

REWITA und REMINTA



Zur Entwicklung einer ganzheitlichen Verwertung von Tailings

Prof. Dr.-Ing. Daniel Goldmann
IFAD Rohstoffaufbereitung und Recycling
CUTEC Clausthaler Umwelttechnik Forschungszentrum

Hintergründe und besondere Herausforderungen

- ◆ Europa ist ein uralter Bergbaukontinent, auf dem zwar heute noch Bergbau betrieben wird, die Einstellung von Bergbauaktivitäten hat aber das Verhältnis aktiven Bergbaus gegenüber abgelagerten Rückständen deutlich zu letzteren verschoben.
- ◆ Insbesondere alte Ablagerungen enthalten noch relevante Rohstoffpotentiale, da in früheren Zeiten die Gewinnungsmethoden noch nicht so effizient waren und bestimmte Inhaltsstoffe, die früher nicht relevant waren, heute gesuchte Rohstoffe darstellen.
- ◆ Europa ist in vielen Gegenden dicht besiedelt, verfügt über hohe Umweltstandards und ist zunehmend auch bedingt durch den Klimawandel mit Altbergbau-Risiken belastet (Bergsenkungen, Wassereinbrüche, Verwehungen, Stabilität von Ablagerungsbauwerken...) die Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen erforderlich machen könnten.
- ◆ Auf der anderen Seite steigt die Rohstoffabhängigkeit Europas von Importen aus anderen Kontinenten und könnte durch die Wiederaufnahme abgelagerter Rückstände mindestens teilweise verringert werden.

Aktuelle Entwicklungen

- ◆ Vor diesem Hintergrund werden aktuell Entwicklungen für neue Konzepte vorangetrieben, um in Europa unter Berücksichtigung aller Nachhaltigkeitsaspekte eine Wiederaufnahme bergbaulicher Ablagerungen zur Rohstoffgewinnung und gleichzeitigen Flächen- und Landschaftssanierung sowie zur Gefahrenabwehr voranzutreiben.
- ◆ An verschiedenen Orten der Welt wurde bereits eine Wiederaufnahme von bergbaulichen Rückständen in Angriff genommen, allerdings meist nur unter Berücksichtigung weniger Aspekte (Beispiel erneute Aufbereitung von Halden aus dem Goldbergbau in Südafrika).
- ◆ Neue, ganzheitliche Ansätze, die in Europa und insbesondere im Harz entwickelt werden, könnten daher Vorbildcharakter für einen globalen Rollout haben.
- ◆ Im Folgenden wird mit dem Doppel-Projekt REWITA und REMINTA am Bollrich in Goslar ein Prototyp-Projekt mit allen Ausprägungen für einen nachhaltigen Rückbau vorgestellt.

Der Hintergrund: Erzbergbau am Rammelsberg (1)

- ◆ Am Rammelsberg in Goslar wurde mehr als 1700 Jahren Bergbau betrieben, bis 1988 mehr als 1000 Jahre ohne Unterbrechung.

Der Rammelsberg lieferte ein äußerst reiches Cu-Pb-Zn-Erz mit hohen Gehalten an Au und vor allem Ag (SEDEX Typ Lagerstätte (black smoker), bedeutendste Silber-Mine Europas)

- ◆ Seit 1935/36 wurde am Rammelsberg eine Aufbereitung für die sogenannten Reicherze betrieben, deren Abgänge in die Bergeteiche am Bollrich auf der Rückseite des Rammelsbergs geleitet wurden.



In einer zweiten Aufbereitungsanlage am Bollrich selbst wurde seit 1953 das metallärmere Banderz aufbereitet, die Aufbereitungsabgänge wurden ebenso in die Bergeteiche geleitet.

- ◆ Als der Bergbau am Rammelsberg 1988 eingestellt wurde, hatten sich 7 Mio. t an Aufbereitungsabgängen in den Bergeteichen angesammelt.

Der Hintergrund: Erzbergbau am Rammelsberg (2)

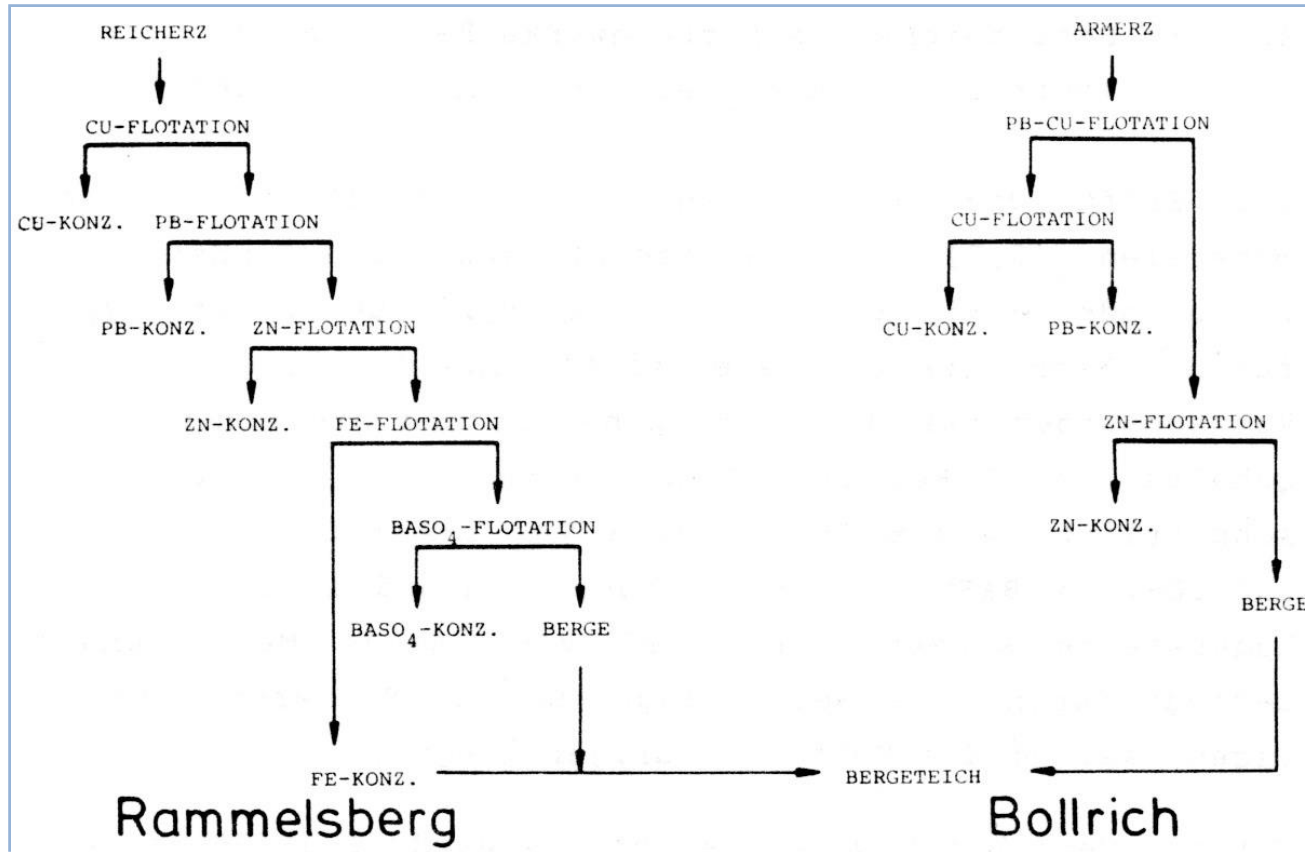
- ◆ Durch die extrem feinkörnige Struktur und Verwachsung des Erzes konnte eine einigermaßen effiziente Aufbereitung zur Trennung verschiedener Wertträger für nachfolgende getrennte Verhüttungsverfahren erst nach Erfindung der Flotation vor gut 100 Jahren in Angriff genommen werden
- ◆ Auch bei diesem Verfahren, das seit 1935 im Einsatz war, wurden die sehr feinen Anteile ($< 20 \mu\text{m}$) vor der Flotation ohne weitergehende Wertstoffgewinnung durch Entschlammung abgetrennt und direkt in die Bergeteiche geleitet.
- ◆ Über einen gewissen Zeitraum wurde Pyrit zur Herstellung von Schwefelsäure gewonnen, davor und danach aber in den Bergeteich geleitet
- ◆ In den ersten Dekaden der Produktion wurde Baryt nicht gewonnen und in die Bergeteiche geleitet. Erst später und dann auch nur aus dem "Reicherz" erfolgte die Gewinnung von Baryt-Konzentraten.





TU Clausthal

Die Aufbereitungsprozesse der Aufbereitungsanlagen Rammelsberg und Bollrich zu Ende der Produktion





- ◆ Die Zinkkonzentrate der Erze des Westharzes, insbesondere die des Rammelsberges wiesen erhebliche Konzentrationen an **Indium, Gallium und Germanium** auf.
- ◆ Seit Mitte des letzten Jahrhunderts wurden diese Elemente aus Teilströmen/ Rückständen der Verhüttung der Harzer Zinkkonzentrate in Oker gewonnen. Hierzu wurde ein eigenes metallurgisches Werk eingerichtet, die Herzog Julius Hütte
- ◆ Zur intensiven Gewinnung dieser Metalle unter Erzeugung von Reinstmetallen wurde Mitte der 1970iger Jahre die Seltenmetallanlage (SMA), später PPM Pure Metals gegründet
- ◆ Mit Ende des Harzer Pb-Zn-Erz-Bergbaus 1988 endete diese Phase (seither beschäftigt sich PPM mit der Gewinnung von In, Ga und Ge aus anderen Quellen)
- ◆ Der deutliche Preisanstieg für diese Sondermetalle in den letzten Jahren eröffnet evtl. Chancen, künftig aus alten Halden (oder Bergeteichmaterial) auch In, Ga und Ge zurück zu holen
- ◆ Neben den erwähnten Elektronikmetallen Ga, Ge und In stellen die noch verbliebenen **Inhalte an Bunt- und Edelmetallen** (zu erwarten insbesondere **aus den Feinstfraktionen** der Entschlammung) ein mit modernen Technologien prinzipiell gewinnbares Rohstoffpotential dar
- ◆ Die **nicht gewonnenen Inhalte an Baryt** stellen ein wesentliches Rohstoffpotential dar

Was wird heutzutage benötigt für die Entwicklung von nachhaltigen Rückbau- und Verwertungsansätzen?

- ◆ Geotechnische Analyse und Bewertung des „Bauwerks“, des Rückbaus, der Dammsysteme und des geologischen Untergrunds
- ◆ Lagerstättenerkundung und Modellierung
- ◆ Klärung des chemischen und mineralogischen Aufbaus
- ◆ Entwicklung eines Aufbereitungsverfahrens
- ◆ Entwicklung von Absatzkanälen für erzeugte Stoffströme
- ◆ Wasserhaltung-, Wasserfassung, Abwasserreinigung
- ◆ Genehmigungsrechtliche Rahmenbedingungen klären
- ◆ Ökonomische, ökologische und Akzeptanzfragen klären



Gefördert vom BMBF im Rahmen von



**Innovative Technologien
für Ressourceneffizienz**
Forschung zur Bereitstellung
wirtschaftsstrategischer Rohstoffe

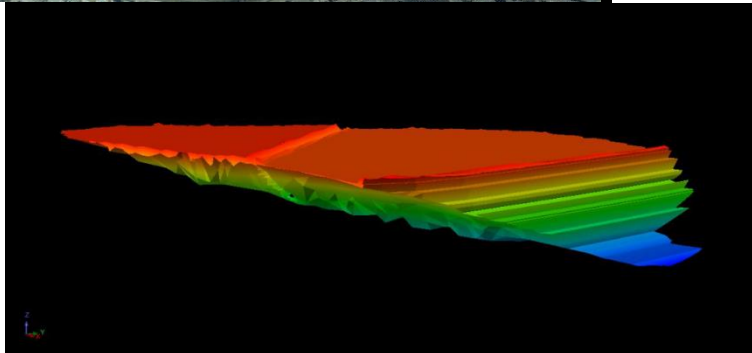
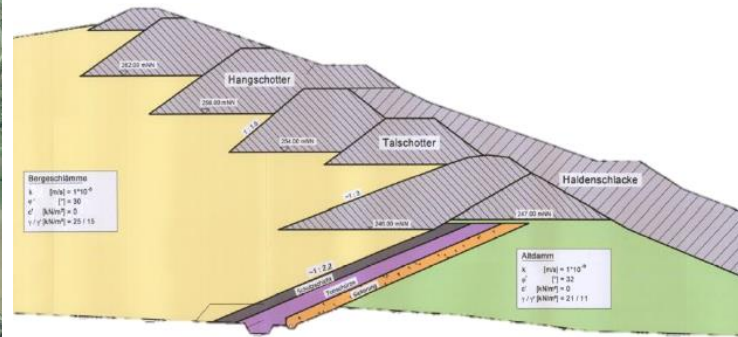


REcycling bergbaulicher Aufbereitungsrückstände zur Gewinnung
Wirtschaftsstrategischer Metalle am Beispiel der TAILINGS am Bollrich in Goslar



November 2015





Analyse der Lagerstätte Minerale, ihre Verwachsungen und die Korngrößenverteilung

Haupt Mineralphasen

Quarz, Illit, Chlorit

Ankerit, Dolomit

Pyrit, Sphalerit, Galenit, Chalcopyrit

Baryt

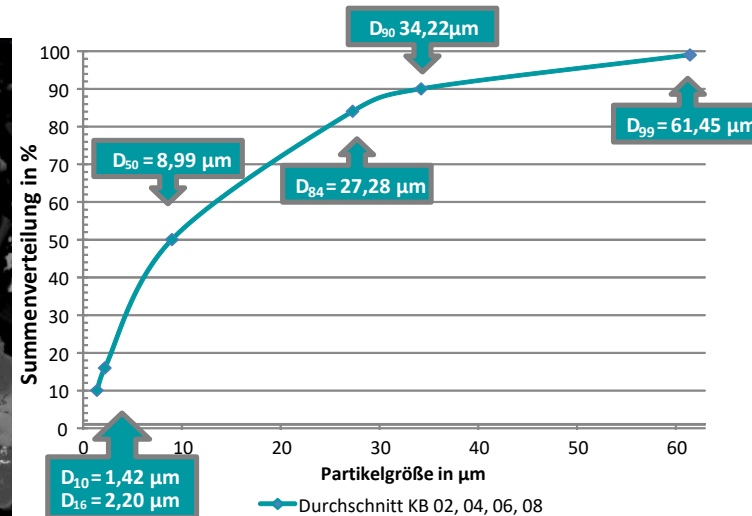
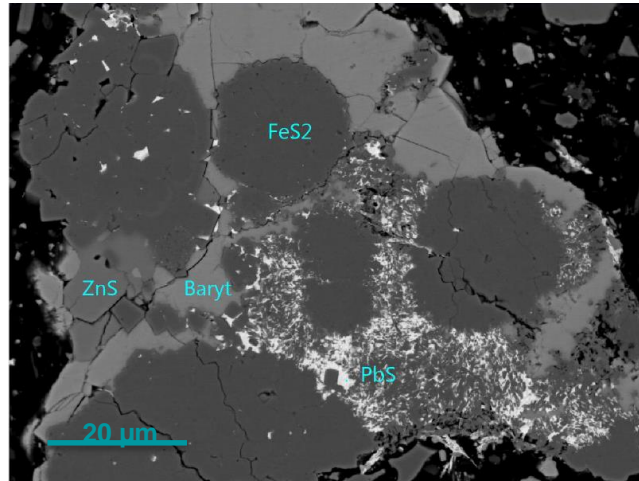
Elemente, i.w. gebunden an

Silikate: Si, Al, K, **Ga** (= => kein Rückgewinnungspotential für Ga)

Karbonate: Ca, Mg, Mn

Sulfide: Cu, Pb, Zn, Fe, **Co, In**

Sulfate: **Ba**



Rohstoffrückgewinnungspotentiale aus bergbaulichen Rückständen des Rammelsbergs



Abschätzung zum Wertstoffinhalt
auf Basis alter Produktionsdokumente
sowie aktueller Untersuchungen

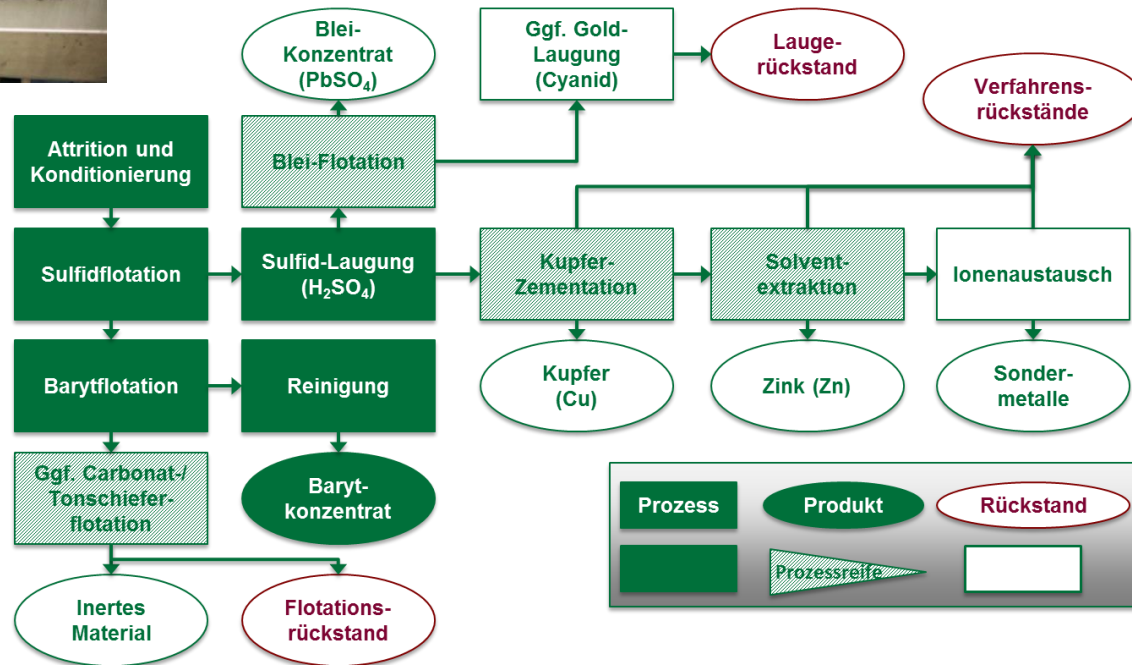
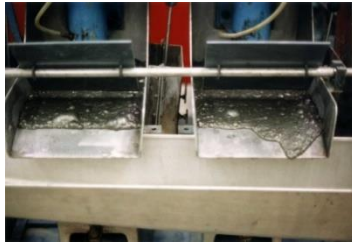
Gold	1,5 t
Indium	44 t
Gallium	170 t
Cobalt	1220 t
Silber	234 t
Kupfer	10.650 t
Blei	85.200 t
Zink	120.700 t
Schwerspat	1.356.000 t



* eingestuft als kritische Rohstoffe



Entwicklung eines Aufbereitungsverfahrens basierend auf Flotation und Hydrometallurgie



Geotechnische Analysen und Abbauplanung

- ◆ Die Schlämme in den Bergeteichen weisen thixotrope Eigenschaften auf. Dies führt zu einer Limitierung der Dammstabilität bei Rückbau des Bergeteichinhalts.
- ◆ Daher kann der Rückbau nicht Segment- (Kassetten-) weise bei Erhalt des Damms erfolgen sondern muss schichtweise bei gleichzeitigem gestuften Rückbau des Damms vorgenommen werden
- ◆ **Auf Grund identifizierter Schwächen im geologischen Untergrund (Verkarstungsbereiche) muss der gesamte Bergeteichkörper rückgebaut und der Untergrund renaturiert werden.**
- ◆ Die Lagerstättenmodellierung erlaubt Aussagen, wo im Ablagerungskörper mit welchen Konzentrationen welcher Mineralphasen zu rechnen ist
- ◆ Vor dem Hintergrund eines gefahrenfreien Rückbaus und einer möglichst gleichmäßigen Versorgung der Aufbereitung mit gleichbleibenden Input-Qualitäten erfolgte die Entwicklung einer Abbauplanung



Neue Herausforderungen

- ◆ Im Projekt REWITA wurde ermittelt, dass rund die Hälfte der Masse des Bergeteichinhalts, bestehend aus feingemahlenem Nebengestein sowie Gangart aus dem Erzkörper, ebenfalls einer Verwertung zugeführt werden muss, da eine Wiedereinlagerung vor Ort nicht in Frage kommt und eine Deponierung ökonomisch und ökologisch kaum zu verantworten ist.
- ◆ Die sich verändernden klimatischen Rahmenbedingungen werden mittelfristig jedenfalls die Wiederaufnahme der abgelagerten Rückstände erforderlich machen, um Risiken, die von Bergeteichen wie diesem ausgehen, zu eliminieren oder mindestens zu minimieren.
- ◆ Neben einer möglichen Renaturierung des Tals nach Rückbau der Bergeteiche wäre aber ggfs. auch die Anlage von Regenrückhaltebecken ins Auge zu fassen. Somit würde Raum für Puffer geschaffen, die ggfs. bei künftigen Starkregenereignissen nutzbar wären.
- ◆ Weiterhin hatte sich gezeigt, dass allein durch mechanische Aufbereitung (Flotation) weder Konzentrate noch Abgänge in hinreichender Reinheit für nachgelagerte Nutzung erzeugt werden können. Für viele der via Flotation vorgetrennten Fraktionen müssen hydrometallurgische Verfahren zur weiteren Verarbeitung angewandt werden.
- ◆ Aufbauend aus den Verfahrensentwicklungen in REWITA und neueren Erkenntnissen zeichnet sich ab, dass zwischen die Flotation und die chemische Laugung für einige Fraktionen Bioleaching-Prozesse geschaltet werden können, die technische, ökonomische und ökologische Optimierungspotentiale bieten

Neue Chancen

- ◆ Mit dem Wegbrechen von Kohle- und mittelfristig Erdöl- und Erdgas-Produktion wird die heute dominierende Quelle für Schwefelsäureproduktion ebenfalls wegbrechen und könnte **Pyrit** als Rohstoffquelle für die **Schwefelsäureproduktion** wieder interessant machen
- ◆ Im Rahmen der Energiewende bricht nicht nur kurzfristig die REA-Gips-Produktion und mittelfristig die Schwefelsäureproduktion aus Kraftwerken, die fossile Brennstoffe nutzen, weg, es entfallen dann auch Ascheaufkommen (Flugstäube aus der Stein- und Braunkohlefeuerung) die für die **Produktion von Zement** und Beton wichtig sind. Diese müssen durch geeignete feinkörnige **Mineralikfraktionen** ersetzt werden. Hierfür käme ggfs. ein großer Part des Mineralikanteils aus den Bergeteichen in Frage. Ein weiterer Teil könnte als **Dichtungsmaterial für Deponien** verwendet werden
- ◆ Letztlich haben sich bei der gezielten Untersuchung des Bergeteichinhalts noch weitere Wertträger gefunden, die zunehmend an Bedeutung gewinnen. Aktuell richtet sich der Fokus insbesondere auf **Cobalt** als zentralem und knappen Rohstoff für die **Batterieproduktion** der Elektromobilität



Gefördert vom BMBF im Rahmen der

Fördermaßnahme "Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft,
Bauen und Mineralische Stoffkreisläufe (ReMin)

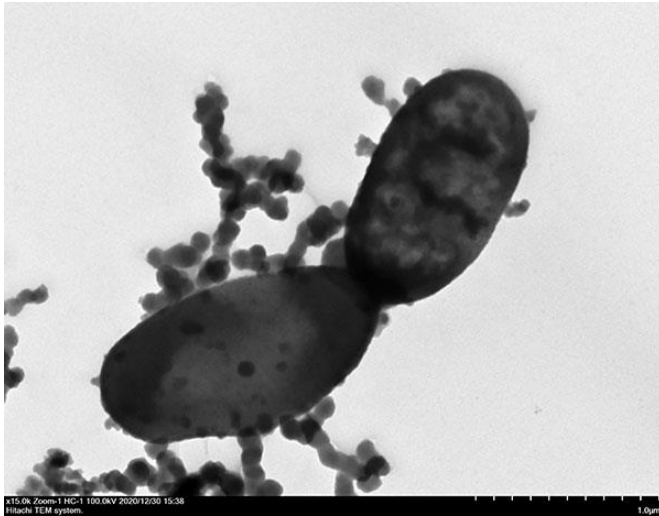


REcycling MINeralischer Fraktionen aus TAILings
am Beispiel des Bergeteichs am Bollrich in Goslar



Neue Ansätze

- ◆ Auf Basis der Erkenntnisse aus REWITA, neuer Herausforderungen und Chancen wurde das Projekt REMINTA entwickelt und gestartet.
- ◆ Hauptziel ist die weiterführende Aufbereitung der mineralischen Restfraktionen aus REWITA zur Erzeugung von Mineralstoffkonzentraten, die in der Zementproduktion oder im Deponiedichtungsbau eingesetzt werden können. Hierzu werden gezielt auf dem REWITA-Verfahren aufsetzende zusätzliche Scavenger-Flotationsstufen zur Abreinigung der Mineralik-Fractionen von Sulfiden und Baryt entwickelt, an die sich biologische und chemische Lageprozesse anschließen. Vor der Laugung soll noch eine flotative Trennung karbonatischer Gangartphasen von der aluminosilikatischen Hauptmasse erfolgen.
- ◆ Ergänzend sollen auch Ausbringen und Qualität der Sulfid- und Barytkonzentrate durch Cleanerstufen in der Flotation sowie Laugungsprozesse verbessert werden.
- ◆ Neu ist der Einsatz von Bioleaching Verfahren. Parallel zu den Arbeiten am HZDR in Dresden wurden Untersuchungen bei der BGR in Hannover durchgeführt. Hier wurde ein neuartiges Bakterium entdeckt, welches in der Lage ist, insbesondere Cobalt hocheffizient zu laugen.
- ◆ Letztlich soll ein ganzheitlicher Ansatz entwickelt werden, mit dem idealerweise rund 90 % des Inhalts der Bergeteiche einer Verwertung zugeführt werden können. Aufbauend darauf sind Umsetzungskonzepte für den Rückbau zu erarbeiten und die Grundlagen für eine Umsetzung des Vorhabens zu schaffen.



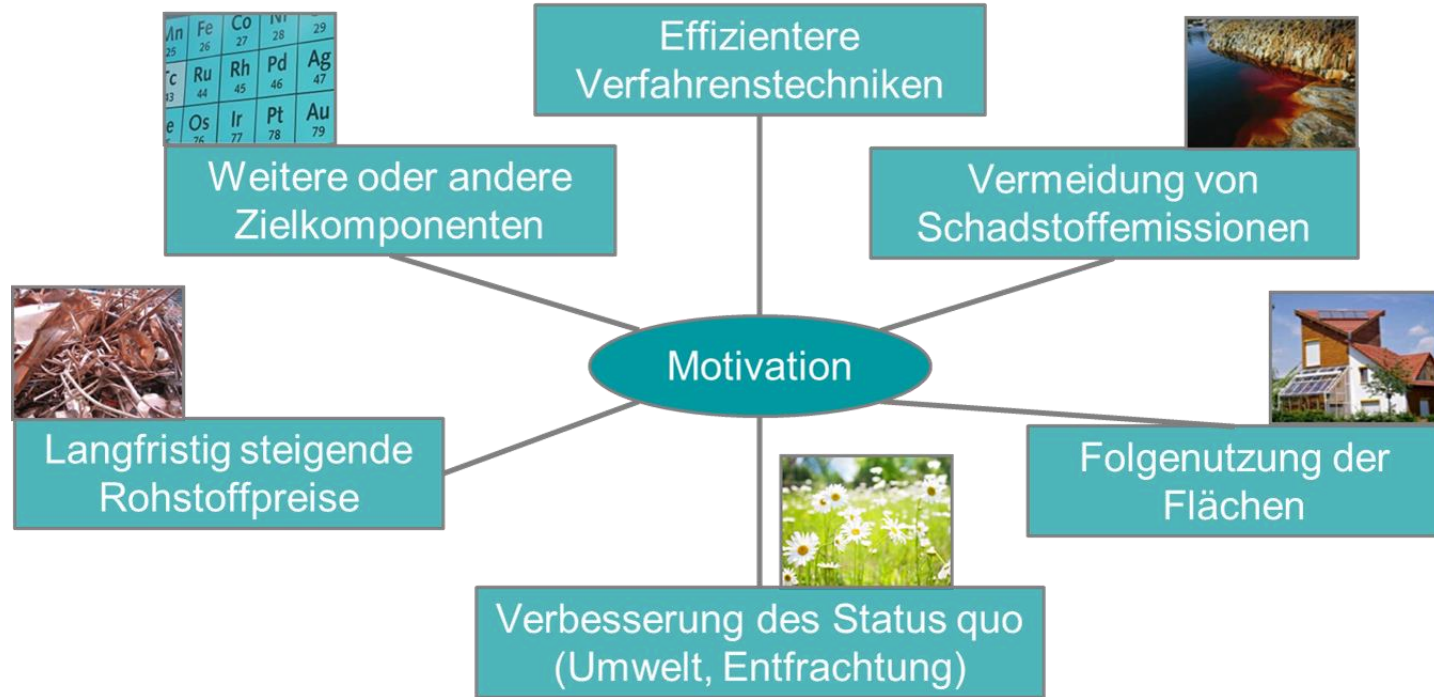
Quelle: BGR

und der Aufbau von Bioleaching-Anlagen

Beispiel: Biox-Anlage Tamboraque/Peru



Umsetzung? Eine multikriterielle Entscheidung !



Vielen Dank



für Ihre Aufmerksamkeit !



IFAD
Rohstoffaufbereitung und Recycling

CUTEC

Clausthaler Umwelttechnik
Forschungszentrum

REWIMET

Recyclingcluster wirtschaftsstrategische Metalle



GERRI
German Resource Research Institute



FORAM
TOWARDS A WORLD FORUM
ON RAW MATERIALS