

Table of contents

Nr.	Name	Title	Page
1	Fimbinger Eric	Computer simulations with particles	2
2	Prem Dominic	Weiterentwicklung des Aufbereitungsverfahrens bei Sachtleben Bergbau	3
3	Krukenfellner Philip	Digital process monitoring of vibrating screens	4
4	Friedrich Karl	ReSoURCE - Refractory sorting using revolutionizing classification equipment	5
5	Zeismann Benjamin	Datenbasierte Modellierung einer nass betriebenen Rührwerkskugelmühle	6
6	Waldl Wolfram	Ressourcen und CO ₂ -optimierte Herstellung innovativer Zementklinker	7

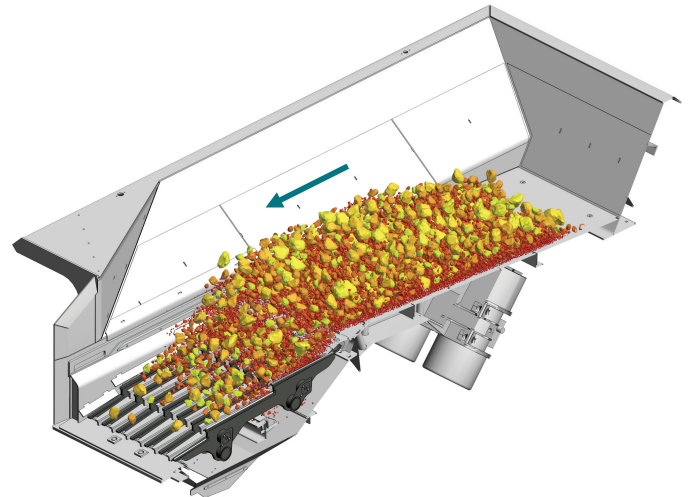
Computer Simulations with Particles

Innovating Bulk Solids Equipment with Virtual Prototyping

Imagine being able to test and improve machines without ever building them physically. This is what we do with computer simulations.

Raw materials – essential for supplying the resources we depend on every day – are often handled in bulk. Think of minerals, grains, sand, or any material made up of countless tiny particles. To simulate how these bulk solids interact with equipment, we turn these particles into digital models. In the specific method we use, these digital particles are known as discrete elements. This gives the method its name: the Discrete Element Method (DEM). By using DEM, we can create virtual prototypes of equipment that handle these vital resources, understanding how they would perform in the real world without wasting any material or energy on physical prototypes.

One representative example of DEM at work is the development of the RM Active Grid[®] by RUBBLE MASTER. This innovative system is designed to improve the screening of bulk materials; and it is used as a pre-screen before the loading point of a crusher, in which large particles get broken down to a defined size range. The Active Grid sieves out small particles from the incoming bulk stream, ensuring that only particles requiring reduction are processed. This prevention of small particles entering the crusher enhances the overall efficiency by not only reducing the required specific energy, but furthermore reducing wear and tear on machine parts.



By simulating the behaviour of the bulk particles as they interact with the vibrating Active Grid, it is made possible to virtually adjust the system for optimal performance. This represents the essence of virtual prototyping.

In such a virtual prototype, tweaking geometries, selecting different materials, changing drive speeds, altering spring/damper characteristics, and much more adaptations become straightforward tasks. This capability to modify and test a complex system without the constraints of physical reality proves virtual prototyping as a resource-friendly strategy by saving required energy, materials, labour, time, and costs.

And of course, using computer simulation with particles can do much more. It enables deep insights into how materials composed of particles behave, how they move and flow, how they can be processed, and how they affect/interact with each other or machine parts – all while conserving actual physical resources. This way, we are not just improving future equipment to be designed with focus on environmental conservation; also the process of improving this equipment – via virtual prototyping – contributes to this aspect by saving precious resources.



Dipl.-Ing. Dr.mont.
Eric Fimbinger
Mineral Resources Engineering
Chair of Mineral Processing
eric.fimbinger@unileoben.ac.at



Dipl.-Ing.
Philipp Falkner
Simulation & Testing
RUBBLE MASTER
philipp.falkner@rubblemaster.com



Weiterentwicklung des Aufbereitungsverfahrens bei Sachtleben Bergbau

Die Firma Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG geht in einem mehrjährigen Forschungsprojekt gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung der Montanuniversität Leoben den Fragestellungen nach, ob sich die Mineralvergesellschaftung der Grube Clara mit zunehmender Teufe ändert bzw. welche verfahrenstechnischen Konsequenzen sich dadurch allenfalls für die betriebene Aufbereitungsanlage ergeben. Dieses Poster gibt Einblicke in einen Teilbereich der durchgeführten Arbeiten.

Projekthintergrund

Die Grube Clara ist weit über die Grenzen Deutschlands durch ihre vielfältige Mineralogie bekannt. Gerade diese Vielfalt - kombiniert mit dem Voranschreiten des Bergbaus in größere Teufen - erfordert eine vorausschauende Überprüfung einer allfälligen Veränderung des Rohgutes und möglicher aufbereitungstechnischer Konsequenzen für die bestehende Aufbereitungsanlage. Übergeordnetes Ziel der gemeinsamen Forschungsanstrengungen ist eine frühzeitige Anpassung des bestehenden Aufbereitungsverfahrens sowie der Aufbereitungsanlage an die geänderten Verhältnisse.

Charakterisierung des Rohgutes

Im Zuge der systematischen Charakterisierung der einzelnen Rohgüter wurden große Unterschiede im Zerkleinerungsverhalten auch bei nahe aneinander liegenden Abbaublöcke aufgezeigt. Wie in Abb. 1 dargestellt, wurde bereichsweise - innerhalb weniger Meter - ein Anstieg von 9,0 auf 14,7 kWh/t festgestellt.

Mittels Schwimm-/Sink-Analyse wurden die Zerkleinerungsprodukte < 1mm nach dem Merkmal „Dichte“ getrennt. Die mineralogischen Untersuchungen fanden mittels RFA und REM-Analyse statt.

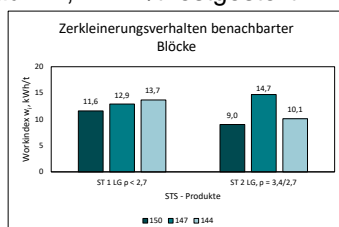


Abb. 1: Zerkleinerungsverhalten, zweier Produktströme benachbarter Abbaublöcke

Detektierte Mineralphasen

Als Hauptphasen treten die in der Lagerstätte bekannten Wertminerale Flussspat und Schwerspat und als Berge teilweise stark alterierter Gneis auf. Es zeigten sich große Schwankungen in den Gehalten eines Abbaubereiches. Zum einen lässt sich dies mit der Abbaumethode erklären, zum anderen durch die teilweise starke Inhomogenität der Lagerstätte.

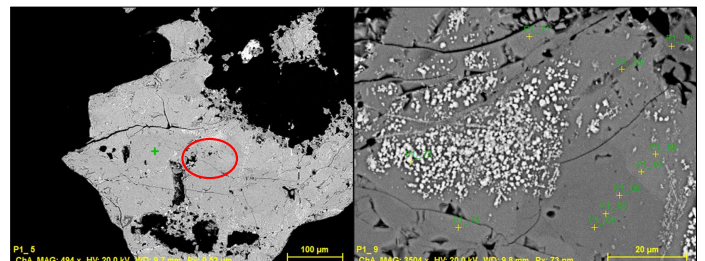
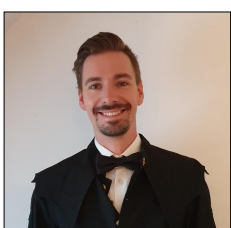


Abb. 2 und 3: Tennantitkorn mit 1-2 µm großen Polybasit-Einschlüssen im Anschlag

Aufbauend auf der Rohgutcharakterisierung und den gewonnenen Erkenntnissen über die Mineralphasenvergesellschaftung und ihre Aufschlusscharakteristika wurden Flotationsserien im Labormaßstab in einer 2-Liter-Zelle durchgeführt. Ziel dieser war die möglichst vollständige Gewinnung der silber- und kupferführenden Sulfidminerale und die Untersuchung des Einflusses der eingesetzten Reagenzien auf die nachgeschalteten Flotationsprozesse. In der zweistufigen Sulfidflotation konnte bisher ein Wertmineralausbringen von bis zu 97 % bei einem Gangartverbleib im Konzentrat von 11,3 % erreicht werden.



Dipl.-Ing.
Dominic Prem
Dept. Mineral Resources Engineering
Chair of Mineral Processing
dominic.prem@unileoben.ac.at

Projektpartner:



Sachtleben Bergbau
Ein Unternehmen der SACHTLEBEN MINERALS

Digital Process Monitoring of Vibrating Screens

The Chair of Mineral Processing at Montanuniversität Leoben, in collaboration with IFE Aufbereitungstechnik GmbH, is conducting a multi-year digitalization research project. The project's goal is to implement innovative sensor systems and apply Machine Learning Methods for the continuous monitoring of processing equipment in the mineral and waste processing industries, with a primary focus on vibrating screens.

Introduction

In the mineral and waste processing industries, vibrating screens are essential for tasks such as classification and dewatering, usually chosen for their reliability and efficiency. Despite the industry's shift towards digitalization and automation (Industry 4.0), including the monitoring of crushers, sorters and other processing equipment, vibrating screens have been largely overlooked in these efforts. Thus, this project aims to address this technological gap by developing a digital monitoring system for industrial vibrating screens, providing insights into machine performance, predictive maintenance, and operational efficiencies for plant operators.

Smart Edge Sensor - SES

The new innovative Smart Edge Sensors shown in *Fig. 1* capture vibration at the screen's frame, analyze its vibration pattern, extract key characteristics from this pattern, and transmit them to cloud storage. This approach

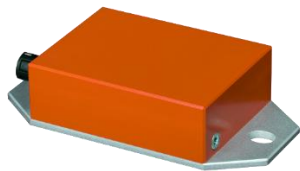


Fig. 1: Smart Edge Sensor (SES); dimensions: 120 x 40 x 16 mm

relies on processing vibration data directly on the sensor to selectively send main vibrational features instead of the large amount of raw positional data initially captured – greatly reducing the data volume sent to the cloud. With the sensors connected to the cloud, as depicted in *Fig. 2*, a collection of Machine Learning algorithms is currently undergoing training for various tasks, aimed at recognizing the condition states of the screen and assisting in predicting potential failures.

Online Monitoring System

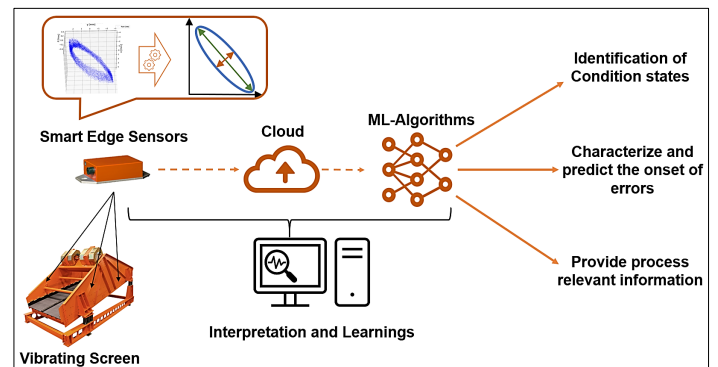


Fig. 2: The new cloud-based monitoring system provides insights to increasing the efficiency of the screening process

Application of Machine Learning

The first constantly monitored linear vibrating screen, see *Fig. 3*, which was equipped with this new sensor system, is operational in a waste processing plant, mainly for dewatering purposes, but also for washing and removal of slurry. This setup provides the essential dataset required for the training and evaluation of various supervised Machine Learning models for their capability of predicting the machine's operating condition. In this initial study on data processing, a Multi-Layer Perceptron (MLP) model has proven to achieve the most precise predictions with an accuracy exceeding 90%.

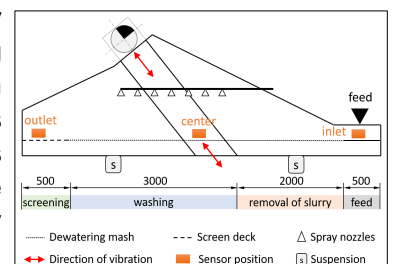


Fig. 3: Schematic section of the linear vibrating screen, equipped with six SES for the continuous monitoring of its vibration



Dipl.-Ing.
Philip Krukenfellner
Dept. Mineral Resources Engineering
Chair of Mineral Processing
philip.krukenfellner@unileoben.ac.at

Research Focus:

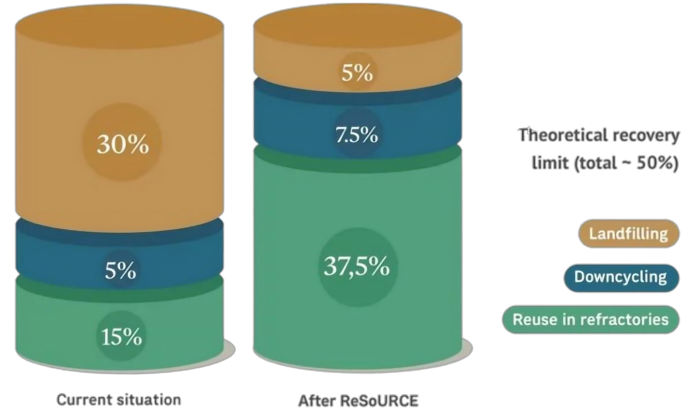
- Vibrating Screens
- Mineral and Waste Processing
- Machine Learning



ReSoURCE

Refractory Sorting Using Revolutionizing Classification Equipment

The ReSoURCE project is dedicated to the development of an advanced automated sorting technology for the recycling of used refractory materials and is going to establish a new standard within the refractory industry. The project will achieve this by integrating cutting-edge technologies such as laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) and hyperspectral imaging, as well as implementing artificial intelligence (AI) software. By employing this multi-sensor-based sorting equipment, the project minimizes landfilling of potential secondary raw materials, while simultaneously promoting the circulation of spent refractory materials as a raw material for the production of new refractory bricks.



Furthermore, the limitations of the currently utilizes manual sorting process can be overcome. At present, materials that lack clear classification during visual inspection and those below 80 mm in size are not amenable to sorting, leading to the formation of a landfill fraction. With the help of the multi-sensor based sorting equipment additional classification features like chemical properties can be used to classify spent refractory material.



As part of the international project consortium, the Chair of Mineral Processing is leading the Work Package "Preparation for Sorting". The task is to validate the efficiency of conventional and alternative comminutions processes for the grain size reduction of refractory breakouts. The aim is to investigate the use of electrodynamic fragmentation and to compare the use of this technology with conventional comminution aggregates like jaw crusher, cone crusher or impact crusher.

Electrodynamic fragmentation as a wet process appears to be effective since the separation is carried out using electric arcs, which are passed from electrode to electrode through water and particles. The arcs look for the path of least resistance through the grain in order to separate it. Refractory bricks consist of combinations of predominantly oxidic sintered or melted raw materials. The electric arc penetrates through the particle(s) predominantly at the mineral phase boundaries and induces cracks at these points. By choosing the right process parameters, the refractory products could be partly converted back into their pure original components instead of conglomerates in order to use them in a similar way to primary raw materials for the production of new refractory bricks.



Dr. mont.
Karl Friedrich



Department
Mineral Resources Engineering
Chair of Mineral Processing

karl.friedrich@unileoben.ac.at



This project is funded by the European Union's Horizon Europe Framework Programme (HORIZON) under the Grant Agreement Number: 101058310

Datenbasierte Modellierung einer nass betriebenen Rührwerkskugelmühle

Qualitativ hochwertige Daten sind für die Entwicklung eines Berechnungsmodells von großer Bedeutung. Diese Daten sind entscheidend für die Genauigkeit und Zuverlässigkeit eines Berechnungsmodells, da sie Validierung, Fehlerreduktion und Parameterbestimmung ermöglichen. Sind die Daten fehlerhaft, unvollständig oder ungenau, wird das daraus resultierende Modell unzuverlässig sein.

Einleitung

Der Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung besitzt eine „semimobile“ containerbasierte Pilotanlage mit einer Rührwerkskugelmühle als zentrales Element. Diese wurde im Jahr 2020 in Zusammenarbeit mit der Firma CEMTEC – Cement and Mining Technology GmbH konzipiert und gebaut. Die Containerbauweise ermöglicht einen variablen Aufstellungsort – so wird die Mühle derzeit am Bergbaugelände des steirischen Erzbergs betrieben. (Siehe Abbildung 1)

Im darauffolgenden Jahr wurde diese Mahlanlage um das CEOPS-System (CEmtec Online Particle Size Analyser) erweitert. Hierbei handelt es sich um ein, für den nassen Anwendungsbereich konzipiertes Online-Korngrößen-Messinstrument, das nach dem Prinzip der Laserbeugungstechnologie, Korngrößen im Bereich von 0,1 bis 1000 μm messen kann. Zusätzlich zu dieser Erweiterung wurde eine Datenbankstruktur auf einem OPC-UA-Server implementiert, mit der es möglich ist, sämtliche Prozessdaten cloudbasiert zu speichern, die jederzeit abrufbar sind.

Projektziel

Im Rahmen des Dissertationsvorhabens ist das Ziel die Entwicklung eines Mahlmodells, welches eine möglichst genaue Abbildung des realen Systems ermöglicht. Dadurch sollen eine verbesserte Anlagenauslegung sowie eine energieeffiziente Zerkleinerung bei vordefinierter Produktdispersität erreicht werden.

Hierfür werden gezielt Mahlversuche durchgeführt, um die erforderlichen Daten für den Aufbau eines Mahlmodells zu liefern. Die erste Version des Modells wird auf Excel-Basis aufgebaut, in der einzelne Rechenroutinen in VBA (Visual Basic for Application) programmiert werden. Dabei wird der Verlust an Programmierkomfort (der oft zu Lasten der allgemeinen Verständlichkeit geht) bewusst in Kauf genommen. Dies trägt dazu bei, ein Verständnis für mögliche Probleme mit verschiedenen verfügbaren Rechenmaschinen und Simulationssoftware zu entwickeln.



Abbildung 1 Containermühle des Lehrstuhls für Aufbereitung und Veredlung; Bild A: Blick in den CEOPS-Container (orange Container; Bild B: Stellt den Aufbau der Mühle im Container dar. Anhand der weißen Pfeile ist der Trübbefluss vom Aufgabetank, durch die Mühle, in den Produkttank veranschaulicht. Durch Verschaltungen am Produkttank, kann die Mühle im Kreislauf über ein Hydrozyklon (blauer Pfeil) oder im Durchlauf (grüner Pfeil) betrieben werden



Dipl.-Ing.
Benjamin Zeismann
Department Mineral Resources
Engineering
Chair of Mineral Processing
benjamin.zeismann@unileoben.ac.at

Projektpartner:



Ressourcen- und CO₂-optimierte Herstellung innovativer Zementklinker

Im Rahmen eines gemeinsamen Forschungsprojekts, das von der Vereinigung Österreichische Zementindustrie (VÖZ) und dem Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung jüngst gestartet wurde, strebt die österreichische Zementindustrie das Ziel an, bei der Klinkerherstellung den Anteil an alternativen Rohstoffen (ARMs) zu erhöhen. Damit soll ein weiterer bedeutsamer Beitrag zu der von der VÖZ verabschiedeten Roadmap 2050 für eine CO₂-neutrale Zementherstellung erfolgen.

Ausgangslage

Bei der Zementherstellung ist ca. 50-67% des emittierten CO₂-Gehalts rohstoffbedingt. In diesem Projekt wird daher der Fokus auf die Rohstoffseite gelegt. Dabei werden die regionale Verfügbarkeit, mögliche Auswirkungen auf die Produktqualität und die Eignung zur CO₂-Reduktion analysiert. Der Grundgedanke dieses Projekts besteht darin, dass mit dem verstärkten Einsatz von Ersatzrohstoffen die gleiche Qualität wie bei herkömmlichen Portlandzementklinker erreicht werden soll.

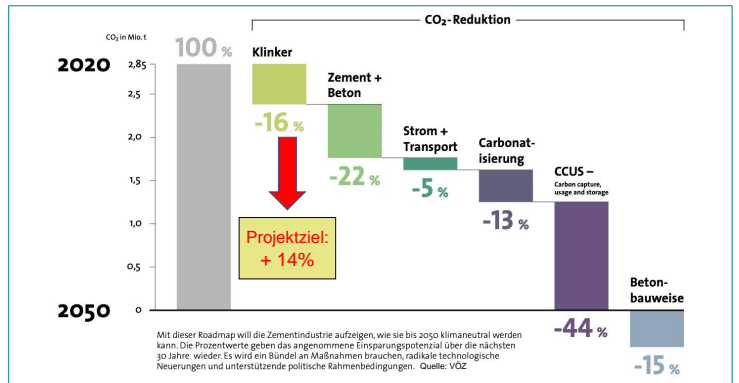
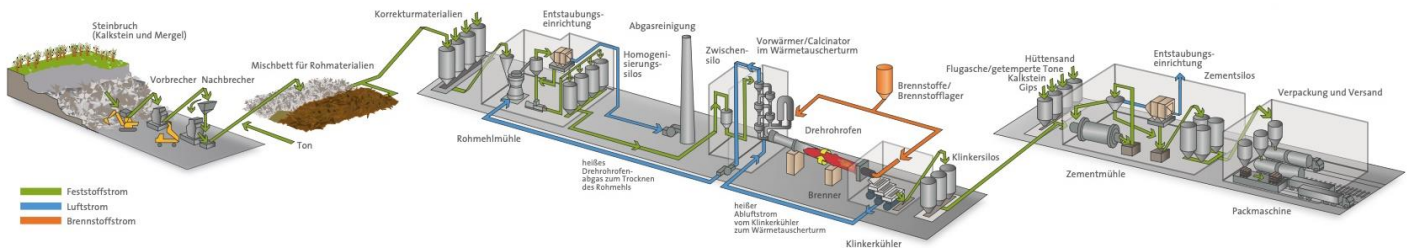
Ablauf

Zu Beginn des Projekts wird eine Übersicht der derzeit verwendeten Technologien für die Nutzung von Ersatzrohstoffen in der Klinkerproduktion erstellt. Um passende Ersatzrohstoffe für dieses Projekt zu finden, werden zuerst konventionelle Ersatzrohstoffe erfasst und beprobt. Zusätzlich werden umfangreiche Recherchen im Transportradius von 500 km durchgeführt, um potenziell neue Ersatzrohstoffe für die Klinkerproduktion zu identifizieren. Für alle potenziellen Ersatzrohstoffe wird zuerst eine detaillierte Analyse der Haupt- und Nebenelemente durchgeführt.

Dafür kommen verschiedene Verfahren wie Röntgenfluoreszenzanalyse, nasschemische Verfahren, Inductively Coupled Plasma und Atomabsorptionsspektroskopie zum Einsatz.

Anschließend werden Klinker mit verschiedenen Ersatzrohstoffkombinationen und unterschiedlichen Anteilen gebrannt und deren Eignung als Portlandzementklinker für die Zementherstellung wird geprüft.

Vielversprechende Ansätze werden zuerst in Pilotversuchen und darauffolgend im Industriemaßstab untersucht. Abschließend soll eine Betonuntersuchung sowie eine detaillierte Ökobilanzierung erfolgen. Ziel des Projekts ist es, eine CO₂-Einsparung von insgesamt 30% im Bereich Klinker zu erreichen.



Dipl.-Ing.
Wolfram Waldl
Dept. Mineral Resources Engineering
Chair of Mineral Processing
wolfram.waldl@unileoben.ac.at



Projektpartner:

- Alpacem
- MUL
- DANUCEM A CH COMPANY
- HOLCIM
- Leube
- ROHRDORFER GRUPPE
- SCHRETTNER & CIE

Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung