

Table of contents

Nr.	Name	Title	Page
1	Fimbinger Eric	FIBC Bulk Flow Dynamics	2
2	Lechner Michael	Responsible Extraction and Processing of Titanium and other Primary Raw Materials for Sourcing EU Industrial Value Chains - REPTiS	3
3	Schank Linda	Untersuchungen zur Anreicherung von Glimmer in einer namibischen Quarzsandlagerstätte	4
4	Waldl Wolfram	Neue Zementklinker: Ressourcen- und CO2-optimierte Herstellung innovativer Zementklinker	5
5	Skosareva Victoria	Monitoring for Autonomous Mobile Crushing	6

Eric Fimbinger, Mitchell Boots, Mark Jones, Peter Robinson, Craig Wheeler, Alan Roberts

The University of Newcastle, Australia | Technical University of Leoben, Austria | TUNRA Bulk Solids | International Fine Particle Research Institute

FIBC Bulk Flow Dynamics

DEM Simulation of Bulk Discharge from Flexible-Walled Containers

This study is focused on the analysis of granular flow behaviour during discharge from Flexible Intermediate Bulk Containers (FIBCs), with particular emphasis on the interaction between the bulk material and deformable container walls. A physical FIBC undergoing unloading is shown in Fig.1, while Fig.2 presents a preview of the corresponding structural 3D model.



Fig.1

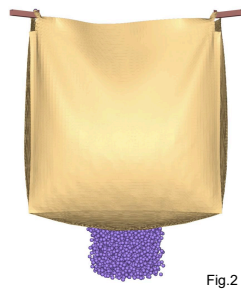


Fig.2

To gain fundamental insights into the underlying mechanics and effects, a physical 2D-test was constructed in the laboratory (Fig.3-4). This setup adopts a cross-sectional configuration of an FIBC and allows observation while discharging. An equivalent Discrete Element Method (DEM) simulation model was set up, using periodic boundaries to focus on the cross-section, further with the flexible bag walls set up using a bonded-particle modelling (BPM) approach (Fig.5-6). This BPM approach enables the walls to react and deform dynamically due to loads from the bulk particles.



Fig.3

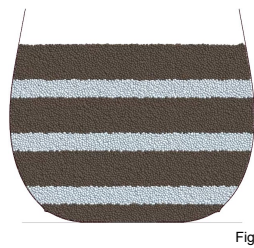


Fig.5



Fig.4



Fig.6

The analysis proceeds in two stages. First, the virtual bag is filled in a manner analogous to the physical system, capturing the initial stress state and wall deformation. Subsequently, the retaining bottom plane is removed to initiate discharge. Fig.3 and Fig.5 show the filled bag at rest, while Fig.4 and Fig.6 depict the system approximately one second after opening, revealing a characteristic funnel-flow pattern. (Following analyses shown at this time; further in common in rainbow-colouring.)

Influenced from the deformable wall, Fig.7 visualises the particle velocities, highlighting the emerging flow channel. Force-based metrics provide additional insight into internal load transfer, with Fig.8 displaying particles exceeding a defined compressive-force threshold, making the developing load-bearing arch visible. Beneath this arch, compressive forces drop markedly as particles transit to free-fall towards the outlet. In more cohesive or interlocking materials, such an arch would constitute the initial mechanism leading to blockage.

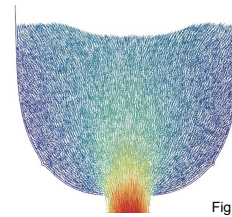


Fig.7

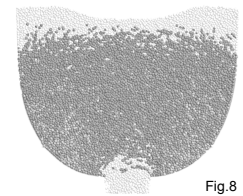


Fig.8

The loads exerted by the particles on the flexible walls are shown in Fig.9-10, also visualising the direction and magnitude of particle-wall contact forces.

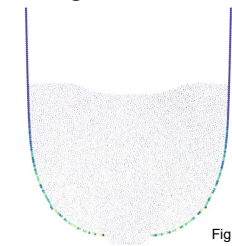


Fig.9

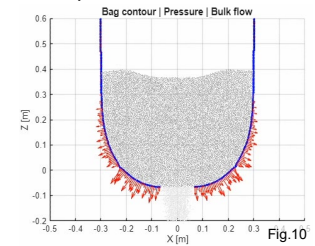


Fig.10

Finally, the dynamic evolution of both the mass flow, i.e. the bulk mass leaving the container, and the wall pressure distribution are analysed (further with linear/logarithmic curve fits applied). Fig.11 shows the temporal reduction in mass within the bag, while Fig.12 presents wall-pressures at different heights, further at different times. The decreasing initial pressure level of each curve reflects the lowering of the fill height during discharge.

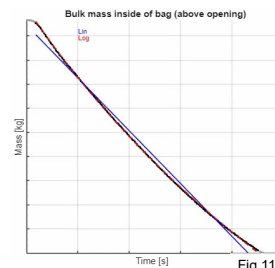


Fig.11

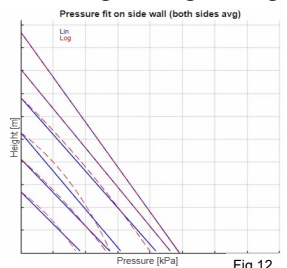


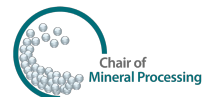
Fig.12

The presented framework establishes a robust basis for incorporating additional material characteristics, such as cohesion or interlocking behaviour, to analyse their influence on discharge behaviour. Moreover, the approach is readily extendable from the current cross-sectional representation to a full three-dimensional model, enabling comprehensive studies of bag deformation, flow regimes, and blockage mechanisms under varying conditions.



Dipl.-Ing. Dr.mont.
Eric Fimbinger

Mineral Processing
Mineral Resources Engineering
eric.fimbinger@unileoben.ac.at



Responsible Extraction and Processing of Titanium and other Primary Raw Materials for Sourcing EU Industrial Value Chains - REPTiS

Motivation

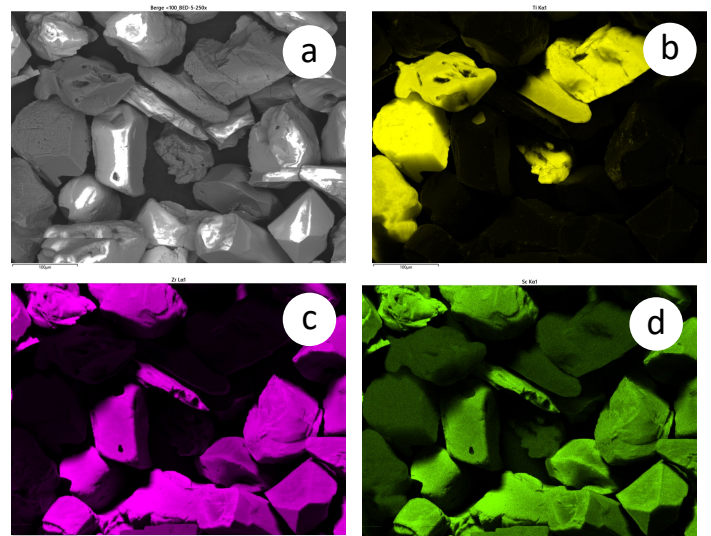
The EU's industrial competitiveness and green transition rely heavily on a steady supply of critical raw materials (CRMs). **Titanium**, which has been on the **CRM list since 2020**, is indispensable in producing high-strength, lightweight alloys and corrosion-resistant materials, integral to key sectors such as aerospace, defense, medical equipment, and renewable energy technologies. Despite the significance of critical raw materials, the EU is heavily dependent on imports, leaving it vulnerable to supply disruptions caused by geopolitical instability, trade restrictions, and market monopolies. To comply with the Critical Raw Materials Act of the European Commission, it is essential to assess the potential for mining, processing, and innovative extraction methods on deposits containing critical raw materials. Developing sustainable and circular value chains within Europe will not only strengthen strategic autonomy but also support climate-neutral manufacturing and resilient industrial growth.

Tailings reprocessing

During the processing of ilmenite, various tailings and residues are produced in both beneficiation and hydrometallurgical processes. These tailings often contain valuable critical raw materials, such as **vanadium (V)**, **niobium (Nb)**, **tantalum (Ta)**, **hafnium (Hf)**, **scandium (Sc)**, and **rare earth elements (REE)**, which are of strategic importance to the European Union. Their characterization and potential recovery are key to unlocking secondary resources and reducing dependency on external supply. By developing efficient methods for the reprocessing, REPTiS contributes to establishing a sustainable feedstock base and enhances the security and resilience of Europe's raw material supply chains.

A particular focus was placed on detailed characterization of residual mineral phases and on the identification of those that act as carriers of critical raw materials. **Heavy altered ilmenite** and **rutile**, in addition to **zircon**, were found to **incorporate significant amounts of scandium** through lattice substitution. From a mineral processing perspective, this highlights the potential to recover an additional zircon concentrate from the current beneficiation process.

BSE imaging combined with elemental mapping reveals the spatial distribution of scandium and enables the identification of Sc-hosting mineral phases.



(a) BSE image of a selected particle size fraction. (b) Ti mapping highlights rutile. (c) Zr mapping highlights zircon. (d) Sc mapping shows Scandium substitution in both rutile and zircon.

Influence of Ilmenite Alteration

Alteration significantly complicates the processing behavior of ilmenite, presenting a major challenge for both mineralogical and chemical characterization of Ti-bearing phases. This complexity not only hinders precise process control but also impacts the quality of resulting concentrates. Thus, the goal extends beyond maximizing ilmenite recovery to ensuring that concentrates align closely with the requirements of downstream metallurgical processes. Notably, the Fe^{2+}/Fe^{3+} ratio plays a crucial role, as **elevated ferric iron (Fe^{3+}) content serves as a limiting factor** during hydrometallurgical treatment.

*This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the view only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Dipl.-Ing.
Michael Lechner
Department of Mineral Resources Engineering
Chair of Mineral Processing
michael.lechner@unileoben.ac.at
www.reptis.eu



Co-funded by
the European Union

Untersuchungen zur Anreicherung von Glimmer in einer namibischen Quarzsandlagerstätte

Aufgabenstellung:

Ein Quarzsand aus einer namibischen Lagerstätte weist neben einem sehr hohen Quarzanteil auch Beimengungen von Glimmerpartikeln sowie unbekanntem dunklen Mineralen unterschiedlicher Färbung auf (Abb. 1).

Im Rahmen von Laboruntersuchungen soll nun geklärt werden,

- um welche Minerale es sich bei den dunklen Bestandteilen handelt,
- ob eine Abreicherung dieser Minerale möglich ist, sowie
- ob sich der enthaltene Glimmer gezielt anreichern lässt.

Die Eingangsprobenanalyse zeigte eine natürlich vorliegende Korngrößenverteilung (Abb. 2) und eine durchschnittliche Dichte von $2,65 \text{ g/cm}^3$, was genau der Dichte von reinem Quarzes entspricht.

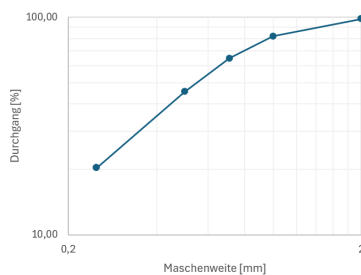


Abb. 1 und 2: Quarzsand aus Namibia. Eingangsprobe. Optischer Eindruck (links) und Korngrößenverteilung (rechts)

Erste Untersuchungen:

Mit einem Isodynamikscheider (Bauart Frantz) wurden Magnetscheidungsversuche im Bereich der Starkfeldscheidung durchgeführt ($B > 0,1 \text{ T}$).

Es zeigte sich eine Anreicherung dunklerer Bestandteile im Magnetprodukt, anschließend folgten Untersuchungen mit laserinduzierter Plasmaspektroskopie (LIBS), um die chemische Zusammensetzung zu bestimmen und Rückschlüsse auf die Phasen treffen zu können.

Sowohl während der Siebung als auch bei den Magnetscheidungsversuchen konnte das triboelektrische Verhalten der Glimmerpartikel, d. h. ihre elektrische Aufladung durch Reibung, beobachtet werden, was sich insbesondere durch die Anhaftung der Partikel an Kunststoffabdeckungen sowie in den Sieben zeigte.

Aufgrund dessen konnte im Labormaßstab ein Glimmerprodukt in den Korngrößenklasse 2/1 mm, 1/0,71 mm und 0,71/0,5 mm hergestellt werden (Abb. 7 – 9).

Erkenntnisse:

Bei den dunklen Begleitmineralen handelt es sich um miteinander verwachsene (Kali-/Natrium-)Feldspäte (mit Einbau von Fe, Ca und Mg), Muskovit, Biotit, Tonminerale, Karbonate und Quarz (Abb. 3 – 6).

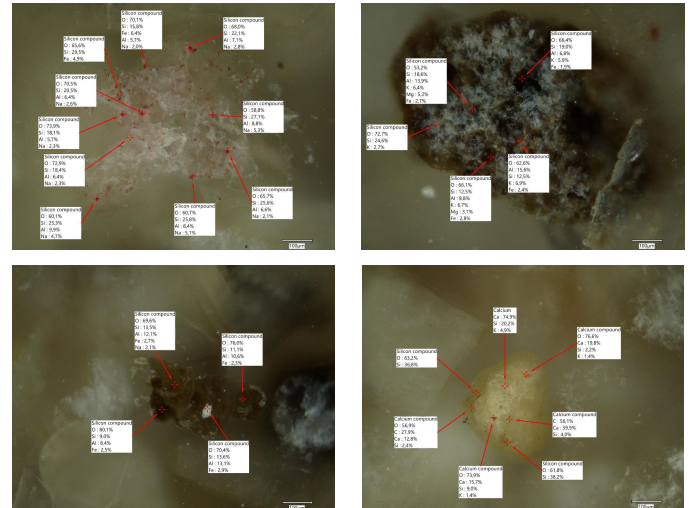


Abb. 3 – 6: Quarzsand aus Namibia. Eingangsprobe. Chemische Analysen dunkler Probenbestandteile mithilfe von LIBS. Aufgenommen mit Digitalmikroskop Keyence VHX-7000.

Eine erste RFA-Untersuchung des Glimmerkonzentrats zeigte, dass es sich wahrscheinlich um einen Muskovit handelt, der beträchtliche Mengen Rubidium (Rb) eingebaut hat. In zwei Kornklassen (2/1 mm und 1/0,71 mm) konnten 0,68 % und 0,70 % Rb nachgewiesen werden.



Abb. 7 – 9: Quarzsand aus Namibia. Glimmerkonzentrate nach Elektroscheidung. Korngrößenklassen 2/1 mm, 1/0,71 mm, 0,71/0,5 mm (v.r.n.l.)

Weiteres Vorgehen:

Es ist geplant, die Anreicherung von Glimmer mit einem Tribo-Elektroscheider (Ausnutzung der elektrischen Eigenschaften), mit einem Luftherd (Ausnutzung der Blättchenform der Partikel) sowie einem Windsichter (Ausnutzung der unterschiedlichen Endfallgeschwindigkeiten) zu untersuchen.

Das Glimmerprodukt soll hinsichtlich der Eignung für die Herstellung eines Glimmerpapiers untersucht werden. Dafür sind die Blättchendicke und die Spaltbarkeit zwischen den Schichten durch ein Industrieverfahren zu bewerten.



Dipl.-Ing.

Linda Schank

Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung
Department Mineral Resources Engineering
linda.schank@unileoben.ac.at



Forschungspartner:



Dipl.-Ing. Peter Schartner
info@stollen.co.at

Neue Zementklinker

Ressourcen- und CO₂-optimierte Herstellung innovativer Zementklinker

Ausgangslage

Die europäische Zementindustrie steht vor einem grundlegenden Wandel. Umweltauflagen, CO₂-Bepreisung sowie kosteneffiziente Produktionsbedingungen in anderen Ländern zählen zu den treibenden Kräften dieses Transformationsprozesses. Österreich nimmt in diesem Zusammenhang eine Vorreiterrolle ein, indem der Einsatz alternativer Rohstoffe (ARMs) in der Zementklinkerproduktion maximiert wird, um einen Teil der sogenannten Prozessemissionen zu reduzieren und somit die Ziele der Roadmap 2050 für eine CO₂-neutrale Zementherstellung zu erreichen. In Zusammenarbeit mit der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie (VÖZ) leisten wir einen aktiven Beitrag zur Erreichung der Klimaziele.

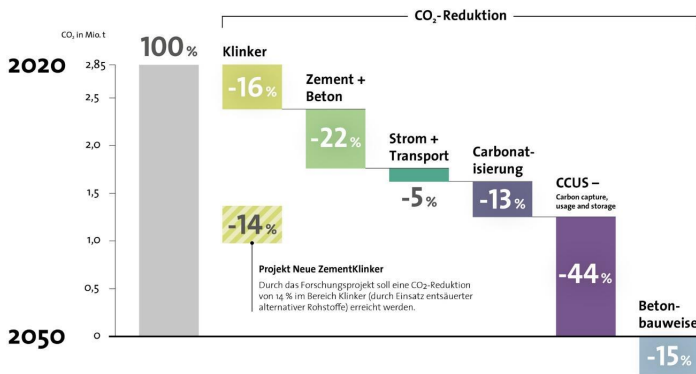


Abb. 1: Roadmap zur CO₂-Neutralität der österr. Zementindustrie bis 2050

Ablauf und Ergebnisse

Zur Bewältigung dieser Herausforderungen wird Zementklinker aus alternativen Rohstoffen im Labormaßstab entwickelt, im Pilotmaßstab getestet und im industriellen Maßstab produziert. Dazu wurde eine umfassende Erhebung und Analyse konventioneller Ersatzrohstoffe durchgeführt sowie neue potenzielle Rohstoffquellen identifiziert.

Neben der Probenahme und Analyse von Haupt- und Nebenelementen, Feuchtegehalt, Spurenelementen, Emissionsverhalten und organischem Kohlenstoffgehalt wurden die Ergebnisse zur Erstellung einer Datenbank potenzieller Ersatzrohstoffe genutzt, einschließlich Standortdaten und chemischer Eigenschaften. Dies ermöglicht eine gezielte Auswahl geeigneter Rohstoffquellen sowie eine präzise Berechnung der CO₂-Emissionen.

Erstmals wurde ein CEM I 42,5-Zement mit einem deutlich unter dem österreichischen Durchschnitt liegenden CO₂-Fußabdruck hergestellt.

Bei Substitutionsraten von bis zu 50 % werden die Auswirkungen auf die Klinkerqualität umfassend untersucht. Bisher konnte jedoch kein Portlandzementklinker mit einem derart hohen Anteil alternativer Rohstoffe – ein „CO₂-optimierter Klinker“ – eine Leistungsfähigkeit erreichen, die mit der von Standardklinker vergleichbar ist.

Der daraus hergestellte Zement wird derzeit einer vollständigen chemischen Prüfung sowie Mörtelprüfung gemäß EN 197-1 unterzogen. Weitere Zielsetzungen umfassen industrielle Mahlversuche zur Herstellung verschiedener Zementtypen aus dem Öko-Klinker sowie Dauerhaftigkeitsuntersuchungen von Beton und die Bewertung ihrer potenziellen Anwendungsfelder im Bauwesen.



Abb. 2: Klinker aus dem Labor-, Pilot- und Industrierversuch (v. Links n. Rechts)



Dipl.-Ing.
Wolfram Waldl

Lehrstuhl für Aufbereitung
und Veredlung
Department Mineral Resources
Engineering
wolfram.waldl@unileoben.ac.at



Projektpartner:



MONITORING FOR AUTONOMOUS MOBILE CRUSHING

- Real-Time PSD Prediction
- Twin-System
- Decision Agent

The transition from conventional crusher operation toward autonomous mineral processing requires reliable real-time monitoring systems and intelligent data interpretation. This joint research project between Montanuniversität Leoben and SBM Mineral Processing focuses on Digital Twin technology, image-based particle-size monitoring, and autonomous process optimisation.

INTRODUCTION

Mobile impact crushers operate under changing feed material, wear conditions and machine settings. Today, parameter adjustment is mainly based on operator experience. The aim of this project is to develop data-driven methods for automatic optimisation of crusher performance, product quality and energy efficiency.



Fig. 1: SBM REMAX mobile impact crusher platform with a camera-based monitoring system.

ONLINE MONITORING

Direct comparison between the PSD obtained from the reference sieve analysis and the model-based estimation was carried out to evaluate the current performance of the image-based system. The comparison focused on the characteristic PSD parameters P_{30} and P_{80} , representing the particle sizes at which 30% and 80% of the sample mass pass the corresponding screen size. For crushed siderite, the model showed good agreement with sieve analysis.

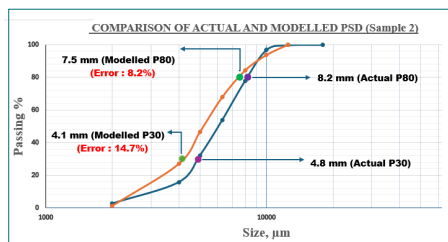


Fig. 2: Comparison of predicted and measured PSD parameters.

DIGITAL TWIN SYSTEM

A laboratory-scale twin of the crusher camera system was developed to reproduce the discharge conveyor geometry under controlled conditions. The system enables:

- validation of online PSD estimation
- stable testing of camera hardware
- comparison with sieve analysis
- generation of datasets for machine learning

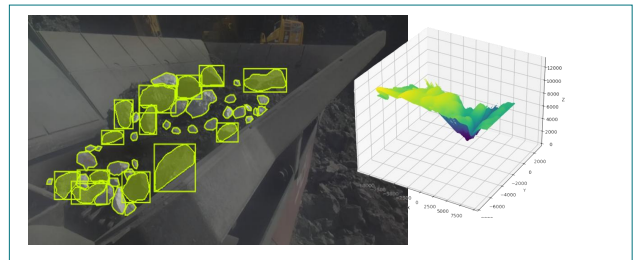


Fig. 3: Feed hopper camera for real-time monitoring of incoming material and a 3D surface model for process-state visualisation.

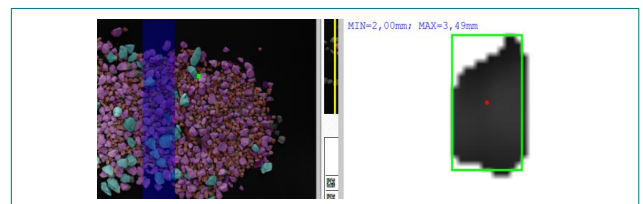


Fig. 4: Real-time particle detection at the discharge belt using image segmentation algorithms.

KEY RESULTS

Digital Twin test platform established:

- Improved particle detection using optimised lighting
- Strong potential for ML-based PSD prediction
- Operational influences on product quality identified
- Basis created for autonomous control system



Dipl. -Ing.
Viktoria Skosareva
Chair of Mineral Processing
Dept. Mineral Resource Engineering
viktoria.skosareva@unileoben.ac.at

SBM
MINERAL PROCESSING

Lehrstuhl für Aufbereitung
und Veredlung

