

Tagung 2025

Aufbereitung und Recycling

6. und 7. November 2025

Tagungsband

Veranstalter:



GESELLSCHAFT FÜR VERFAHRENSTECHNIK
UVR-FIA e.V. FREIBERG

Ausrichter:

UVR-FIA GmbH



VERFAHRENSTECHNIK
FÜR ROHSTOFFE

in Kooperation mit der:



TUBAF

Die Ressourcenuniversität.
Seit 1765.

Schwerpunkte der Tagung 2025 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 6.11.2025	3-4
• Freitag 7.11.2025	5
Kurzfassungen der Vorträge und Poster	6-39
Organisatorisches	40

PROGRAMM

zur Tagung „Aufbereitung und Recycling“ am 6. und 7.11.2025 im DBI-Tagungszentrum Freiberg

– kurzfristige Änderungen sind möglich –

Donnerstag, 6. November:

Block A

- 8:00 Uhr** Registrierung
- 9:00 Uhr** Begrüßung und Organisatorisches
- 9:30 Uhr** Grafit für die Elektromobilität – Aufbereitungsuntersuchungen zur Lagerstätte Amitsoq (Grönland)
Irina Bremerstein, UVR-FIA GmbH
- 9:55 Uhr** MINT-Bildung mit der Wissensfabrik – Als Unternehmen Verantwortung übernehmen und Potenziale in Kita und Schule entfalten
Andreas Petermann, Wissensfabrik – Unternehmen für Deutschland e.V.
- 10:20 – 11:00 Uhr** **Pause**

Block B

- 11:00 Uhr** Preisverleihung Heinrich-Schubert Preis
Prof. Andreas Bräuer
- 11:10 Uhr** Kurzvortrag Preisträgerin 1 Heinrich-Schubert-Preis
- 11:20 Uhr** Kurzvortrag Preisträgerin 2 Heinrich-Schubert-Preis
- 11:30 – 12:00 Uhr** jeweils 3 Minuten Kurzvorträge aller Poster-Aussteller
- 12:00 – 13:00 Uhr** **Pause – Mittag**

Tagungsort: DBI-Tagungszentrum, Halsbrücker Str. 34, 09599 Freiberg

Veranstalter:



GESELLSCHAFT FÜR VERFAHRENSTECHNIK
UVR-FIA e.V. FREIBERG

Ausrichter:



Verfahrenstechnik
für Rohstoffe



TUBAF
Die Ressourcenuniversität.
Seit 1765.

Block C „Recyclinganwendungen“

- 13:00 Uhr** Recovered Carbon Black (rCB) – Potenziale, Prozesse und Herausforderungen der Standardisierung
Lucas Nievelstein, NEUMAN & ESSER Process Technology GmbH
- 13:20 Uhr** Recycling-Filtermaterial – Filtersubstrate zur Behandlung von Niederschlagsabflüssen
Anne Rannefeld, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) 7.4 Baustofftechnologie
- 13:40 Uhr** Betriebserfahrungen der Agglomerationsanlage Feinhütte
Lukas Hauber, Köppern Aufbereitungstechnik GmbH & Co. KG
- 14:00 Uhr** Rückgewinnung von Wert- und Rohstoffen aus Müllverbrennungsschlacke mit dem innovativen IRRT-Verfahren
Jörg Eckhardt, pro CLIR GmbH
- 14:20 Uhr** Metallrückgewinnung aus Edelstahlschlacke – Projektierung und Einsatzerfahrung
Jens Löwe, SBM Mineral Processing GmbH
- 14:40 – 15:20 Uhr** **Pause Poster-Ausstellung**

Block D „Primäraufbereitung und sonstige Prozesse“

- 15:20 Uhr** Inbetriebnahme einer Pilotanlage zur untertägigen Steinsalzvorabtrennung mittels sensorgestützter Sortierung im K+S Kaliwerk ZI
Bruno Alexandre Correia Bicho, K+S Aktiengesellschaft, K+S Analytik- und Forschungszentrum
- 15:40 Uhr** Herausforderungen bei der Verarbeitung carnallitischer Rohsalze – verfahrenstechnische, betriebliche und klimatische Aspekte
Kevin Roscher, ERCOSPLAN Ingenieurbüro Anlagentechnik GmbH
- 16:00 Uhr** Charakterisierung von biologisch abbaubaren Polymeren und Composites während der thermomechanischen Beanspruchung beim Recycling
Peter Clemenz, ZIRKON Hochschule Zittau/Görlitz
- 16:20 Uhr** Korrelation von 3D-Partikelgeometrien aus 2D-Eigenschaftsverteilungen
Thomas Buchwald, HOFFMANN Maschinen- und Apparatebau GmbH
- 17:00 Uhr** Besichtigung des Technikums der UVR-FIA GmbH
- 18:00 Uhr** Abendveranstaltung im Schankhaus 1863, vorherige schriftliche Anmeldung erforderlich

Freitag, 7. November:

Block E „Lithium-Ionen-Batterie-Recycling“

- 8:30 Uhr** Einfluss der Prozessparameter auf das mechanische Recycling von Lithium-Ionen-Batterien
Dennis Beusen, TU Braunschweig - Institut für Partikeltechnik
- 8:50 Uhr** Beitrag zum Recycling von Produktionsabfällen aus der Batteriezellfertigung
Eric Trebeck, TU Bergakademie - IART
- 9:10 Uhr** Zur Recyclingquote für Lithium-Ionen-Batterien (LIB)
Simon Franz Bendel, TU Bergakademie – MVT/AT
- 9:30 Uhr** Graphit-Rückgewinnung von Lithium-Ionen-Altzellen mittels Schaumflotation und Bewertung als Sekundärrohstoff für die Anwendungen in der Feuerfestindustrie
Stephan Stuhr, UVR-FIA GmbH
- 9:50 Uhr** Die neuen Aufbereitungsanlagen der Fa. L. Walch GmbH Baudenbach zur Aufbereitung von Produktionsabfällen der LiB-Herstellung
H.-Georg Jäckel, i. A. L. Walch GmbH & Co KG Baudenbach
- 10:10 – 10:55 Uhr Pause**

Block F „Apparate“

- 10:55 Uhr** Wet Plate Magnetic Separator – A Possibility for Improved Products And Reduced Specific Energy Demand
Udo Jacobs, DR. JAKOBS GMBH
- 11:15 Uhr** Walzenschüsselmühlen in der Zementindustrie – Prozessoptimierung mittels KI
Caroline Woywadt, Gebr. Pfeiffer SE
- 11:35 Uhr** i-STEP – Digitale Services für die Aufbereitungstechnik
i-STEP Workbench – Digitale Überwachung und Wartung für Aufbereitungsmaschinen
Nico Thiermann, IFE Aufbereitungstechnik Deutschland GmbH
- 11:55 Uhr** „FrothPiping“ – Prototyp eines neuartigen Schaumbearbeitungsverfahrens
Ben Said Borhane, Helmholtz-Institut Freiberg (HIF)
- 12:15 Uhr** Zerkleinerung von Windradflügeln mit dem TAKRAF Rotorreißer
Marko Schmidt, TAKRAF GmbH
- 12:35 Uhr Mittagspause – Ende der Veranstaltung**

Block A

V 1

Grafit für die Elektromobilität – Aufbereitungsuntersuchungen zur Lagerstätte Amitsoq (Grönland)	
Autoren:	Stefan Bernstein Mark Austin, GreenRocMiningPLC Irina Bremerstein, UVR-FIA GmbH
Referentin:	Irina Bremerstein
E-Mail-Adresse:	Bremerstein(at)uvr-fia.de

GreenRoc Mining Plc ist spezialisiert auf die Erkundung von Lagerstätten in Grönland. Amitsoq ist eine Graphitlagerstätte im Süden Grönlands mit einem Inhalt von etwa 23 Mio t mit einem Gehalt von etwa 20,4 % Graphit. Im Mittel haben Graphitlagerstätten einen Gehalt von etwa 8 % Graphit. Amitsoq zählt damit zu einer der Lagerstätten mit weltweit höchstem Graphitgehalt.

UVR-FIA GmbH wurde beauftragt zu untersuchen, ob und wie sich das hier störende Pyrrhotin (Fe_7S_8) möglichst früh abtrennen lässt. Dazu wurden Versuche zur Magnetscheidung und Dichtesortierung durchgeführt.

Mittels trockener Magnetscheidung konnten etwa 10 M.-% abgetrennt werden bei einem Graphitverlust von etwa 10 %.

Vorversuche auf einem Herd zeigten, dass auch hier eine gute Abreicherung erreicht werden kann.

Dieses Ergebnis konnte bei einem Versuch auf einem Wendelscheider bestätigt werden: es können etwa 6 M.-M% bei einem Verlust von nur 3 % Graphit abgeschieden werden.

In Vorbereitung auf die nachfolgende Großflotation wurden 700 kg Roherz mit Hilfe eines Wendelscheiders weitgehend von störendem Pyrrhotin befreit.

Block A

V 2

„MINT-Bildung mit der Wissensfabrik – Als Unternehmen Verantwortung übernehmen und Potenziale in Kita und Schule entfalten.“

Autor:	Andreas Petermann, Projektmanager Bildung, Wissensfabrik e.V.
Referent:	Andreas Petermann
E-Mail-Adresse:	andreas.petermann(at)wissensfabrik.de

Die Wissensfabrik ist ein 2005 gegründetes bundesweites Mitmach-Netzwerk von rund 130 Unternehmen und Stiftungen aller Branchen und Größen sowie zahlreichen Akteuren aus Wissenschaft, Politik und Zivilgesellschaft. Gemeinsam begeistern wir Kinder und Jugendliche für MINT, also Mathe, Informatik, Naturwissenschaften und Technik. Dafür unterstützen wir bundesweit bereits 3500 Schulen und Kitas mit praxisorientierten, kostenlosen Bildungsprojekten zu Themen wie Digitalisierung, Nachhaltigkeit oder dem Klimawandel. Zudem helfen wir Startups mit Mentorings von erfahrenen Fach- und Führungskräften.

Durch Handlungsorientierung und Alltagsbezug fördern die Projekte die Wissbegierde und den Entdeckergeist von Kindern und Jugendlichen. Der Lernprozess ist geprägt von Selbstbestimmung, es geht um Kompetenzvermittlung statt reiner Wissensvermittlung. So entsteht bei den Kindern und Jugendlichen eine positive emotionale Bindung zu den MINT-Themen.

Für Unternehmen sind die MINT-Projekte eine gute Möglichkeit, um langfristige Bildungspartnerschaften mit Kitas und Schulen aufzubauen, sich gesellschaftlich für den MINT-Fachkräftenachwuchs einzusetzen und dies passend zum Unternehmen mit eigenen Aktivitäten zu ergänzen. Durch die Finanzierung der Bildungsmaterialien ermöglichen Unternehmen den Kitas und Schulen zunächst die eigenständige Umsetzung der Projekte sowie die Fortbildung des pädagogischen Personals. Darüber hinaus lassen sich die Bildungspartnerschaften durch bspw. durch Workshops, Betriebsbesuche, Aktionen mit den Azubis, Wettbewerben und ähnlichen Aktionen mit weiterem Leben füllen. So entsteht eine echte Win-win-Situation: Kinder und Jugendliche entdecken ihre Begeisterung für MINT – und Unternehmen gestalten als gesellschaftlich aktiver Partner und Arbeitgeber die Bildung von morgen mit.

In diesem Vortrag geben wir Ihnen einen Einblick in die MINT-Projekte der Wissensfabrik und zeigen anhand von Beispielen, wie einfach und vielfältig sich Unternehmen in unserem Netzwerk engagieren können.

**Poster 1
1/2**

Methoden zur Charakterisierung und Optimierung der Flüssig-Flüssig Extraktion Reaktionskinetik Seltener Erden	
Autoren:	Alexander, Bidmon, TU Dresden / HZDR und Kilian, Ortmann , TU Dresden / HZDR
Referent:	Alexander Bidmon
E-Mail-Adresse	alexander.bidmon(at)tu-dresden.de, a.bidmon(at)hzdr.de

Zu den Seltenen Erden gehören neben Scandium und Yttrium die 15 Elemente der Gruppe der Lanthanoide. Ihre einzigartigen physikalisch-chemischen Eigenschaften machen sie zu Schlüsselementen in technischen Anwendungen wie Magneten, Katalysatoren, Leuchtmitteln und Batterien. Somit spielen sie eine wichtige Rolle für die Elektromobilität, Windräder, Smartphones und viele weitere Technologien. Dabei steht der immer weiter steigende Bedarf, der Umweltbelastung und der energieaufwändigen Gewinnung gegenüber. Die effektive Gewinnung von Seltenen Erden aus diesen Erzen war schon immer eine große Herausforderung. Sowohl bessere Kenntnisse über die Reaktionskinetik Seltener Erden bei der Flüssig-Flüssig Lösungsextraktion, als auch neue Ansätze zur Effizienzsteigerung der Extraktion sind nötig für ressourcenschonendere und umweltschonendere Gewinnung zu ermöglichen. Mittels Kombination einer neuen Methode zur Optimierung der Lösungsextraktion (I.) und eines neuen Messverfahrens (II.) können so neue Erkenntnisse für eine bessere Gewinnung Seltener Erden geschaffen werden:

- I.) Nutzung Magnetischer Felder zur Effizienzsteigerung von Seltenen Erden Lösungs-extraktion

Wir stellen eine neuartige Methode zur Trennung von Seltenerdelementen (SE), die die magnetische Trennung in die Lösungsmittlextraktion integriert, vor.

Durch Anlegen eines maßgeschneiderten Magnetfelds (\vec{B}) an die SE(III)-Konzentrationsgrenzschicht wird durch die Kelvin-Kraft eine solutomagnetische Konvektion induziert. Die grundlegende Hypothese lautet, dass dies die konkurrierende SE(III)-Extraktionskinetik selektiv verbessert. Um dies in einem ersten Schritt zu validieren, wird der Kationenaustauschprozess von Dysprosium, Dy(III), in einer Hele-Shaw-Konfiguration unter Verwendung eines großen NdFeB-Permanentmagneten untersucht. Die Extraktionskinetik wird anhand der Sherwood-Zahl quantifiziert. Hier wird eine nahezu quadratische Abhängigkeit von der Ra^* -Zahl festgestellt, die die Rayleigh-Zahl durch Einbeziehung der Kelvin-Kraft verallgemeinert. Laseroptik in Kombination mit numerischen Simulationen zeigt drei verschiedene Strömungsstadien, die in einer quasi-stationären, großräumigen Rezirkulation enden, die aus einem Symmetriebruch bei einem kritischen Wert von Ra^* resultiert, der in dieser Arbeit quantifiziert wurde. Diese Rezirkulation ersetzt die erschöpfte Dy(III)-Lösung an der Grenzfläche durch frische Lösung aus dem Volumen. Für dieses Regime wurde eine außergewöhnliche SE(III)-Extraktionskinetik nachgewiesen, die durch eine um mehr als das 18-fache erhöhte Reaktionsgeschwindigkeit gekennzeichnet ist.

siehe nächste Seite >>>

**Poster 1
2/2**

Methoden zur Charakterisierung und Optimierung der Flüssig-Flüssig Extraktion Reaktionskinetik Seltener Erden	
Autoren:	Alexander, Bidmon, TU Dresden / HZDR und Kilian, Ortmann , TU Dresden / HZDR
Referent:	Alexander Bidmon
E-Mail-Adresse	alexander.bidmon(at)tu-dresden.de, a.bidmon(at)hzdr.de

II.)Untersuchung der Reaktionskinetik Seltener Erden mittels Interferometrie

Ein Mach-Zehnder Interferometer ermöglicht eine räumlich und zeitlich aufgelöste Konzentrationsmessung. Das optische Verfahren misst in-situ die SE Konzentration während der Flüssig-Flüssig SE Extraktion in einer Hele-Shaw Zelle. Die Methode bietet den Vorteil einer ruhenden, linearen Grenzfläche bekannter Größe. Gleichzeitig ist der Verbrauch an Lösungen (< 1ml) pro Experiment deutlich geringer als bei vergleichbaren Methoden (Lewis-Zelle, AKUFVE, etc.). Somit kann mittels diesen neuem Ansatz eine effiziente und genaue Untersuchung der Reaktionskinetik stattfinden.

[1] K. Ortmann, A. Bidmon, K. Eckert, Z.Lei “Increasing efficiency of solvent extractions of rare earth elements by magnetic fields” (2025, <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3546158/v1>)

[2] F. Sun, K. Ortmann, K. Eckert, Z. Lei “Interferometric Measurement of Forward Reaction Rate Order and Rate Constant of a Dy(III)-PC88A-HCl Solvent Extraction System” (2024; DOI:)

Eggersmann Anlagenbau GmbH / proCLIR GmbH: Vereinte Kompetenz in der Aufbereitung von Müllverbrennungs-Aschen	
Autor:	René Klaus Dechange, Eggersmann Anlagenbau GmbH
Referent:	Rene Klaus Dechange
E-Mail-Adresse	r.dechange(at)f-e.de

Die Eggersmann Gruppe mit Sitz im ostwestfälischen Halle ist ein Verbund national und international tätiger Unternehmen mit Geschäftstätigkeiten in den Geschäftsbereichen „bauen“, „recyclen“ und „kompostieren“. Die Unternehmung wurde 1951 gegründet und die rund 1300 MitarbeiterInnen und Mitarbeiter der Gruppe verteilen sich zu gut zwei Drittel auf die 13 deutschen Standorte und zu einem Drittel auf die Auslandsstandorte in Polen, Frankreich, Spanien, UK, Italien, Hong Kong und USA.

Die Kundinnen und Kunden der Eggersmann Gruppe profitieren weltweit von den branchenübergreifenden Synergien des Unternehmens. Mit innovativen Ideen und Konzepten ist Eggersmann aktiver Mitgestalter der Bau-, Umwelt- und Recyclingbranche und entwickeln sich innerhalb sowie auch außerhalb dieser Geschäftsfelder stetig weiter.

Im Geschäftsbereich „recyclen“ werden über mehrere eigenständige Firmen Maschinen und Anlagen für die Recyclingbranche angeboten. Hier gibt es den Bereich der stationären und der mobilen Aufbereitungsmaschinen sowie den Anlagenbau.

Die stationären Maschinen decken die Verfahren Öffnen, Dosieren, Sortieren, Sieben, Zerkleinern und Mischen ab. Bei den Mobilmaschinen wird der Schwerpunkt auf das Zerkleinern, Sieben, Sichten und Umsetzen gelegt.

Im Bereich Anlagenbau werden mechanische und biologische Recyclinganlagen konzipiert, realisiert und gewartet.

Die Eggersmann Anlagenbau GmbH mit Sitz in Bad Oeynhausen setzt ihren Schwerpunkt in der mechanischen Aufbereitung von Abfällen. Weltweit werden hier schlüsselfertige Anlagen zur Behandlung von Haus- und Gewerbeabfällen, PPK-Fraktionen, Leichtverpackungen und Müllverbrennungs-Aschen (MVA) an die Kundschaft übergeben.

Seit 2013 baut die Eggersmann Anlagenbau GmbH stetig Kompetenz im Bereich der trockenen Aufbereitung von MVA auf. Anlagen aus dem Hause Eggersmann behandeln bis zu 160 t/h Rohasche in Deutschland, Singapur und Irland.

Mit der Gründung der proCLIR GmbH vereinen sich der Technologieträger H.U.R Hamburg GmbH und die Eggersmann Anlagenbau GmbH, um das nassmechanische IRRT Verfahren zur Aufbereitung von MVA am Markt zu positionieren und zu etablieren.

Eine gemeinsam geplante IRRT Anlage am Standort Bispingen soll diese vereinte Kompetenz demonstrieren und Interessenten ermöglichen, größere Mengen Test-Material kontinuierlich mit dem IRRT Verfahren in einer „Full Scale“ Anlage aufzubereiten.

NIR-Sortierung von Naturfaserverstärkten Kunststoffen – Materialcharakterisierung, Klassifizierung, Sortierversuche im LaNDER³-Technikum der HSZG in Zittau

Autoren:	Peter Clemenz, Marc Krech, Dr. Maria Schäfer, Prof. Dr.-Ing. Jens Friedrich, ZIRKON – Hochschule Zittau/Görlitz
Referent:	Marc Krech
E-Mail-Adresse	Marc.Krech(at)hszg.de

Mit dem Aufkommen und der Verbreitung neuer Materialverbunde bei der Herstellung von Bauteilen beispielsweise für die Fahrzeugindustrie, der Energietechnik oder in der Verpackungsindustrie steigen die Anforderungen an eine kreislaufgerechte Verwertung. Dabei rücken neben kohlefaserverstärkter oder glasfaserverstärkter Kunststoffe auch zunehmend naturfaserverstärkte Kunststoffe in den Fokus von Wirtschaft, Politik und Gesellschaft. Diese neuartigen Verbunde bestehen neben der Naturfaser-Komponente zum Teil bereits aus Biopolymeren, also aus Matrixpolymeren aus nachwachsenden Rohstoffen oder biologisch abbaubaren Matrixpolymeren, was den Werkstoff besonders nachhaltig erscheinen lässt.

Nach dem Ende eines Nutzungszyklus der neuartigen Bauteile stoßen Recyclingunternehmen im Bereich der Sortierung jedoch bereits an ihre Grenzen, wenn es darum geht sinnvolle und möglichst reine Sortierfraktionen für eine stoffliche Wiederverwertung zu erzeugen. Mit Naturfasern gefüllte bzw. verstärkte Kunststoffe verunreinigen je nach Sortierziel entweder die Zellulose (PPK)- oder die Kunststofffraktion, was für jeweils beide Wertstofffraktionen schädlich ist.

Eine möglichst genaue Erkennung der neuen Verbundmaterialien im Sortierprozess und ein gezieltes Aussortieren, ggf. auch für eine stoffliche oder energetische Wiedernutzung, ist von daher unerlässlich, um den hochgesteckten Zielen der europäischen Kreislaufwirtschaftspolitik gerecht werden zu können.

Eine Forschungsaufgabe innerhalb des LaNDER³- Projektes IP10 FSP2 zum stofflichen Recycling ist es von daher, definierte Trennmerkmale zu finden, um diese neuen Verbundmaterialien mit hoher Sicherheit sortieren zu können. Hierbei wird sich im speziellen auf die sensorbasierte Sortierung in Form der Nah-Infrarot-Sortierung konzentriert und dabei marktreife Anlagen-Technik genutzt.

Im LaNDER³-Technikum der Hochschule Zittau/Görlitz am Standort Zittau wurden diesbezüglich anhand verschiedener, verfügbarer NFK-Materialien und Referenz-Materialien (vornehmlich marktrelevante, helle Kunststoffe und zellulosehaltige Materialien) untersucht, wie sich naturfaserverstärkte Kunststoffe bei der NIR-Sortierung in einem definierten Abfallstrom verhalten, wenn im Vorfeld eine entsprechende, spektroskopische Charakterisierung erfolgt ist. Hierzu wurden an der im LaNDER³-Technikum befindlichen NIR-Sortieranlage „P 750 Flake Sorter“ des Projektpartners STEINERT UniSort GmbH Materialspektren der neuartigen Verbundmaterialien aufgezeichnet, diese in Klassifizierungsschemata eingeordnet, anschließend mit den Referenzmaterialien zu Abfallströmen gemischt und sortiert.

Dabei wurden verschiedene Sortierziele in Form von Szenarien berücksichtigt, um die Praxisrelevanz dieser Aufgabenstellung zu unterstreichen.

siehe nächste Seite >>>

**Poster 3
(2/2)**

NIR-Sortierung von Naturfaserverstärkten Kunststoffen – Materialcharakterisierung, Klassifizierung, Sortierversuche im LaNDER³-Technikum der HSZG in Zittau

Autoren:	Peter Clemenz, Marc Krech, Dr. Maria Schäfer, Prof. Dr.-Ing. Jens Friedrich, ZIRKON – Hochschule Zittau/Görlitz
Referent:	Marc Krech
E-Mail-Adresse	Marc.Krech(at)hszg.de

Ziel war es zu untersuchen, wie groß die zu erwartenden Sortiererfolge der neuen Materialien mit der bereits etablierten NIR-Sortiertechnologie sein können, wenn im Vorfeld eine ausreichend große Menge an spektroskopischen Daten (NIR-Spektren) aufgenommen wurden. Außerdem wurde an ausgewählten Störstoffen untersucht, inwieweit diese das Sortierergebnis beeinflussen.

Auf dem hier vorgestellten Poster wird die Herangehensweise bei der Gewinnung der spektroskopischen Daten und bei der Klassifizierung der naturfaserverstärkten Kunststoffe erläutert und die Ergebnisse der Sortierversuche von verschiedenen NFK-Materialien dargestellt. Zur Charakterisierung des Sortiererfolges werden gängige, verfahrenstechnische Kenngrößen betrachtet und diese grafisch dargestellt.

Das Projekt wird gefördert vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR).

Gefördert durch:



Poster 4
1/2

Neue Methoden des Recyclings durch den Einsatz von Robotik, Automatisierung und künstlicher Intelligenz im Bereich der Pflege	
Autoren:	Marc Krech, Holger Neumann, Anett Kupka, V.-Prof. Daniel Fiß, Prof. Dr.-Ing. Jens Friedrich, ZIRKON – Hochschule Zittau/Görlitz
Referentin:	Anett Kupka
E-Mail-Adresse	a.kupka(at)hszg.de

In Ostachsen ist die demografische Alterung besonders weit fortgeschritten. Es ist daher eine Mensch-Technik-Interaktion anzustreben, welche das Personal in der Pflege unterstützt und nachhaltig im Sinne eines schonenden Umgangs mit Ressourcen ist. Dazu gehört das effektive Sammeln und Recyceln von Abfällen auch im Pflegesektor und die Überführung von verbrauchtem Pflege- und Verbandsmaterial in eine Kreislaufwirtschaft. Der Einsatz von recycelbaren Materialien und der Einsatz von künstlicher Intelligenz zur Steuerung dieser Prozesse auf der Basis von innovativer Sensorik können einen entscheidenden Beitrag zu einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft leisten. Durch die angestrebte Entwicklung soll eine Senkung der Kosten im Gesundheitswesen und in der Pflege möglich werden und zusätzlich (Personal-) Kapazitäten für andere Arbeitsbereiche wie der menschen-zentrierten Pflege frei werden. An der Hochschule Zittau/Görlitz wird die kooperative Forschung von Geistes- und Sozialwissenschaften (GWS) mit Natur- und Ingenieurwissenschaften (MINT) vorangetrieben, um gemeinsam an soziotechnischen Systemen mit kollaborationsfähigen Robotern sowie deren Akzeptanz im Arbeitsalltag zu arbeiten.

Im Projekt Cobot² wurde in einem interdisziplinären MINT-GSW-Forschungsprojekt der Einsatz von kollaborationsfähigen Robotersystemen im Bereich des Recyclings und in der Pflege von Forschenden aus den Ingenieurwissenschaften und den Pflegewissenschaften gemeinsam betrachtet. Ergebnisse sind eine Materialübersicht an Abfallstoffen im Pflegebereich und ein Versuchsstand, in den ein modulares Robotersystem zur automatischen Datenerhebung als Vorbereitung für eine intelligente Sortierung und Recyclingstrategie implementiert wird. Eine Besonderheit ist die modulare Architektur der Anlage. Alle Baugruppen – vom Förderband über das Regallager bis hin zum Roboter selbst – sind verschieb- und erweiterbar. Dadurch ist das System nicht nur auf aktuelle Anforderungen abgestimmt, sondern bietet eine flexible Basis für zukünftige Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Im Folgeprojekt RoSA-ReCycle liegt der Fokus auf der Entwicklung und Kombination innovativer Sensortechnologien, die eine präzise und effiziente Sortierung von recycelbaren Materialien ermöglichen. Recyclingprozesse sollen durch den Einsatz von fortschrittlicher Robotik, Automatisierung und Künstlicher Intelligenz (KI) optimiert werden.

siehe nächste Seite >>>

Neue Methoden des Recyclings durch den Einsatz von Robotik, Automatisierung und künstlicher Intelligenz im Bereich der Pflege	
Autoren:	Marc Krech, Holger Neumann, Anett Kupka, V.-Prof. Daniel Fiß, Prof. Dr.-Ing. Jens Friedrich, ZIRKON – Hochschule Zittau/Görlitz
Referentin:	Anett Kupka
E-Mail-Adresse	a.kupka(at)hszg.de

Auf dem hier vorgestellten Poster werden die Materialvielfalt, der Aufbau des Versuchsstandes, die Herangehensweise für die Kombination von Roboter- und Sensorik- Auswahl und mögliche Klassifizierungsschemata für medizinische Abfälle aufgezeigt.

Das **Projekt Cobot²** (Synergien in Pflege und Recycling durch Teamarbeit) wurde zur Projektanbahnung durch das SMWK mit Steuermitteln aus dem Sächs. Landeshaushalt finanziert. Das **Projekt RoSA-ReCcle** (Robotic Sorting and Automation for Recycling) wird gefördert durch Mittel der Europäischen Union (JTF InfraProNET) und mitfinanziert durch Steuermittel auf Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes



Kofinanziert von der Europäischen Union



Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Poster 5

Zerkleinerung von Altbeton durch elektrodynamische und mechanische Verfahren

Autoren:	Dr.-Ing. Pierre Landgraf, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recyclingsystemtechnik IART; Dr.-Ing. Oleg Popov, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recyclingsystemtechnik IART; Dr.rer.nat. Asija Durjagina, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recyclingsystemtechnik IART; M. Sc. Oliver Schindler, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recyclingsystemtechnik IART; M. Sc. Margarita Mezzetti, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recyclingsystemtechnik IART; Prof. Dr.-Ing. Holger Lieberwirth, TU Bergakademie Freiberg, Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recyclingsystemtechnik IART;
Referent:	Pierre Landgraf
E-Mail-Adresse	Pierre.Landgraf(at)iart.tu-freiberg.de

Die Zementproduktion ist ein besonders emissionsintensiver Prozess und trägt in erheblichem Maß zur globalen CO₂-Bilanz bei. Beton wird bislang überwiegend downgecycelt, etwa durch den Einsatz im Straßenunterbau, wodurch die enthaltenen Ressourcen nur eingeschränkt wieder genutzt werden können. Eine echte Kreislaufführung setzt die gezielte Rückgewinnung der Altbetonbestandteile – Sand, Kies und Zementstein, der durch spezielle Verfahren reaktiviert werden kann – voraus. Damit lassen sich sowohl der Primärrohstoffverbrauch als auch die Treibhausgasemissionen deutlich reduzieren.

Im Rahmen des Projekts UpCement wurde untersucht, inwieweit mechanische und elektrodynamische Verfahren eine selektive Fragmentierung von Altbeton ermöglichen. Vorgestellt werden Ergebnisse des IART, die den Einfluss dieser Verfahren auf die Partikelgrößenverteilung und Materialzusammensetzung aufzeigen. Zudem werden die mechanischen Eigenschaften von Proben analysiert, die aus verschiedenen reaktivierten Altbetonfraktionen hergestellt wurden.

Poster 6

High-Purity EPS Pre-Concentrates via Mechanical Treatment of ETICS Waste	
Autoren:	M. Sc. Ilkay Yildiz, TUBAF; Dr.-Ing Thomas Leißner, TUBAF; Prof. Dr.-Ing. Urs Peuker, TUBAF
Referent:	Ilkay Yildiz
E-Mail-Adresse	ilkay.yildiz(at)mvtat.tu-freiberg.de

This study investigates the mechanical liberation behavior of EPS from ETICS (External Thermal Insulation Composite System) waste using a closed-system hammer mill, with the aim of producing EPS-rich pre-concentrates. The tested material consisted of a single ETICS variant containing EPS, mortar, reinforcement mesh, plaster and adhesive.

Crushing experiments were conducted at four rotor speeds (500, 750, 1000, 1500 rpm) and three breakage times (5, 10, 15 s). The comminuted material was sieved into multiple size fractions, and each fraction was manually evaluated to quantify the liberated EPS, total composite content, and residual impurities. Two key metrics; EPS grade (mass of liberated EPS per total fraction mass) and material yield (mass proportion of each fraction) were used to assess the recovery potential.

Results indicate that the 10–6.3 mm fraction consistently showed the highest EPS grade, while larger fractions (>16 mm) mostly contained impurities. Rotor speed 1000 rpm and breakage times of 10 s yielded optimal balance between sufficient liberation and minimal over-crushing. The findings provide a clear foundation for selecting size fractions and processing parameters in subsequent air-based separation steps.

Block C „Recyclinganwendungen“

V 3

Recovered Carbon Black (rCB) – Potenziale, Prozesse und Herausforderungen der Standardisierung

Autor:	Lucas Nievelstein, NEUMAN & ESSER Process Technology GmbH,
Referent:	Lucas Nievelstein
E-Mail-Adresse:	lucas.nivelstein(at)neuman-esser.com

Jährlich fallen weltweit über 1 Milliarde Altreifen an – ein wachsendes Umweltproblem, aber auch eine wertvolle Ressource. Durch Pyrolyse lassen sich aus diesen Reifen verschiedene Produkte gewinnen, darunter Pyrolyse-Öl und recovered Carbon Black (rCB) – ein vielversprechender Sekundärrohstoff mit wachsender Bedeutung für die Kreislaufwirtschaft.

Carbon Black (CB) ist ein industriell hergestellter Ruß, der vor allem als Füllstoff und Verstärker in Reifen und Gummiartikeln eingesetzt wird. In der Reifenproduktion kommt bisher aus Mineralöl hergestellter Ruß (virgin Carbon Black) zum Einsatz. Im Gegensatz dazu entsteht rCB durch die thermische Zersetzung von Altreifen in sauerstofffreier Umgebung (Pyrolyse). Während virgin CB nahezu reinen Kohlenstoff enthält, weist rCB je nach Ausgangsmaterial und Prozessführung variable Anteile an Asche, Metallen und organischen Rückständen auf.

Die Herstellung von rCB umfasst drei Hauptschritte:

Aufbereitung: Schreddern der Altreifen und Entfernen von metallischen und textilen Komponenten.

Pyrolyse: Thermische Zersetzung der Reifen bei 400–700 °C.

Vermahlung: Zerkleinerung des festen Rückstands (Carbon Char) zu feinem Pulver.

Pelletierung: Verdichtung des rCB-Pulvers zu Pellets, um die Schüttdichte von 50–115 kg/m³ auf 400–600 kg/m³ zu erhöhen – ein entscheidender Schritt für Transport, Lagerung und industrielle Weiterverarbeitung.

Trotz wachsender Nachfrage – der rCB-Markt wird bis 2030 auf über 700 Mio. USD geschätzt – steht die Branche vor großen Herausforderungen. Eine Standardisierung ist essenziell, um rCB als gleichwertigen Ersatz für virgin CB zu etablieren. Doch die Heterogenität der Ausgangsmaterialien (Reifentypen, Gummimischungen), Unterschiede im Schreddergrad (fein vs. grob), Pyrolysebedingungen (Temperatur, Reaktortyp) und eingesetzte Bindemittel bei der Pelletierung (z. B. Melasse, Stärke, Ligninsulfonate) führen zu stark variierenden Produkteigenschaften.

Die ASTM hat erste Normen für rCB veröffentlicht, doch einheitliche Qualitätsstandards sind noch im Aufbau.

Der Vortrag beleuchtet die technischen, ökologischen und wirtschaftlichen Potenziale von rCB, erklärt den Prozessaufbau und diskutiert die Notwendigkeit und Herausforderungen der Standardisierung – ein entscheidender Schritt für die Integration von rCB in industrielle Wertschöpfungsketten.

Block C „Recyclinganwendungen“

V 4
1/2

Recycling-Filtermaterial – Filtersubstrate zur Behandlung von Niederschlagsabflüssen	
Autoren:	A. Rannefeld ¹ , K. Rübner ¹ , J.Küver ² , H. Kurkowski ³ , W. Eden ⁴ 1 Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung 2 Leibniz-Institut für Werkstofforientierte Technologien - IWT 3 Bimolab gGmbH 4 Forschungsinstitut der Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V.
Referentin:	Anne Rannefeld
E-Mail-Adresse:	anne.rannefeld(at)bam.de

Traditionell wurde Regenwasser aus Siedlungsgebieten schnell über Kanalnetze abgeleitet. Dies führte zu einer geringeren Verdunstung und Bodenspeicherung sowie zu einem verstärkten Abfluss von versiegelten Flächen. Dadurch werden der Wasserkreislauf, das Kleinklima und die Grundwasserneubildung beeinträchtigt, während Klär- und Regenwasseranlagen belastet werden. Starkregenereignisse können die Anlagen überlasten und lokale Überschwemmungen verursachen. Gleichzeitig gelangen Schwermetalle wie Kupfer, Zink und Blei in das Wassersystem und verursachen Umweltprobleme.

Um den Wasserkreislauf ökologisch wiederherzustellen, Überschwemmungen zu verhindern und Schadstoffeinträge zu reduzieren, rücken Versickerung und Rückhaltung von Regenwasser im Sinne des Schwammstadtkonzeptes in den Fokus. Gründächer, Versickerungsmulden oder Retentionsbodenfilter verzögern den Abfluss und entlasten so die Kanalisation. Dabei spielen Filter- und Speichermaterialien eine zentrale Rolle, um das Regenwasser zusätzlich zu reinigen und nutzbar zu machen.

Durch die Nutzung recycelter Bau- und Abbruchstoffe als Filtermaterialien können Primärrohstoffe eingespart und natürliche Ressourcen geschont werden. Im Rahmen des Forschungsprojekts „RC-Filtersubstrate“ werden Granulate aus recyceltem Kalksandsteinbruch und Porenbetonbruch sowie einer daraus speziell hydrothermal hergestellten Körnung als Retentionsfilter für verunreinigtes Niederschlagswasser untersucht.

Aufgrund ihres mesoporösen Gefüges und ihrer Calciumsilicathydrat-Phasen (C-S-H) zeigen diese Materialien großes Potenzial zur Abtrennung von Kupfer, Zink und Blei [1,2]. Dieser Ansatz des rohstofflich-chemischen Recyclings von Bau- und Abbruchabfällen überführt die Reststoffe in neue maßgeschneiderte Produkte. Durch die gezielte Steuerung der Porosität und der Mikrostruktur der Hydrothermalgranulate lässt sich die Reinigungsleistung optimieren. Zusätzlich können die RC-Filtersubstrate mit Bakterien besiedelt werden, um die Filterleistung weiter zu steigern.

Es soll nachgewiesen werden, dass RC-Filtermaterialien als effektive Niederschlagswasserfilter geeignet sind. Zudem soll die Filterleistung in Abhängigkeit von den Eigenschaften der Filtersubstrate untersucht werden.

siehe nächste Seite >>>

Block C „Recyclinganwendungen“

V 4
2/2

Recycling-Filtermaterial – Filtersubstrate zur Behandlung von Niederschlagsabflüssen	
Autoren:	A. Rannefeld ¹ , K. Rübner ¹ , J.Küver ² , H. Kurkowski ³ , W. Eden ⁴ 1 Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung 2 Leibniz-Institut für Werkstofforientierte Technologien - IWT 3 Bimolab gGmbH 4 Forschungsinstitut der Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V.
Referentin:	Anne Rannefeld
E-Mail-Adresse:	anne.rannefeld(at)bam.de

Im Vortrag werden die Erfahrungen zur Herstellung der Hydrothermalgranulate aus Kalksandsteinbruch- und Porenbetonbruchmehlen vorgestellt. Neben den Eigenschaften der Granulate werden erste Ergebnisse zur Untersuchung der Reinigungsleistung gezeigt.

[1] Pinnekamp, J., Tondera, K., Ruppelt, J., Welp, G., Arnold, U., Bläsing, M., Exner, M., Kistemann, T., Schreiber, C., Brang-Lamprecht, R., Flegler, A., & Miltzer, K. (2017). *Untersuchungen der Rückhalte-mechanismen von Retentionsbodenfiltern und Optimierung ihrer Bau- und Betriebsweise (ReB-Op)*. Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen.

[2] Wu, J., Zhu, Y. J., & Chen, F. (2013). *Ultrathin calcium silicate hydrate nanosheets with large specific surface areas: synthesis, crystallization, layered self-assembly and applications as excellent adsorbents for drug, protein, and metal ions*. *Small*, 9(17), 2911-2925.

Block C „Recyclinganwendungen“

V 5

Betriebserfahrungen der Agglomerationsanlage Feinhütte

Autoren:	Dipl.-Ing. Lukas Hauber, Köppern Aufbereitungstechnik GmbH & Co. KG Dr.-Ing. Felix Heinicke, Köppern Aufbereitungstechnik GmbH & Co. KG Dipl.-Ing. Justus Ihle, Feinhütte Halsbrücke GmbH
Referent:	Lukas Hauber
E-Mail-Adresse:	L.hauber(at)koeppern.com

Entsprechend der Präsentation von Dr. Jäckel zur UVR-FIA Tagung 2024 mit dem Titel „Aufbereitung sekundärer, feindisperser Hüttenzwischenprodukte – Von der Machbarkeit zum Anlagenkonzept zur Inbetriebnahme“ wurde im Oktober 2024 die Anlage bei der Feinhütte Halsbrücke GmbH in Betrieb gesetzt.

Es handelt sich um eines der größten Umweltschutz- und Modernisierungsprojekte der Region wobei verschiedene metallurgische Zwischenprodukte oder Hüttenzwischenprodukte mit Zuschlagstoffen (z.B. Betriebswasser) und Koks als Reduktionsmittel zu Aufbau- oder Pressagglomeraten verarbeitet werden. Neben dem staubfreien Transport bzw. längerfristigen Lagerung kann der Ofenprozess optimiert werden. Das gesamte Projektvolumen beträgt ca. 8,4 Mio€ und zeigt neben der Zukunftsorientierung der Feinhütte Halsbrücke GmbH die Bereitschaft mittelständiger Unternehmen wesentlich in Umweltmaßnahmen zu investieren

In 2025 wurden verschiedene Ausgangsstoffe und Mischungen in Granulierung und Brikettierung umgesetzt. Dabei arbeitete der Anlagenbauer Köppern intensiv und erfolgreich mit dem Betreiber Feinhütte Halsbrücke GmbH zusammen. Der Beitrag stellt die positiven Erkenntnisse sowie verfahrens- und anlagentechnische Herausforderungen während des Betriebes 2025 dar.

Block C „Recyclinganwendungen“

V 6

Rückgewinnung von Wert- und Rohstoffen aus Müllverbrennungsschlacke mit dem innovativen IRRT-Verfahren

Autor:	Jörg Eckardt, pro CLIR GmbH
Referent:	Jörg Eckardt
E-Mail-Adresse:	je(at)proclir.de

Das IRRT-Verfahren (Innovative Resource Recovery Technology) zur Aufbereitung von Schlacke aus Müllverbrennungsanlagen wurde im Rahmen von F&E-Projekten entwickelt.

Das Verfahren besteht aus verschiedenen Teilsystemen (Stufen), in denen die frisch gewonnene Schlacke so weit aufbereitet wird, dass mindestens 68% davon als Wertstoffe oder Erzeugnisse vermarktet werden können. Die im ersten Verfahrensschritt getrocknete Schlacke wird einem mechanischen Aufschluss unterzogen, der mechanisch instabile Fragmente aufbricht und die in den Sinterprodukten eingeschlossenen festen Metalle zur Extraktion freilegt. Metalle werden aus der Korngröße >0,5 mm mit einer Recyclingrate von >95 % und einer Reinheit von >85 % zurückgewonnen, Glas wird aus der Bodenaschefraktion >1 mm mit einer Recyclingrate von >85 % und einer Reinheit von >95 % zurückgewonnen. Verunreinigungen, die für die Verwendung als Ersatzbaustoff für Beton schädlich sind, werden mit innovativen Verfahren extrahiert.

In der Teilanlage "ReUST" wird das Schlackengranulat bis unter die geforderten Grenzwerte gemäß den Vorschriften gereinigt. Gleichzeitig werden alle mechanisch instabilen Bestandteile von den mineralischen Partikeln weggesprengt, so dass eine schadstoffarme Gesteinskörnung als Ersatzbaustoff entsteht, die z.B. beste Werte für das Anforderungsprofil Frost-Tausalz-Widerstand aufweist und als Gesteinskörnung für Beton nach DIN EN 12620:2002+A1:2008 zertifiziert ist.

Es existiert bereits eine Pilotanlage, in der Schlacke aus deutschen und ausländischen Müllverbrennungsanlagen verarbeitet wurde. Insgesamt wurden bisher 65 Mg Schlacke in der Pilotanlage behandelt, so dass umfangreiche Erkenntnisse vorliegen.

Das IRRT-Verfahren ist ein innovatives, hocheffizientes und wirtschaftliches Aufbereitungsverfahren für Müllverbrennungsschlacke, das letztlich $\geq 50\%$ des Inputs als zertifizierten Bau-Zuschlagstoff, $\geq 7,5\%$ als hochreines Glas, $\geq 3,2\%$ als reine Nichteisenfraktion und $\geq 7,5\%$ als Fe/VA-Fraktion liefert. Bereits heute gibt es eine hohe Nachfrage und ein großes Interesse an diesen wiederverwertbaren Materialien auf dem Markt. Die beträchtliche Steigerung der Rückgewinnungsquoten für Edelmetalle, Eisen- und Nichteisenmetalle in hoher Reinheit kann allein schon die Aufbereitungskosten und die Kosten für die Entsorgung der Reststoffe kompensieren. Die Vermarktung der Mineralik und die Reduzierung der zu deponierenden Reststoffe verbessert die Wirtschaftlichkeit nochmals deutlich.

Das IRRT – Verfahren weist einen negativen CO₂ – Fußabdruck aus und leistet einen Beitrag für die Erreichung der Klimaziele. Im Zuge der Karbonatisierung kann CO₂ dauerhaft eingebunden werden. Die ressourcenschonende Rückgewinnung von Rohstoffen vermindert Treibhausgasemissionen im Weiteren signifikant.

Block C „Recyclinganwendungen“

V 7
1/2

Metallrückgewinnung aus Edelstahlschlacke – Projektierung und Einsatzerfahrung

Autoren:	Stefan Hampsch, Dr. Jens Löwe, SBM Mineral Processing GmbH
Referent:	Jens Löwe
E-Mail-Adresse:	Jens.Loewe(at)sbm-mp.at

Die Freitaler Recycling GmbH, ein Dienstleister im Bereich der Aufbereitung von Schlacken, feuerfesten Materialien sowie Bau- und Abbruchabfällen, hat gemeinsam mit der Firma SBM Mineral Processing GmbH eine Anlage zur trockenen Aufbereitung von Edelstahlschlacken projektiert und errichtet.

Hauptziel des Projektes war es, die bestmögliche Rückgewinnung metallhaltiger Fraktionen aus der anfallenden Schlacke zu erreichen. Gleichzeitig sollte diese Anlage auch für die Aufbereitung anderer mineralischer Stoffe nutzbar sein.

Beginnend mit einer Skizze zum groben Prozessablauf erfolgten zum Projektstart verschiedene Versuche im Labormaßstab und unter industriellen Bedingungen. Aufbauend aus diesen Erkenntnissen kam es zur gemeinsamen

- Erarbeitung eines Fließbildes zum Verfahrensablauf,
- dem Grob-Engineering der gesamten Anlagen,
- die finale Anlagenkonzeption mit der anschließenden Auslegung der benötigten Komponenten und
- der schlüsselfertigen Übergabe der Anlage durch die Firma SBM Mineral Processing GmbH.

Begleitet wurden die Bearbeitungsstufen durch das zeitgleiche Genehmigungsverfahren. Inbetriebnahme und Produktionsstart der Anlage erfolgte zu Beginn des Jahres 2024.

siehe nächste Seite >>>

Block C „Recyclinganwendungen“

**V 7
2/2**

Metallrückgewinnung aus Edeltstahlschlacke – Projektierung und Einsatzerfahrung

Autoren:	Stefan Hampsch, Dr. Jens Löwe, SBM Mineral Processing GmbH
Referent:	Jens Löwe
E-Mail-Adresse:	Jens.Loewe(at)sbm-mp.at

Das aufzubereitende Material ist gekennzeichnet durch eine große Varianz des Eingangsmaterials. Einzelstückgewichte von bis zu vier Tonnen und ein vergleichsmäßig hoher Feinkornanteil wirken ebenso herausfordernd wie die teilweisen hohen Festigkeiten der Schlacke, die starken Schwankungen der magnetischen Eigenschaften und der der metallischen Inhaltsstoffe.

Neben den stofflichen Eigenschaften musste der Fokus auf die Zielprodukte gelegt werden. So musste für die Aufbereitung von feuerfesten Materialien einerseits ein hoher Sortiergrad gewährleistet sein und andererseits die Prozessschritte so ausgeführt werden, dass Zwischenprodukte den laufenden Prozess problemlos verlassen können. Weitere Aspekte, wie die Umgebungsbedingungen sowie das Materialverhalten bei unterschiedlichen Witterungsbedingungen, flossen ebenso in die Betrachtung ein.

Unter all diesen Bedingungen musste eine sichere und störungsfreie Produktion gewährleistet werden.

Die Kernkomponenten der Aufbereitungsanlage sind die Vorsortierung, die Siebung und Sortierung, das Primär- und Sekundärbrechen sowie die Metallseparation.

Durch das Zusammenspiel der genannten Komponenten wurde das entscheidende Ziel, eine hohe Rückgewinnungsquote bei der Metallseparation zu erzielen, erreicht.

Gleiches gilt für Aufgaben, die sich aus der Aufbereitung zusätzlicher mineralischer Produkte und feuerfester Materialien ergeben. In Versuchen konnte u. a. und die Herstellung von Splitten für den Straßen- und Wegebau aus natürlichen Gesteinskörnungen nachgewiesen werden.

Block D „Primäraufbereitung und sonstige Prozesse“

V 8

**Inbetriebnahme einer Pilotanlage zur untertägigen Steinsalzvorabtrennung
mittels Sensorgestützter Sortierung im K+S Kaliwerk ZI**

Autor:	Dr. Bruno Alexandre, Correia Bicho, K+S AG / K+S Analytik- und Forschungszentrum
Referent:	Bruno Alexandre Correia Bicho
E-Mail-Adresse:	Bruno.Bicho(at)k-plus-s.com

Der Umgang mit Versatzmaterial in der Bergbauindustrie stellt seit Jahrzehnten eine zentrale Herausforderung dar. Dabei muss den stetig steigenden Anforderungen durch immer tiefere und komplexere Lagerstätten, den ökonomischen Zwängen nach economies of scale und nicht zuletzt den steigenden Umweltauflagen und Restriktionen begegnet werden.

Der Ansatz, gemäß dem Prinzip des Lean Manufacturing wertloses Mineral möglichst früh aus dem untertägig gewonnenen Rohsalzstrom zu entfernen und den Wertstoff aufkonzentriert weiterzuverarbeiten, bietet zahlreiche Vorteile. Angesichts des Strebens nach technologischer Weiterentwicklung und des Potentials für hohe Durchsatzraten bei geringer Bauhöhe erscheint die sensorgestützte Sortierung für die untertägige Vorabtrennung von Steinsalz besonders vielversprechend.

Die Technik der sensorgestützten Sortierung wurde bisher bei K+S zur Trennung von farblich unterscheidbaren Nebenbestandteilen, mit optischen Sensoren, eingesetzt. Für die Trennung von Sylvin und Halit sind solche Sensoren jedoch nicht zielführend, da sich beide Minerale in der Regel optisch nicht unterscheiden lassen.

Aufgrund der Neuheit dieser Trenaufgabe wurde in Kooperation mit der Fa. TOMRA Sorting GmbH ein geeigneter Sensor für die Trennung von Sylvin (KCl) und Halit (NaCl) entwickelt. Basierend auf dieser Entwicklung wurde eine Pilotanlage konzipiert und im Grubenbetrieb des Werkes Zielitz errichtet. Bei der Auslegung der Gesamtanlage wurde besonderes Augenmerk auf die Flexibilität und Überwachbarkeit der Anlage gelegt, um spätere Optimierungen der Sortierung zu erleichtern.

Die Inbetriebnahme der Anlage erfolgte im Jahr 2022. Unter den aktuellen Bedingungen kann mehr als die Hälfte des sortierten Rohsalzes in der unterirdischen Lagerstätte verbleiben. Derzeit laufen weiterführende Untersuchungen zur Optimierung der Trennleistung, Steigerung des Durchsatzes und Implementierung der Technologie in die Bergbauplanung.

Block D „Primäraufbereitung und sonstige Prozesse

V 9

**Herausforderungen bei der Verarbeitung carnallitischer Rohsalze –
verfahrenstechnische, betriebliche und klimatische Aspekte**

Autor:	M.Sc. Kevin Roscher, ERCOSPLAN Ingenieurbüro Anlagentechnik GmbH
Referent:	Kevin Roscher
E-Mail-Adresse:	Roscher(at)ercosplan.com

Die Verarbeitung von carnallitischen Rohsalzen zu Düngemitteln – wie etwa KCl 95, das weltweit als Muriate of Potash (MOP) bekannt ist – ist mit signifikanten verfahrenstechnischen Herausforderungen verbunden. Diese führen zu komplexen und energieaufwändigen Aufbereitungsmethoden und stellen damit eine der primären Herausforderungen dar. Die Entwicklung eines geeigneten Aufbereitungsverfahrens ist ohne umfassende verfahrenstechnische Untersuchungen nur begrenzt realisierbar.

Anhand eines konkreten Beispiels zeigt der Vortrag, wie verfahrenstechnische Untersuchungen in Zusammenarbeit mit unserem Partner UVR-FIA durchgeführt wurden.

Bei der Umsetzung komplexer und energieintensiver Projekte erweist sich die Energieversorgung als eine der größten betrieblichen Herausforderungen. Im Vortrag wird erläutert, wie diese Herausforderung angesichts begrenzter Verfügbarkeit fossiler Energieträger gelöst werden kann.

Eine der aktuellsten und global relevantesten Herausforderungen stellt das Rückstandsmanagement dar. Die Verarbeitung von Carnallit ist mit der Entstehung großer Mengen an flüssigen – zusätzlich zu festen – Rückständen verbunden. Es wird dargestellt, wie diese unter eingeschränkter Flächenverfügbarkeit und unter Einhaltung strenger Umweltauflagen bewältigt werden können.

Zu den größten klimatischen Herausforderungen zählt das tropische Klima – insbesondere bei Lagerstätten, die in solchen Regionen liegen. Die stark hygroskopischen Eigenschaften des Carnallits erschweren dabei sowohl die Förderung als auch die Lagerung erheblich.

Block D „Primäraufbereitung und sonstige Prozesse

V 10

Charakterisierung von biologisch abbaubaren Polymeren und Composites während der thermomechanischen Beanspruchung beim Recycling

Autoren:	Peter Clemenz, Marc Krech, Dr. Maria Schäfer, Prof. Dr.-Ing. Jens Friedrich, ZIRKON – Hochschule Zittau/Görlitz
Referent:	Peter Clemenz
E-Mail-Adresse:	Peter.Clemenz(at)hszg.de

Noch immer sind Erdöl und Erdgas die mit Abstand wichtigsten Rohstoffe zur Herstellung von Polymeren. Knapp 85 % aller Kunststoffprodukte wurden in Deutschland im Jahr 2023 auf Basis von primären fossilen Ressourcen hergestellt. Der verbleibende Anteil des Materialinputs in der kunststoffverarbeitenden Industrie stammt überwiegend aus dem vermehrten Einsatz von Regranulaten aus dem Recycling von Post-Consumer- und Post-Industrial-Abfällen. Aus nachwachsenden Ressourcen erzeugte Kunststoffprodukte haben in Deutschland einen Marktanteil von unter 1 %.

Doch die Endlichkeit von Erdöl und Erdgas und die hierzulande starke Abhängigkeit von den globalen Reserven erfordern neben der Erhöhung der Rezyklatquoten insbesondere einen schnell steigenden Einsatz von alternativen biobasierten Polymeren. Seit einigen Jahren gelangen daher vermehrt neue Werkstoffe in den Abfallstrom, womit auch die technologischen Herausforderungen bei der Sortierung und Aufbereitung stetig steigen. Gegenwärtig werden biobasierte Polymere aufgrund ihres geringen Anteils am Gesamtabfallaufkommen aus dem Recyclingprozess ausgeschleust und vorrangig einer thermischen Verwertung zugeführt. Für die Zukunft ist jedoch damit zu rechnen, dass die Produktionsmengen steigen und ein höherwertiges Recycling aus ökologischen und ökonomischen Aspekten an Bedeutung gewinnt. Bislang ist nur unzureichend erforscht, ob sich die im Vergleich zu klassischen Kunststoffen thermisch oft weniger stabilen und biologisch abbaubare Polymere auch durch mechanisches Recycling, und somit ohne Verlust der makromolekularen Struktur und des bei der Synthese erbrachten Energieinputs, im Kreislauf führen lassen.

In dem hier vorgestellten Beitrag werden die Auswirkungen der thermomechanischen Materialbeanspruchung beim Recycling auf verschiedene biologisch abbaubare Polymere und deren naturfasergefüllte Composites untersucht. Dazu wird das aufgegebene Material unter Vernachlässigung der Nutzungsphase eines Kunststoffproduktes wiederholt extrudiert und regranuliert. Zur fortlaufenden Charakterisierung werden verschiedene mechanische, thermische und physikalische Materialkennwerte bestimmt, wie beispielsweise Zugfestigkeit, Schmelze-Massefließrate und Polymerisationsgrad.

Das Projekt wird gefördert vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR)

Block D „Primäraufbereitung und sonstige Prozesse

V 11

Korrelation von 3D-Partikelgeometrien aus 2D-Eigenschaftsverteilungen	
Autor:	Dr. Thomas Buchwald, Hoffmann Maschinen- und Apparatebau GmbH
Referent:	Thomas Buchwald
E-Mail-Adresse:	thomas.buchwald(at)hoffmann-filter.de

Die Bestimmung von Partikelgröße und -form über dreidimensionale Verfahren ist nach wie vor zeitaufwendig und kostspielig, sodass vor allem zweidimensionale Verfahren, allen voran die statische und dynamische Bildanalyse, zur Partikelcharakterisierung Anwendung finden. Für die Bestimmung einer Vielzahl von Schüttguteigenschaften, z.B. Fließfähigkeit und Schüttdichte, wäre aber die Kenntnis der 3D-Eigenschaften eines Partikelguts von großem Vorteil.

In einer Publikation aus diesem Jahr¹ wurde gezeigt, dass die Korrelation von 2D- und 3D-Partikeleigenschaften ermöglicht werden kann über eine Simulation der bildgebenden 2D-Verfahren mit 3D-Partikelgeometrien, die aus Computertomografie-Experimenten stammen. Eine Simulation sowohl von statischer als auch dynamischer Bildanalyse wurde von über 6.000 Partikeln aus sechs verschiedenen Schüttgütern durchgeführt. Die dabei entstandenen Ergebnisse haben allgemeingültige Korrelationen zwischen 2D- und 3D-Partikeleigenschaften aufgedeckt. Mithilfe dieser Korrelationen werden folgende Dinge ermöglicht:

- Die Sphärizität (3D) kompakter Partikel kann aus 2D-Formfaktoren geschätzt werden.
- Die mittlere Partikeldimension (Breite) kann aus Feret-Durchmessern abgeleitet werden. Damit können nun tatsächlich Siebanalysen sinnvoll mithilfe von dynamischer Bildanalyse abgeschätzt werden.
- Über eine Korrelation der 2D- und 3D-Partikelsolidosität kann von Projektionsfläche (2D) auf Partikeloberfläche (3D) und von Aspektverhältnis (2D) auf Breite/Länge-Verhältnis (3D) geschlossen werden.

Die Studie und ihre Ergebnisse beschränken sich dabei vor allem auf kompakte Partikel.

Der Vortrag geht über die Ergebnisse der ersten Publikation hinaus (s. dritter Punkt oben), eine zweite wird aktuell erstellt. Zunächst wird auf die Simulation der bildgebenden Verfahren eingegangen. Im Anschluss wird die Korrelation der Partikeleigenschaften beschrieben und Anwendungen der Ergebnisse beschrieben. Der Vortrag wird abgerundet durch Validierungsmessungen mit einer dynamischen Bildanalyse.

Block E „Lithium-Ionen-Batterie-Recycling“

V 12
1/2

Einfluss der Prozessparameter auf das mechanische Recycling von Lithium-Ionen-Batterien	
Autoren:	<u>D. Beusen</u> , H. Zetzener, A. Kwade Institut für Partikeltechnik (iPAT), TU Braunschweig
Referent:	Dennis Beusen
E-Mail-Adresse:	d.beusen(at)tu-braunschweig.de

Für eine nachhaltige Elektromobilität ist die Schließung von Stoffkreisläufen, insbesondere bei Batteriematerialien, von entscheidender Bedeutung [1]. Die mechanische Aufbereitung spielt hierbei eine zentrale Rolle: Sie bereitet Lithium-Ionen-Batterien am Ende ihrer Lebensdauer für nachfolgende hydrometallurgische Verfahren vor. Dabei wird die werthaltige Schwarzmasse (u. a. Nickel, Kobalt und Lithium) von den anderen Komponenten getrennt [2].

Um die Effizienz dieser Aufbereitung zu optimieren, werden in dieser Arbeit Untersuchungen auf einer Recyclinganlage im Pilotmaßstab präsentiert. Der Prozess beginnt im Vormodul, einer kombinierten Anlage aus Schredder und Mischrockner, die jeweils unter Vakuum betrieben werden. Die Batterien werden zunächst im Schredder vorzerkleinert und fallen anschließend durch ein Bodensieb in den darunterliegenden, beheizten Mischer. Dort werden sie getrocknet und einer weiteren mechanischen Beanspruchung ausgesetzt, deren Intensität sich über die Werkzeugumfangsgeschwindigkeit variieren lässt. Dieser Schritt überführt das Material in ein handhabbares Schüttgut. Anschließend wird es im nachgeschalteten Produktmodul mittels Zick-Zack-Sichtung und einem Luftstrahltaumelsieb in verschiedene Materialfraktionen, insbesondere die werthaltige Schwarzmasse, aufgetrennt.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt auf der Untersuchung des Vormoduls. Es werden Parameterstudien präsentiert, die den Einfluss von Prozessgrößen wie der Mischintensität, der Temperatur und dem Vakuum auf die Effizienz des Gesamtprozesses beleuchten. Im Fokus stehen dabei zwei Kernaspekte: die Maximierung der Ausbeute an Schwarzmasse und die Analyse der Trocknungskinetik. Die Ergebnisse zeigen, wie sich durch eine gezielte Einstellung dieser Parameter die Anhaftung von Aktivmaterial an den Folien minimieren lässt und somit die Ausbeute an wertvoller Schwarzmasse signifikant gesteigert werden kann.

siehe nächste Seite >>>

Block E „Lithium-Ionen-Batterie-Recycling“

V 12
2/2

Einfluss der Prozessparameter auf das mechanische Recycling von Lithium-Ionen-Batterien	
Autoren:	<u>D. Beusen</u> , H. Zetzener, A. Kwade Institut für Partikeltechnik (iPAT), TU Braunschweig
Referent:	Dennis Beusen
E-Mail-Adresse:	d.beusen(at)tu-braunschweig.de

Die Arbeit leistet somit einen wichtigen Beitrag zum grundlegenden Prozessverständnis der mechanischen Batterieaufbereitung. Die gewonnenen Erkenntnisse sind essenziell für die Auslegung und Optimierung industrieller Anlagen, um eine hohe Effizienz, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit im Recycling von Lithium-Ionen-Batterien zu gewährleisten und somit die Kreislaufwirtschaft in der Elektromobilität voranzutreiben.

Literaturverzeichnis:

- [1] F. Cerdas, S. Andrew, S. Thiede, and C. Herrmann, “Environmental Aspects of the Recycling of Lithium-Ion Traction Batteries,” in *Recycling of Lithium-Ion Batteries*, A. Kwade and J. Diekmann, Eds., in Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management. , Cham: Springer International Publishing, 2018, pp. 267–288. doi: 10.1007/978-3-319-70572-9_16.
- [2] J. Diekmann, S. Rothermel, S. Nowak, and A. Kwade, “The LithoRec Process,” in *Recycling of Lithium-Ion Batteries*, A. Kwade and J. Diekmann, Eds., in Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management. , Cham: Springer International Publishing, 2018, pp. 33–38. doi: 10.1007/978-3-319-70572-9_2.

Block E „Lithium-Ionen-Batterie-Recycling“

V 13

Beitrag zum Recycling von Produktionsabfällen aus der Batteriezellfertigung

Autoren:	Eric Trebeck, TUBAF – IART, Dr.-Ing. Thomas Krampitz TUBAF – IART, Prof. Dr.-Ing. Holger Lieberwirth TUBAF - IART
Referent:	Eric Trebeck
E-Mail-Adresse:	eric.trebeck(at)jart.tu-freiberg.de

Im Zuge der Skalierung der Batteriezellfertigung rückt der nachhaltige Umgang mit entstehenden Produktionsabfällen zunehmend in den Fokus. Insbesondere metallhaltige und funktionelle Materialien, die während der Elektroden- und Zellherstellung anfallen, stellen eine potenziell wertvolle Ressource dar – gleichzeitig erfordern sie spezifische Strategien zur sicheren und wirtschaftlichen Rückgewinnung.

In diesem Beitrag sollen zunächst grundlegende Wege zur Aufbereitung und Rückführung typischer Abfallströme aus der Batteriezellproduktion skizziert werden.

Darauf aufbauend wird eine verallgemeinerte Prozesskette vorgestellt, die aus aktuellen Arbeiten im eigenen Forschungskontext abgeleitet ist. Diese dient als Rahmen, um ausgewählte Schwerpunkte näher zu beleuchten. (Erste Versuchsergebnisse sind vorhanden, einzelne Untersuchungen befinden sich jedoch noch im laufenden Forschungsprozess. Das Thema des Vortrags ist deshalb unter Vorbehalt festgelegt und kann sich bis zur Tagung noch inhaltlich leicht ändern.)

Abschließend erfolgt ein Ausblick auf mögliche Anwendungsfelder der recycelten Materialien

Block E „Lithium-Ionen-Batterie-Recycling“

V 14

Zur Recyclingquote für Lithium-Ionen-Batterien (LIB)

Autoren:	Simon Franz Bendl, Thomas Leißner, Alexandra Kaas, Thomas Mütze, Urs Alexander Peuker
Referent:	Simon Franz Bendl
E-Mail-Adresse:	Simon-franz.bendl@mvtat.tu-freiberg.de

Für die Reduzierung des CO₂-Ausstoßes im Verkehrssektor, ist eine verstärkte Elektrifizierung des Individualverkehrs erforderlich. Bereits im Jahr 2023 entfiel etwa jedes fünfte neu zugelassene KFZ auf ein Elektrofahrzeug (EV) [1]. Mit der zunehmenden Verbreitung von EV geht ein erheblicher Anstieg der Verwendung von Lithium-Ionen-Batterien (LIB) einher, daraus hervor geht die Notwendigkeit für die Entwicklung effizienter Recyclingstrategien. In diesem Kontext setzt die EU-Verordnung 2023/1542 verbindliche Recyclingquoten für LIB fest [2].

In dieser Arbeit wird die Genauigkeit der Bestimmung der Recyclingquote mittels Fehleranalyse und Gauß'scher Fehlerfortpflanzung für die Produktion von Schwarzmasse (BM) analysiert.

Die Recyclingquote berechnet sich aus der zurückgewonnenen Masse des betrachteten Elements im Verhältnis zu der ursprünglich in der Batterie enthaltenen Masse. Fehler können bereits bei der Bestimmung der ursprünglich enthaltenen Masse auftreten. Weiteren Einfluss haben Messfehler bei der ICP-OES Analyse der BM, die Probenentzug sowie Wägefehler. In dem Vortrag wird die Berechnung der Gauß'scher Fehlerfortpflanzung, die getroffenen Annahmen sowie Beispiele an realen Versuchen vorgestellt.

Literaturverzeichnis:

[1] International Energy Agency, Global EV Outlook 2024, IEA Publications, **2024**, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a9e3544b-0b12-4e15-b407-65f5c8ce1b5f/Globa-IEVOutlook2024.pdf> (zuletzt geprüft: 29.10.2024).

[2] Europäisches Parlament und Rat, Verordnung 2023/1542, **2023**.

Block E „Lithium-Ionen-Batterie-Recycling“

V 15

Graphit-Rückgewinnung von Lithium-Ionen-Altzellen mittels Schaumflotation und Bewertung als Sekundärrohstoff für die Anwendungen in der Feuerfest-Industrie	
Autoren:	Stephan Stuhr, UVR-FIA GmbH, Deutschland Johannes Rieger, K1-MET GmbH, Österreich Hartwig Kunanz, RHI Magnesita, Österreich Astrid Arnberger, Saubermacher Dienstleistungs AG, Österreich
Referent:	Stephan Stuhr
E-Mail-Adresse:	Stuhr(at)uvr-fia.de

Die sogenannte Schwarzmasse aus dem Recycling von Lithium-Ionen-Altzellen (LIB) enthält kritische Rohstoffe wie Kobalt (Co) und Graphit. Diese Studie untersucht die Trennung von Graphit aus der Schwarzmasse mittels Schaumflotation in Verbindung mit dem Ansatz eines Open-Loop-Recyclings für das Graphitprodukt (Schaum). Es wurden Proben der verschiedenen Schwarzmassen aus unterschiedlichen LIB-Typen verwendet. Die Optimierung der Flotationsparameter erfolgte in Abhängigkeit von Zellchemie der Schwarzmasse, d. h. der Anzahl der Flotationsstufen, den Reagentypen und der Dosierung. Es wurde ein mehrstufiges Flotationsregime entwickelt, um zwei Ziele zu erreichen:

1.

Graphitkonzentrat für Sekundärrohstoffanwendungen. In Labortests wurde eine Graphitrückgewinnung von ca. 85 % bei einer Reinheit von ca. 94 Gew.-% erreicht.

2.

Metallkonzentrat mit kontrolliertem Restgraphitgehalt für die anschließende pyrometallurgische Verarbeitung. Durch Anpassung der Anzahl der Stufen wurde der anfängliche Graphitanteil von ~40 Gew.-% variabel auf bis zu 3 Gew.-% reduziert, während bis zu 90 % Ni, Co und Mn zurückgewonnen wurden.

Der Graphit wurde anschließend als sekundäre Graphitquelle für die Herstellung von feuerfesten Materialien (Magnesia-Kohlenstoff-Steine) verwendet. Analysen der chemischen Zusammensetzung der Steine sowie ihrer thermomechanischen Eigenschaften (z. B. Kaltdruckfestigkeit, Heißbruchmodul und Wärmeleitfähigkeit) ergaben keine negativen Auswirkungen auf die Qualität der Steine. Es konnte nachgewiesen werden, dass Flotationsgraphit grundsätzlich als sekundäre Quelle für Nicht-Batterie-Anwendungen verwendet werden kann.

Danksagung:

Die Autoren bedanken sich herzlich für die finanzielle Unterstützung durch die K1-MET GmbH, das Kompetenzzentrum für Metallurgie. Das Modul FuLIBatteR wird von COMET (Competence Center for Excellent Technologies), dem österreichischen Programm für Kompetenzzentren, unterstützt. COMET wird vom Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur, vom Bundesministerium für Wirtschaft, Energie und Tourismus, von den Bundesländern Oberösterreich und Steiermark sowie von der Steirischen Wirtschaftsförderungsgesellschaft (SFG) finanziert. Darüber hinaus wird das Modul kontinuierlich von der Upper Austrian Research GmbH unterstützt. Neben der öffentlichen Förderung durch COMET wird dieses Forschungsprojekt teilweise von den Unternehmenspartnern Audi, BRAIN Biotech, Ebner Industrieofenbau, RHI Magnesita, Saubermacher, TÜV SÜD Landesgesellschaft Österreich, VTU Engineering und voestalpine High-Performance Metals sowie den wissenschaftlichen Partnern acib, Coventry University, Technische Universität Leoben, BOKU Universität und UVR-FIA finanziert.

Block E „Lithium-Ionen-Batterie-Recycling“

V 16

Die neuen Aufbereitungsanlagen der Fa. L. Walch GmbH Baudenbach zur Aufbereitung von Produktionsabfällen der LiB-Herstellung

Autoren:	Matthias Walch, Dr. H.-Georg Jäckel; L. Walch GmbH & Co KG Baudenbach
Referent:	H.-Georg Jäckel
E-Mail-Adresse:	Recut(at)web.de

Seit dem 1. März 2025 sind die beiden Anlagen zur Rückgewinnung von Rohstoffen aus Produktionsabfällen der Li-Ionen-Batteriezellfertigung am Standort Baudenbach im regulären Betrieb. Mittels des von der Fa. Walch entwickelten Verfahrens können bis zu 5.000 Tonnen LiB-Ausschussmaterial pro Jahr verarbeitet werden. Um Kreuzkontaminationen in die qualitativ hochwertigen Produkte zu vermeiden, erfolgt die Aufbereitung auf zwei separaten Linien, getrennt für Anoden- und Kathodenmaterial. Die Anlagen sind auf einen Nenndurchsatz von 2 t/h ausgelegt und erlauben die optimale Rückgewinnung der metallischen und Schichtwerkstoff-Komponenten bei minimalen Wertstoffverlusten und höchsten Qualitäten.

Die neue Aufbereitungsanlage firmiert als **WHW Recycling GmbH** und stellt ein Joint Venture aus der *L. Walch Recycling GmbH* und dem slowakischen Unternehmen *Fecupral* dar. Während erstere Firma die patentierte Recyclingtechnologie sowie operative Erfahrung einbringt, steuert Fecupral das Netzwerk in den osteuropäischen Märkten der Li-Ion-Batteriezellfertigung bei. Das neue Unternehmen bündelt das aktuelle Knowhow im Recycling der LiB-Produktionsabfälle und sieht sein Engagement als wichtigen Beitrag zur Stärkung der europäischen Rohstoffsouveränität. Da aktuell Monopolisierungstendenzen, Rohstoffabhängigkeiten zunehmen und globale Lieferketten immer fragiler werden, sollte man die in Europa als Abfall anfallenden Rohstoffe auch hier verarbeiten und als Sekundärprodukte dem Wirtschaftskreislauf zuführen.

Ausgehend von einer Klassifizierung der LiB-Produktionsabfälle und einer Charakterisierung der Aufkommenssituation (D/EU) werden im Vortrag die zu bewältigenden genehmigungsrechtlichen sowie technischen Probleme bei der Umsetzung des Vorhabens erörtert. Mit Focus auf die geforderten Produktqualitäten erfolgt eine Vorstellung der beiden Recyclinganlagen zur Entschichtung der Kathoden- bzw. Anodenfolienabfälle. Abschließend werden Ergebnisse aus der Erprobungsphase der beiden Anlagen diskutiert, die im Rahmen des DBU-Projektes Licare unter Mitwirkung der TU Bergakademie Freiberg (IART) gewonnen wurden.

Block F „Apparate“

V 17
1/3

WET PLATE MAGNETIC SEPARATOR – A POSSIBILITY FOR IMPROVED PRODUCTS AND REDUCED SPECIFIC ENERGY DEMAND	
Autoren:	E. Tumbaz¹, U. Jakobs², M.N. Morgül Tumbaz³ ¹ ENG MINERAL San. Tic. Ltd. Şti. ² Dr. Jakobs GmbH ³ Faculty of Engineering, Sakarya University
Referent:	Udo Jakobs
E-Mail-Adresse:	Moritz(at)dr.jakobs-gmbh.de

1. Abstract

The **Wet Plate Magnetic Separator (WPMS)** is a novel wet separation technology designed for efficient removal of magnetic impurities from mineral slurries, with significantly lower energy requirements compared to conventional systems. It features a neodymium-based magnet plate and operates at low specific energy, yet achieves comparable or superior separation efficiency to vertical wheel high-intensity magnetic separators and electromagnetic filters, particularly for Fe₂O₃ reduction.

Pilot-scale tests were conducted on silica sand and other mineral samples, comparing performance against single and double-pass vertical wheel separators. The WPMS demonstrated excellent product quality with significantly lower energy consumption and investment cost. When used in combination with a high-intensity separator, it further improved the purity of non-magnetic products. These results support WPMS as a highly efficient and cost-effective solution for modern mineral processing and recycling applications.

Keywords: Wet Plate Magnetic Separator, Silica Sand, Feldspar, Low Energy Consumption, Magnetic Separation

2. Introduction

In the wet processing of industrial minerals like silica sand and quartz, efficient removal of iron and titanium impurities is critical for glass and high-purity applications. Conventional magnetic separation uses either electromagnetic filters or vertical wheel high-intensity magnetic separators (WHIMS), both of which are power-intensive and involve considerable maintenance.

A new alternative - the Wet Plate Magnetic Separator (WPMS) - offers an innovative approach combining magnetic field strength with continuous belt transport, achieving efficient magnetic separation while drastically reducing power and cooling requirements.

siehe nächste Seite >>>

Block F „Apparate“

V 17
2/3

WET PLATE MAGNETIC SEPARATOR – A POSSIBILITY FOR IMPROVED PRODUCTS AND REDUCED SPECIFIC ENERGY DEMAND	
Autoren:	E. Tumbaz¹, U. Jakobs², M.N. Morgül Tumbaz³ ¹ ENG MINERAL San. Tic. Ltd. Şti. ² Dr. Jakobs GmbH ³ Faculty of Engineering, Sakarya University
Referent:	Udo Jakobs
E-Mail-Adresse:	Moritz(at)dr.jakobs-gmbh.de

3. Technology Overview

The WPMS consists of:

- A magnetic plate with alternating neodymium magnets and mild steel spacers
- An inclined polyurethane belt moving counter-current to slurry flow
- Adjustable parameters such as plate angle, belt speed, and rinse water flow

The design ensures high magnetic field gradients (up to 16,000 Gauss at steel interfaces), enabling effective capture of even weakly magnetic particles. The field profile across the plate width is visibly demonstrated by stopping the belt and feed flow, revealing a clear particle distribution pattern (Figure 3).

Key Design Features (WPMS pilot plant):

- Plate size: 800 mm (length) × 1500 mm (width)
- Feed solids: 25 – 30 %
- Throughput: 5 – 8 t/h
- Energy consumption: ~1.1 kW belt motor, no coil cooling required

4. Pilot Testing and Comparative Results

Tests were conducted on silica sand (0.063–0.4 mm) to evaluate WPMS performance in both single-pass and two-pass modes. These were compared with results from vertical wheel separators using aluminum and copper coils (13,000–23,500 Gauss). A hybrid configuration combining WPMS with a secondary vertical wheel separator was also assessed.

Table – Fe₂O₃ Reduction Efficiency (0–800 µm silica sand):

Configuration	Fe ₂ O ₃ [%]	SiO ₂ [%]
Raw Feed	0.3349	99.28
WPMS – 1 Pass	0.0413	99.76
WPMS + Cu-Coil WHIMS	0.0219	99.90
WHIMS (Al-Coil, 2-pass)	0.0268	99.87

Block F „Apparate“

V 17
3/3

WET PLATE MAGNETIC SEPARATOR – A POSSIBILITY FOR IMPROVED PRODUCTS AND REDUCED SPECIFIC ENERGY DEMAND	
Autoren:	E. Tumbaz¹, U. Jakobs², M.N. Morgül Tumbaz³ ¹ ENG MINERAL San. Tic. Ltd. Şti. ² Dr. Jakobs GmbH ³ Faculty of Engineering, Sakarya University
Referent:	Udo Jakobs
E-Mail-Adresse:	Moritz(at)dr.jakobs-gmbh.de

WPMS alone substantially reduced Fe₂O₃ content. When combined with a high-intensity vertical wheel separator, the resulting product achieved the highest purity levels with minimal TiO₂.

5. Energy and Investment Comparison

Table – Equipment Energy and Cost Comparison:

Parameter	WHIMS (Al)	WHIMS (Cu)	WPMS
Installed Coil Power	24.5 kW	37.0 kW	–
Ring Motor	2.2 kW	2.2 kW	1.1 kW
Cooling System	Oil + Fan	Fresh Water	None
Investment Cost (rel.)	84%	100%	60%

WPMS significantly reduces both operating energy and capital expenditure while eliminating the need for external cooling systems.

6. Conclusion

The Wet Plate Magnetic Separator offers a highly promising solution for mineral processing operations requiring efficient magnetic separation with low energy demand. Pilot-scale trials confirm its capabilities in producing high-purity silica sand and other industrial minerals. Key benefits include:

- Low specific energy consumption
- Reduced capital and operational costs
- Minimal maintenance requirements
- Excellent product quality—especially for Fe₂O₃ and TiO₂ removal

It is well-suited as both a standalone alternative and a complementary stage in high-purity mineral production flowsheets, supporting sustainable and cost-effective processing strategies across industries.

Block F „Apparate“

V 18
1/2

Walzenschüsselmühlen in der Zementindustrie – Prozessoptimierung mittels KI

Autoren:	Dipl.-Ing. Sven Rathgeber, Dr.-Ing. Caroline Woywadt, Gebr. Pfeiffer SE
Referent:	Sven Rathgeber
E-Mail-Adresse:	sven.rathgeber(at)gebr-pfeiffer.com

Zur Vermahlung (mittel-)harter und spröder Materialien wie z.B. Zementrohmaterial, Kalkstein, Zementklinker, Klinkerersatzstoffe, Gips ist die Walzenschüsselmühle eines der energieeffizientesten Systeme, die für großtechnische Anwendungen verfügbar sind. Die Kombination dreier Prozessschritte in einer Maschine – Trocknung, Mahlung, Klassierung – ist eine sehr vielseitige Möglichkeit, trockene und feuchte Materialien zu verarbeiten, zu hohen Feinheiten aufzumahlen und die Produkthanforderung verschiedenster Märkte zu erfüllen.

Die Zementindustrie ist verantwortlich für rund 8% der globalen CO₂-Emissionen. Die Internationale Energieagentur (IEA) hat vier prinzipielle Hebel zur CO₂-Reduktion hervorgehoben: Reduktion des Klinkerfaktors, Einsatz von Brennstoffen mit niedrigerer CO₂-Emission und Steigerung der Energieeffizienz sowie Einsatz von z.B. CCS (Carbon Capture and Storage).[1] Zusätzlich zum CO₂, welches bei der Entsäuerung und Kalzinierung des Kalksteins entsteht, wird eine erhebliche Menge an elektrischer Energie benötigt [2]. Dabei entfallen ca. 60% der elektrischen Energie auf die Vermahlung von Zement-Rohmaterial und Klinker [3]. Diese Daten unterstreichen das große Potential für die Optimierung des Mahlprozesses.

Im Vergleich zu anderen Mühlentypen gelten Vertikalrollenmühlen (VRM) in der Zementmahlindustrie als Stand der Technik. Dies ist auf ihre hohe Effizienz zurückzuführen [4]. Dennoch gibt es auch bei VRM erhebliches Potenzial zur Energieoptimierung. Beispielsweise kann das Modul-Design der MVR-Mühle den Prozess durch Reduzierung der Ausfallzeiten optimieren [5].

Besonders vielversprechend ist jedoch die Optimierung des Betriebspunkts während des Mahlprozesses. Mit Unterstützung von Künstlicher Intelligenz (KI) werden eine Vielzahl von Parametern und Parametersätzen untersucht, um den idealen Einstellwert für die Anwendungsanforderungen zu ermitteln, wie z.B. die Verbesserung des spezifischen Energieverbrauchs und die Erhöhung der Kapazität. Die Ergebnisse mit industriellen Mühlen sind sehr vielversprechend.

siehe nächste Seite >>>

Block F „Apparate“

V 18
2/2

Walzenschüsselmühlen in der Zementindustrie – Prozessoptimierung mittels KI

Autoren:	Dipl.-Ing. Sven Rathgeber, Dr.-Ing. Caroline Woywadt, Gebr. Pfeiffer SE
Referent:	Sven Rathgeber
E-Mail-Adresse:	sven.rathgeber(at)gebr-pfeiffer.com

In zwei Fallstudien wird die Verwendung von KI für die MVR-Mühle zur Mahlung von Puzzolan und granulierter Hochofenschlacke diskutiert. Ziel des Beitrags ist es, die Methodik zur Untersuchung von Parametersätzen und die Auswahl idealer Einstellwerte für spezifische Anwendungsanforderungen aufzuzeigen.

[1] IEA, Tracking Report Cement, November 2021, <https://www.iea.org/reports/cement>

[2] Sousa, V., & Bogas, J. A. (2021). Comparison of energy consumption and carbon emissions from clinker and recycled cement production. Journal of cleaner production, Vol. 306

[3] Afkhami, B., Akbarian, B., Beheshti, N., Kakaee, A. H., & Shabani, B. (2015). Energy consumption assessment in a cement production plant. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 10, 84-89

[4] Schaefer, H. U. (2001). Loesche vertical roller mills for the comminution of ores and minerals. Minerals engineering, 14(10), pp. 1155-1160

[5] Woywadt, C. (2017, May). Grinding process optimization—Featuring case studies and operating results of the modular vertical roller mill. In 2017 IEEE-IAS/PCA Cement Industry Technical Conference (pp. 1-7). IEEE.

Block F „Apparate“

V 19

i-STEP – Digitale Services für die Aufbereitungstechnik	
i-STEP Operator – Digitale Überwachung und Wartung für Aufbereitungsmaschinen	
Autoren:	IFE AUFBEREITUNGSTECHNIK DEUTSCHLAND GMBH
Referent:	Nico Thiermann
E-Mail-Adresse:	NICO.THIERMANN(at)IFE-BULK.COM

i-STEP – Digitale Services für die Aufbereitungstechnik

Die Firma IFE Aufbereitungstechnik bietet mit der neuen Produktparte **i-STEP** innovative digitale Lösungen zur Optimierung von Aufbereitungsmaschinen in der Materialverarbeitung an. Im Zentrum stehen dabei Sensoren und smarte Analysetools, die den Betriebszustand der Maschinen erfassen, Abweichungen frühzeitig erkennen und so dazu beitragen, Stillstandszeiten zu verringern und die Lebensdauer der Anlagen zu verlängern.

Das System zur Schwingungsanalyse von i-STEP besteht aus:

- **Sensoren zur Schwingungsanalyse** (mit Akkubetrieb, einfach nachrüstbar, flexible Montage)
- Einer App für Android und iOS, mit der Daten direkt exportiert und geteilt werden können
- Einem Onlineportal für umfassende Fernanalyse

Die Verbindung erfolgt via Wi-Fi oder Bluetooth. Das System ermöglicht die Umsetzung von präventiven Wartungsmaßnahmen und ist auf alle Maschinentypen übertragbar.

Vorteile im Überblick:

- Optimierter Maschinenbetrieb durch digitale Überwachung
- Frühzeitige Erkennung von Betriebsabweichungen
- Weniger Ausfallzeiten, längere Maschinenlebensdauer
- Einfache Nachrüstung und Anwendung

i-STEP Operator – Digitale Überwachung und Wartung für Aufbereitungsmaschinen

Der i-STEP Operator von IFE ermöglicht eine digitale, permanente Überwachung und effiziente Wartungsplanung von Aufbereitungsmaschinen. Zentrale Elemente sind smarte Sensoren (z.B. Schwingung, Luftdruck, Ölqualität, Betriebsstunden), die Daten erfassen und in einer übersichtlichen App bzw. einem Onlineportal darstellen.

Kernfunktionen:

- Zustandsüberwachung & Alarmierung bei Problemen
- Effizientes Wartungsmanagement und Ersatzteilbestellung
- Integration aller Maschinentypen möglich (auch Drittanbieter)
- Zentrale Ablage von Maschinendokumenten

Vorteile:

- Reduzierte Ausfallzeiten, verlängerte Lebensdauer
- Optimierte Planung und einfache Anwendung

Damit unterstützt i-STEP die Digitalisierung und Effizienzsteigerung in der Aufbereitungstechnik

Block F „Apparate“

V 20

FrothPiping“ – Prototyp eines neuartigen Schaumbearbeitungsverfahrens

Autoren:	Borhane Ben Said, Martin Rudolph - Helmholtz Institute Freiberg for Resource Technology (HIF)
Referent:	Martin Rudolph
E-Mail-Adresse:	m.rudolph(at)hzdr.de

Wir präsentieren einen Prototyp eines anhängigen Patents [1] für ein neuartiges Verfahren mit dem Namen „FrothPiping“, das zur effizienten Trennung von Partikeln – insbesondere Feinpartikeln – aus der Schaumphase von Partikeldispersionen entwickelt wurde. Der erzeugte Schaum, der durch mechanisches Rühren und/oder Gasinjektion in einer Partikeldispersion innerhalb eines Behälters entsteht, wird durch ein horizontal ausgerichtetes Rohr geleitet, das mit einem oder mehreren vertikal geneigten Drainagestufen ausgestattet ist. Diese Drainagestufen sind als kanalartige Auslässe in Winkeln zwischen 25° und 155° konzipiert und ermöglichen eine selektive Partikelabtrennung basierend auf der Affinität der Partikel zu den Schaumlammellen. Das abgeleitete Material wird als Zwischenprodukt gesammelt, während der verbleibende Schaum in einem Auffanggefäß aufgefangen wird.

Zur Erhöhung der Drainageeffizienz sind ausgewählte Drainagestufen mit mechanischen Ultraschalleffekten sowie mit thermischen und optischen Verstärkungsmechanismen ausgestattet, um die selektive Partikelabscheidung zu fördern. Erste Versuche mit synthetischen Mischungen und realen Erzen unter Verwendung verschiedener Reagenziensysteme wurden durchgeführt und belegen die prinzipielle Machbarkeit von „FrothPiping“ als skalierbare und selektive Technologie zur Schaumbearbeitung.

[1] Ben Said, B., Rudolph, M.: Verfahren und Vorrichtung zur Abtrennung von Partikeln mit einer Partikelgröße < 500 µm aus der Schaumphase einer Partikeldispersion. DE 10 2025 118 050.4, submitted on 13.05.2025, Deutsches Patent- und Markenamt (DPMA), HZDR.

Block F „Apparate“

V 21
1/2

Zerkleinerung von Windradflügeln mit dem TAKRAF Rotorreißer

Autor:	Dr.-Ing. Marko Schmidt, Senior Process Engineer, TAKRAF GmbH
Referent:	Marko Schmidt
E-Mail-Adresse:	Marko.Schmidt(at)takraf.com

Windenergieanlagen (WEA) werden vielfach nach 20jähriger Betriebszeit erneuert oder durch größere Anlagen ersetzt (Repowering). Deutschlandweit werden in den nächsten 5 Jahren ca. 23000 WEA diese Betriebszeit erreicht oder überschritten haben, so dass sich allein für Deutschland ein Recyclingbedarf von bis zu 69000 Windradflügeln ergibt, zumal ein Deponieren in der EU (anders als bspw. in den USA) verboten ist. Vereinzelt werden Flügelsegmente zu Möbelstücken verarbeitet (Upcycling, z.B. Fa. CANVUS), aber der größte Teil wird derzeit thermisch verwertet (Downcycling, z.B. Ersatzbrennstoff im Zementwerk). Die angestrebte stoffliche Verwertung (Recycling) über chemisches (Solvolyse) oder thermochemisches Herauslösen (Pyrolyse) der Glasfasern aus der Kunststoffmatrix funktioniert zwar im Labormaßstab, ist aber um den Faktor 10 zu teuer. Demgegenüber gelang es NOVOTECH erstmals, ein wirtschaftlich tragfähiges Recyclingkonzept zu entwickeln, bei dem Rotorblätter nach mehreren Aufbereitungsstufen als Zuschlagstoff für den als Terrassendiele oder Tragwerkselement angebotenen Holzkunststoff MEGAWOOD GCC (German Compact Composite) eingesetzt werden. TAKRAF wurde beauftragt, für diesen Recyclingprozess einen geeigneten Zerkleinerer für die Primärzerkleinerung der Rotorblätter zu entwickeln. Dabei stellten sich folgende Anforderungen:

- Rotorblätter sind bis zu 65m (Onshore-WEA) bzw. 85m (Offshore-WEA) lang mit einem Flanschringdurchmesser an der Blattwurzel von 1,0-2,5m. Vor Ort werden sie halbiert oder geviertelt und in 6-10m lange Segmente zerlegt.
- Die Anlieferung erfolgt über Container, so dass der Zerkleinerer eine Zuführeinheit mit Schubwagen zur Entleerung der Container und horizontalen Zuführung der Blattsegmente benötigt.
- Der Zerkleinerer soll die 6-10m langen und bis zu 1,25m hohen Blattsegmente delaminieren und schonend (staubarm) auf <300mm zerkleinern. Neben GFK können je nach Rotorblatttyp auch Balsaholz, PU-Schaum, PET und Metall (z.B. Wuchtgewichte, Zugseile, Biltzschutz) vorkommen.

siehe nächste Seite >>>

Block F „Apparate“

V 21
2/2

Zerkleinerung von Windradflügeln mit dem TAKRAF Rotorreißer

Autor:	Dr.-Ing. Marko Schmidt, Senior Process Engineer, TAKRAF GmbH
Referent:	Marko Schmidt
E-Mail-Adresse:	Marko.Schmidt(at)takraf.com

TAKRAF hat hierfür gemeinsam mit NOVOTECH den Rotorreißer TRR 12.28 entwickelt (siehe Abbildung). Er zerkleinert die horizontal zugeführten Rotorblattsegmente zwischen zwei langsam laufenden und gegenläufig angetriebenen Rotoren (D=1200mm, L=2800mm). Nach der Containerentleerung werden die übereinander gestapelten Segmente im satzweisen Betrieb mit bis zu 6,0t/h zerkleinert.



Hydraulikantriebe ermöglichen dabei eine Fahrweise mit variabler Drehzahl zwischen oberem und unterem Rotor. Das zum Normalbetrieb gehörende Reversieren und erneute Einziehen ist mit den Hydraulikmotoren ebenfalls problemlos möglich. Als Austragsgut ergeben sich delaminierte GFK-Streifen, deren Länge über die Drehzahldifferenz der Rotoren einstellbar ist. Nach dieser Primärzerkleinerung wird das Austragsgut nachzerkleinert und in mehreren Stufen zum Zuschlagstoff für MEGAWOOD GCC aufbereitet.

Die nächste *Tagung Aufbereitung und Recycling* wird am
5. und 6. November 2026 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 der TU Bergakademie Freiberg

Wir bedanken uns bei der UVR-FIA GmbH und der TU-Bergakademie für die freundliche Unterstützung bei der Ausrichtung der Tagung „Aufbereitung und Recycling 2025“.

*Auf ein Wiedersehen 2026,
Glück Auf!*