenzuwirken. Durch den zunehmenden Anteil an batterie-elektrischen Fahrzeugen steigt auch der Bedarf an Lithium-Ionen Batterien (LIB). Da diese Batterien wertevolle Metalle wie Nickel, Kobalt oder Lithium enthalten ist von der EU ab Ende 2027 eine gesetzliche Recyclingquote vorgesehen. Die verfügbaren Recyclingprozesse sind vielfältig und wandelten sich in den letzten Jahren von der pyrometallurgischen zu einer mechanisch-hydrometallurgischen Aufbereitung. Dabei spielt das mechanische Recycling die Schlüsselrolle mit dem Aufschluss der Batterie in ihre Einzelkomponenten und der anschließenden Sortierung in die Einzelkomponenten. Hierzu wurden in den letzten Jahren umfassende Forschungen am *Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik* vorgenommen. Der Vortrag fasst die wichtigsten Erkenntnisse zusammen. Der Schwerpunkt liegt auf der Qualität der Schwarzmasse in Abhängigkeit der Vorbehandlung der Batterie, z.B. deren Ladungszustand oder thermische Vorbehandlung, sowie den Einflüssen durch unterschiedliche Batterietypen auf den Prozess

Die nächste *Tagung Aufbereitung und Recycling* wird am  
6. und 7. November 2025 stattfinden.

Bitte reichen Sie Ihren Vortrag rechtzeitig ein.  
Das Formular und Termine werden demnächst veröffentlicht.

Veranstalter:

Gesellschaft für Verfahrenstechnik UVR-FIA e. V. Freiberg

**Ausrichter der Tagung:**

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)

in Kooperation mit HZDR/HIF und TU Bergakademie Freiberg

*Wir bedanken uns bei der UVR-FIA GmbH, dem HZDR-HIF und der TU-Bergakademie für die freundliche Unterstützung bei der Ausrichtung der Tagung „Aufbereitung und Recycling 2024“.*

*Auf ein Wiedersehen 2025,  
**Glück Auf!***