

# Tailings des Rammelsberges: Potential und Herausforderungen

Dr. rer. nat. Torsten Zeller  
Abteilungsleiter Ressourcentechnik und -systeme

Clausthal-Zellerfeld, 19. September 2019

## Motivation

- Offene Tailings der Buntmetallerzaufbereitung des Rammelsberges bei Goslar als anthropogene Lagerstätte
  - Aufbereitung des Bergeteichs
    - zur Wertstoffgewinnung
    - Synergie Umweltschutz (Beseitigung von Schwermetallen und weiteren Inhaltsstoffen)
  - Erarbeitung eines Verwertungskonzeptes für ähnliche Lagerstätten
- **Erweiterte Zielsetzung:**  
Gewinnung von Baryt und Buntmetallkonzentraten vor dem Hintergrund der Umweltsicherung



© Thomas Sehnacht www.periodensystem.net



© Thomas Sehnacht www.periodensystem.net



© Thomas Sehnacht www.periodensystem.net



## Grundlage



### Recycling bergbaulicher Aufbereitungsrückstände zur Gewinnung wirtschaftsstrategischer Metalle am Beispiel der Tailings am Bollrich in Goslar

GEFÖRDERT VOM



Förderkennzeichen: 033R136

Verbundpartner	
Clausthaler Umwelttechnik Forschungszentrum (CUTEC) Clausthal-Zellerfeld (Koordinator)	TU Clausthal, Institute IFAD, IBB, IELF, IGMC
PPM Pure Metals GmbH, Langelsheim	Harz-Metall GmbH, Goslar
Stöbich Holding GmbH & Co. KG, Goslar	pdv software GmbH, Goslar
Prof. Burmeier Ingenieures. mbH, Gehrden	



TU Clausthal

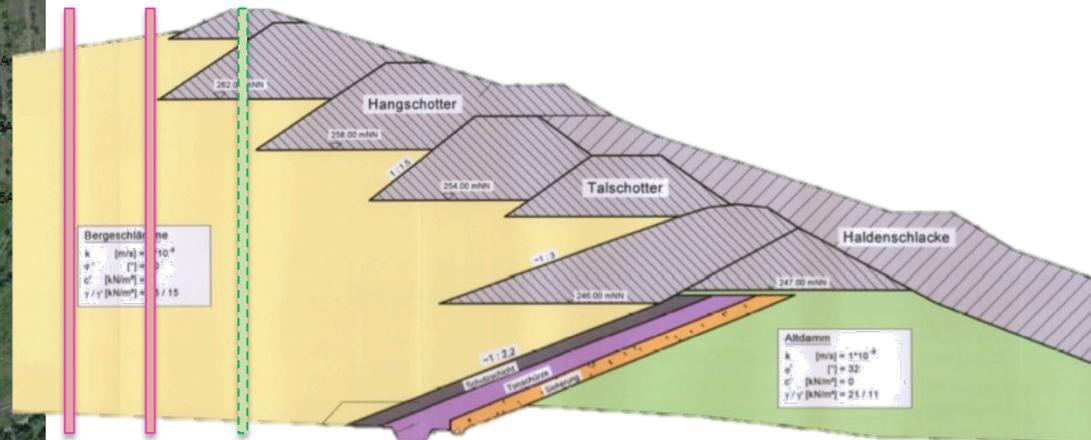




# Probenahme und Lagerstätte



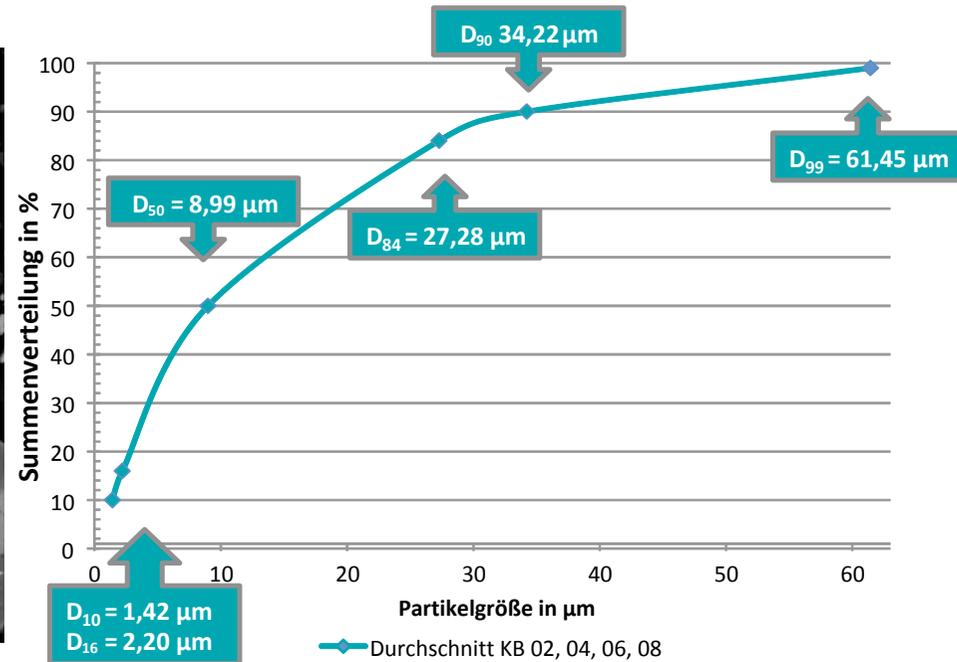
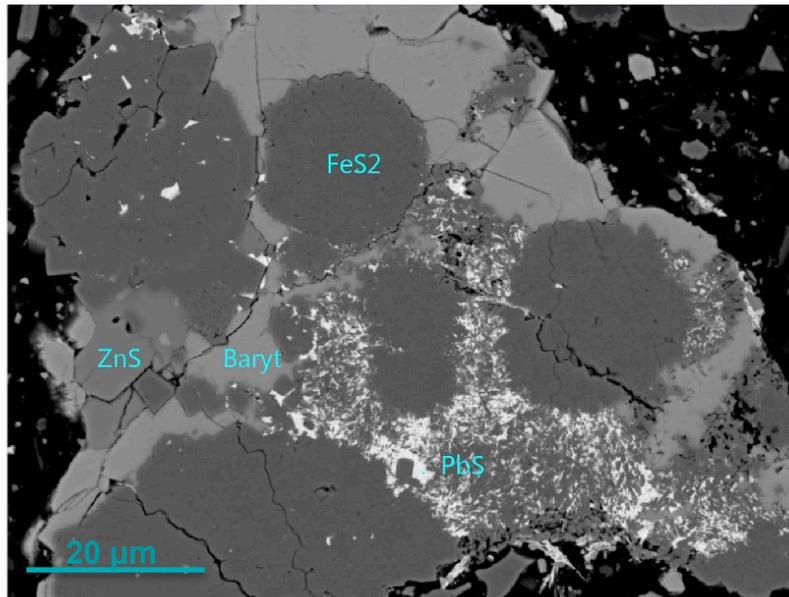
- Lagerstätte ist Teil des Damms selbst
- Damm wurde mit zunehmendem Zulauf an Material entsprechend erhöht



# Analyse der Lagerstätte

## Bindungsformen

- Silikatisch (Si, Al, K, (Ni, **Ga**))
- Karbonatisch (Ca, Mg, Fe, Mn)
- Sulfidisch (Cu, Pb, Zn, Fe (As, Cd, **Co, In, Tl**))
- Sulfatisch (Ba)



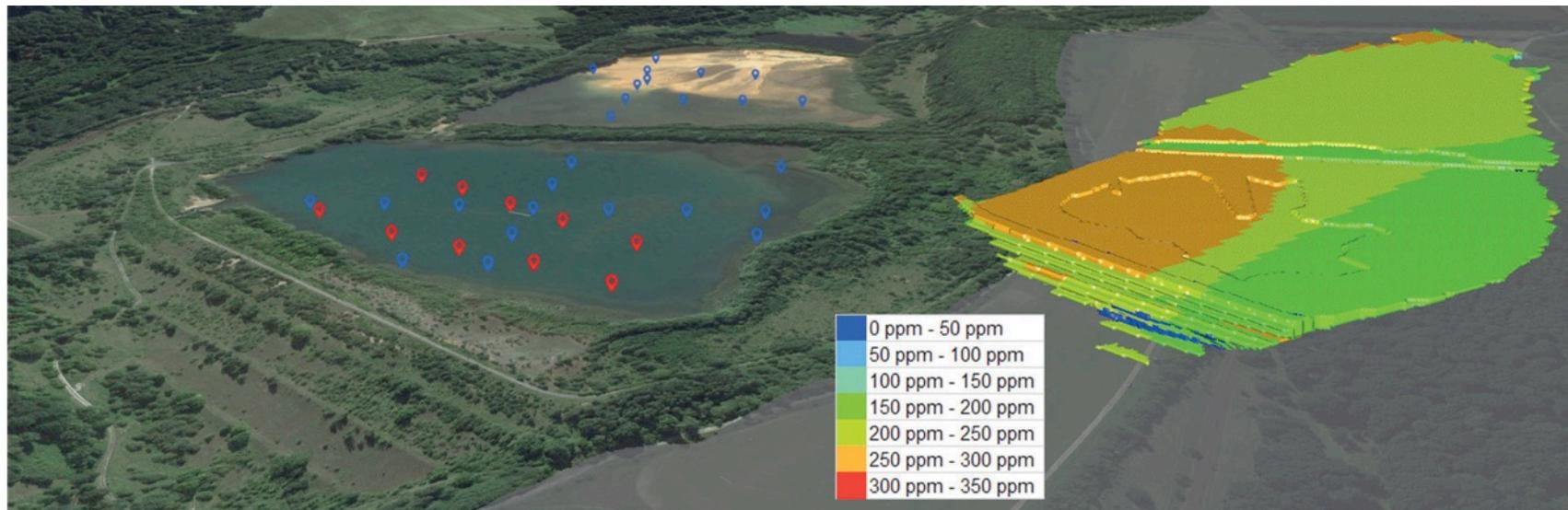
# Lagerstättenmodellierung

Darstellung des Aufbaus des Haldenkörpers

- Erstellung Lagerstättenmodell (aus aktuellen und historischen Daten)
- Intelligente Zusammenführung der verschiedenen verwendeten Datensysteme

Verbesserte Wertstoffpotentialabschätzung:  
Projektergebnisse

- Baryt 1,35 Mio. Tonnen
- Metallsulfide 1,4 Mio. Tonnen  
(davon rd. 1,1 Mio. t FeS<sub>2</sub>)
- Indium 43 Tonnen
- Kobalt 1.220 Tonnen
- Gallium 170 Tonnen



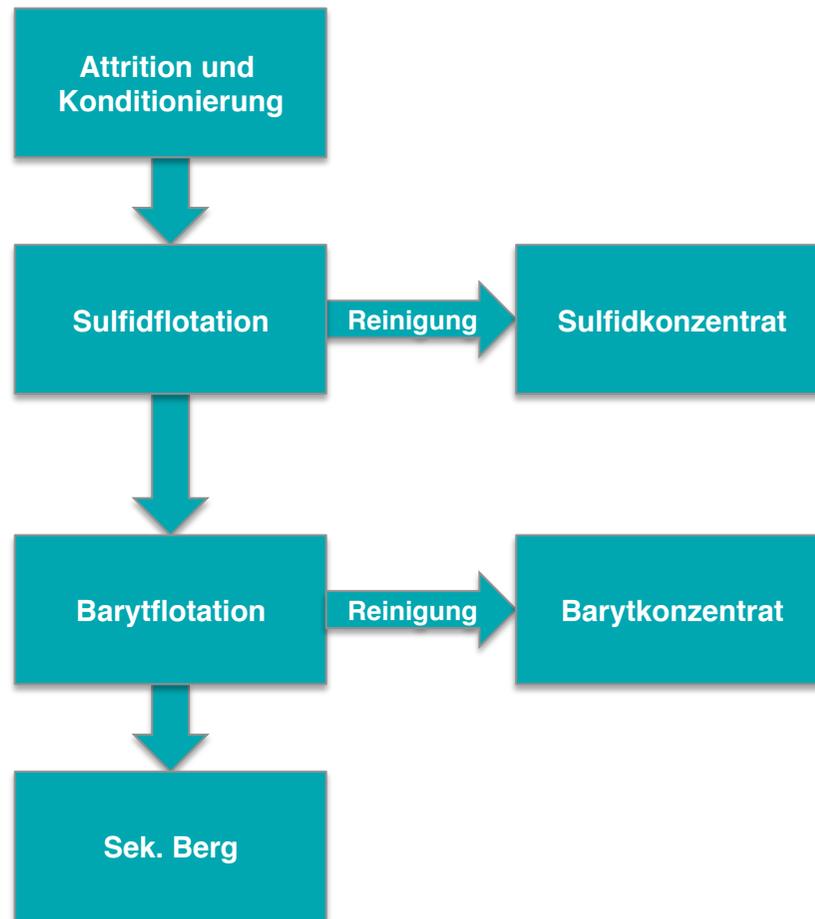


# Lagerstätte – Verbesserung der Datengrundlage

- Historische Daten
- Verbesserte Wertstoffpotentialabschätzung aus neuen Daten

	Datenlage zu Projektbeginn	Projektergebnisse
Größe Tailing; Trockenmasse	3 Mio. m <sup>3</sup> ; 6,5 Mio. t	3,87 Mio. m <sup>3</sup> ; rd. 7,05 Mio. t
Au	1,5	1,5
In	100 t	43 t
Ga	180 t	170 t
Ag	200 t	234 t
Co	1000 t	1.220 t
Cu	14.000 t	10.650 t
Pb	70.000 t	85.200 t
Zn	100.000 t	120.700 t
Baryt	1,3 Mio. t	1,35 Mio. t

## Aufbereitungsergebnisse



- Reihenfolge: erst Sulfid-Abtrennung, dann Barytflotation aufgrund der Wirkweise der eingesetzten Chemikalien
- Bulk-Sulfid-Konzentrat Cu, Pb, Zn als Ziel, da Selektivität für flotative Trennung dieser Elemente zu niedrig ist
- Ca. 75% der Sulfide durch Sulfid-Flotation gewinnbar
- 85-95% reines Barytkonzentrat
- Ca 75% der Alkali-Erdalkalielemente sowie Silikate in Berge-Phase
- Berge stark Schadstoffentfrachtet (nur noch 4-10% des Ausgangsgehalts übrig (Pb, Cd, As,...))



# Aufbereitung durch Flotation und Laugung: Flotationsuntersuchungen



3x Rührwerk-Laborzelle Denver 0,5-1L, Testzelle für Basisuntersuchungen, IFAD, Juni 2016



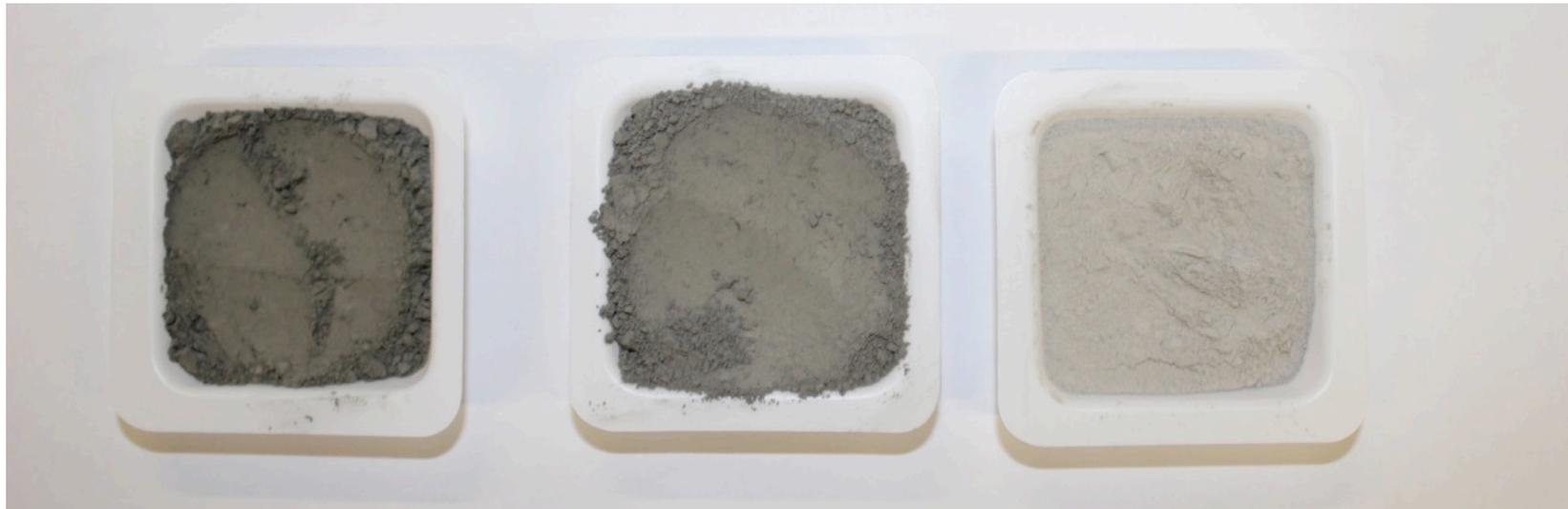
Rührwerk-Laborzelle Denver 3L, Sulfid-Konzentrat für Laugeversuche, IFAD, Januar 2017



Pneumatische Flotationszelle Imhof 25L, Baryt-Konzentrat, Inbetriebnahme, IFAD, April 2017



## Beispiel: Barytflotation



Berge Rougher-Flotation (5% Baryt)

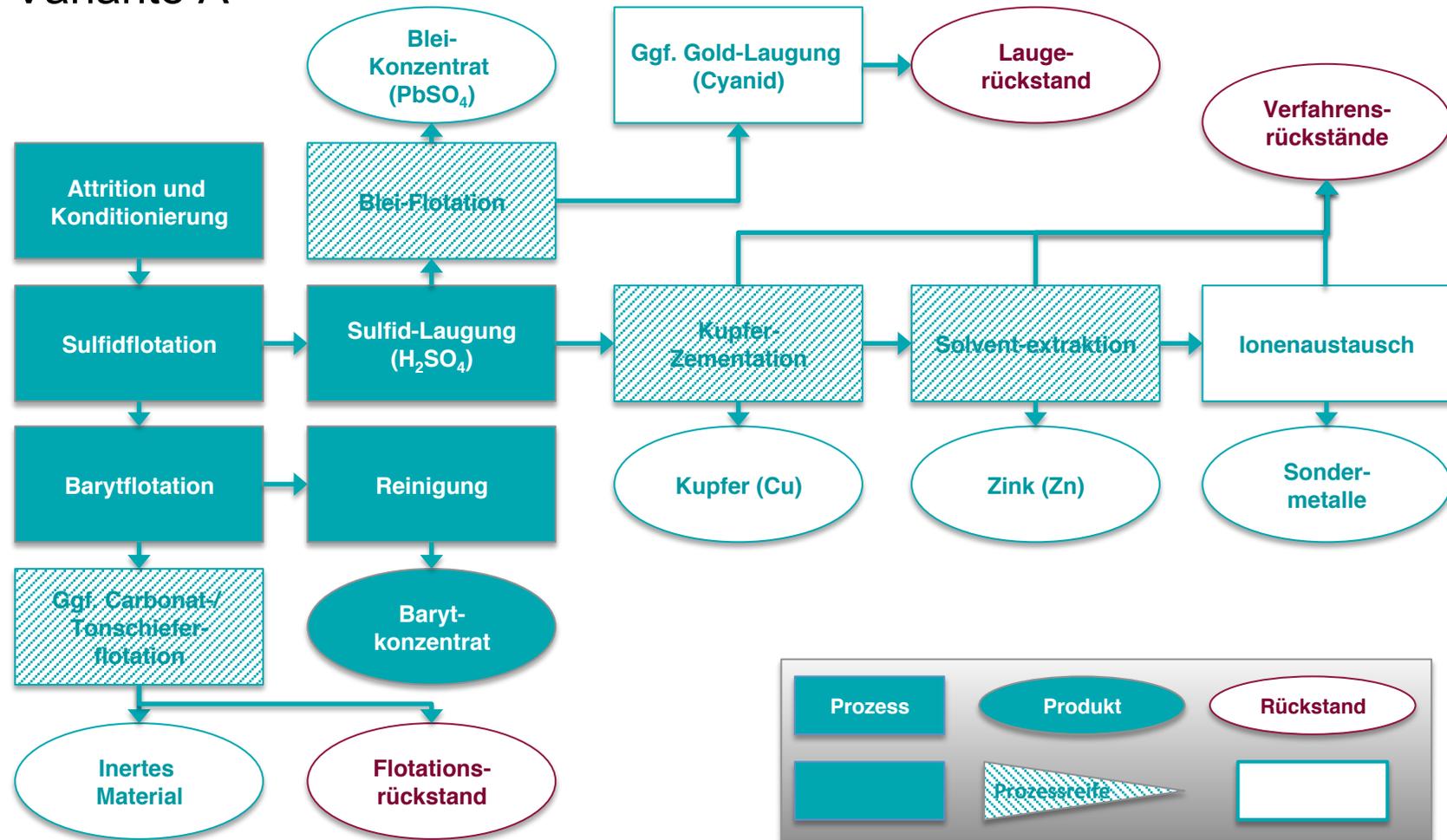
Berge 1.Cleaner (60% Baryt)

Flotat 2.Cleaner (85% Baryt)

- Weitere Optimierung nötig,  $\text{BaSO}_4$ -Gehalt > 90-95%
- Ggf. Nachbehandlung nötig
  - Abglühen der Flotationschemikalien und/ oder Laugen der Störstoffe



# Verfahrensentwicklung Aufbereitung Variante A



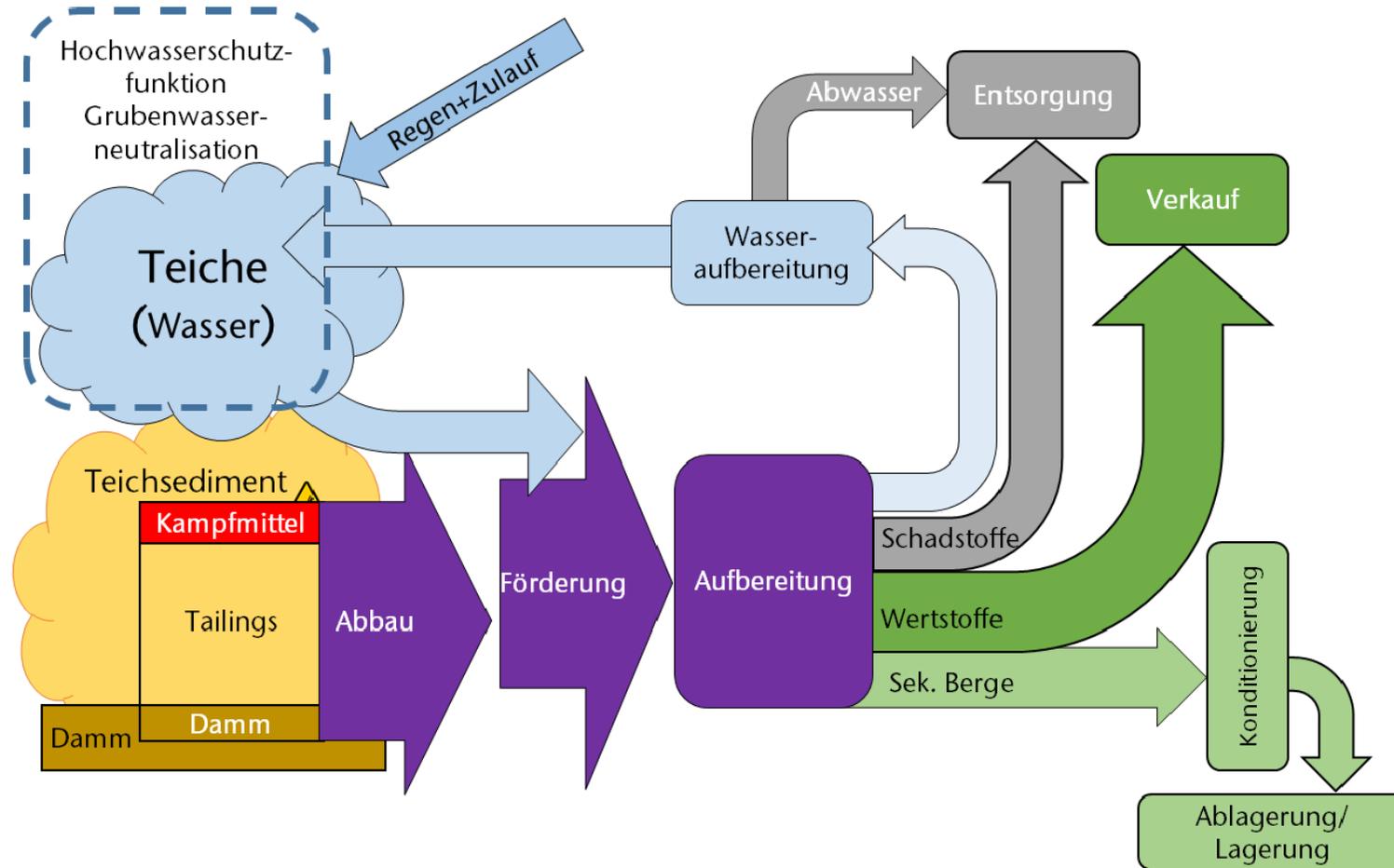
Dr. rer. nat. Torsten Zeller  
Abteilungsleiter Ressourcentechnik und -systeme

Tailings des Rammelsberges: Potential und Herausforderungen

## Ergebnis der Rückbauplanung Konsequenzen verschiedener Szenarien

		Dammbauwerk	
		Rückbau	Belassung
Bergelagerung	In Situ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teich mit Damm geringer Höhe</li> <li>• Geringe Verminderung des Volumens</li> <li>• Komplexe Kombination von Abbau und Versetzung</li> <li>• Kein Zugang zum Untergrund</li> <li>• Weiternutzung der Teiche für Wasserhaltung des Rammelsberges</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktuelles Landschaftsprofil bleibt bestehen</li> <li>• Vergrößerung des Talsperrenvolumens</li> <li>• Komplexe Kombination von Abbau und Versetzung</li> <li>• Kein Zugang zum Untergrund</li> <li>• Weiternutzung der Teiche für Wasserhaltung des Rammelsberges</li> </ul>
	Ex Situ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Landschaftsprofil von 1936</b></li> <li>• <b>Wegfall der Talsperre</b></li> <li>• <b>Einfacher Abbau, da Wiedereinlagerung nicht nötig</b></li> <li>• <b>Aufbereitung des Untergrunds möglich</b></li> <li>• <b>Grubenwasser muss andernorts eingeleitet werden</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktuelles Landschaftsprofil bleibt bestehen</li> <li>• Vergrößerung des Talsperrenvolumens</li> <li>• Einfacher Abbau, da Wiedereinlagerung nicht nötig</li> <li>• Kein Zugang zum Untergrund</li> <li>• Weiternutzung der Teiche zur Grubenwassereinleitung möglich</li> </ul>

# Rückbauplanung vereinfachter qualitativer Massenstrom





# Ökologie und Ökonomie

## Ökobilanzielle Bewertung von Vorteilen und Nachteilen des REWITA-Projekts durch Szenarienvergleich



Ansatz:

**Variation**  
der Energiequelle  
**Vergleich** mit  
dem Primärabbau

**Berechnung**  
der Umweltauswirkungen  
durch Ressourcenverbrauch  
und Emissionen



➔ Hinweise zur ökologischen Optimierung des Behandlungsprozesses



## Ökologie und Ökonomie

- Im Bereich der Ökologie und Ökonomie wurden Techniken für die Behandlung des Teichmaterials im Bollrich betrachtet und modelliert.
- Nach der Erstellung der Modelle wurden die Umweltauswirkungen berechnet, die mit den betrachteten Konfigurationen verknüpft sind, so dass ein direkter Variantenvergleich ermöglicht wurde.
- Wichtige Erkenntnisse sind:
  - Die **REWITA-Gewinnungstechnik von Sekundärrohstoffen** ist im Vergleich zur Primärrohstoffproduktion mit einer geringeren Umweltbelastung verbunden.
  - Eine **weitere Konditionierung der mineralischen Rückstände der Prozesse** kann einen wesentlichen Beitrag zur Steigerung der Ressourceneffizienz leisten und die Wirtschaftlichkeit des Gesamtprozesses verbessern.
  - Die Etablierung einer **detaillierteren Datenbasis** im industriellen Demomaßstab ist hilfreich um Restunsicherheiten zu reduzieren.

## Wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

	Datenlage zu Projektbeginn	Projektergebnisse	Theoretischer Wert
Größe Tailing; Trockenmasse	3 Mio. m <sup>3</sup> ; 6,5 Mio. t	3,87 Mio. m <sup>3</sup> ; rd. 7,05 Mio. t	
Ga	180 t	170 t	28 Mio. US\$
In	100 t	43 t	8,6 Mio. US\$
Co	1000 t	1.220 t	62 Mio. US\$
Cu	14.000 t	10.650 t	63 Mio. US\$
Zn	100.000 t	120.700 t	295 Mio. US\$
Pb	70.000 t	85.200 t	168 Mio. US\$
Baryt	1,3 Mio. t	1,35 Mio. t	140 – 728 Mio. US\$

Quelle: Preismonitor Juli 2019 – DERA; Mineral Commodity Summary 2019, Mineral Industry Surveys 2015- U.S. Geological Survey

- Baryt-Preis abhängig von Qualität
- Zusätzlich Au und Ag Werte je nach Anreicherbarkeit

## Umsetzung

- Genehmigungsrechtliche Grundlagen
  - Grenzwerte für die Reststoffe nach Aufbereitung Folgeprojekt „ReMinta“
  - Arbeitsschutz, Transportsicherheit, Zwischenlagerung
  - Genehmigung eines eventuellen Aufbereitungsbetriebes
    - Rückhalt/Verständnis in der Bevölkerung durch rechtzeitiges/stetiges Informieren sichern
  - Rechtsstellung des Status „Bergeteich“
- Geomechanik
  - Standfestigkeit/-sicherheit Damm
  - Untergrund
  - Einbau prozessierten Materials (Eigenschaften)

ca. 75.000 Güterwagen



## Potenzialanalyse

**Aussage zu hebbaren Rohstoffpotenzialen bestehender Tailings**  
abhängig von Erztyp, ursprünglicher Aufbereitung und Standortspezifika

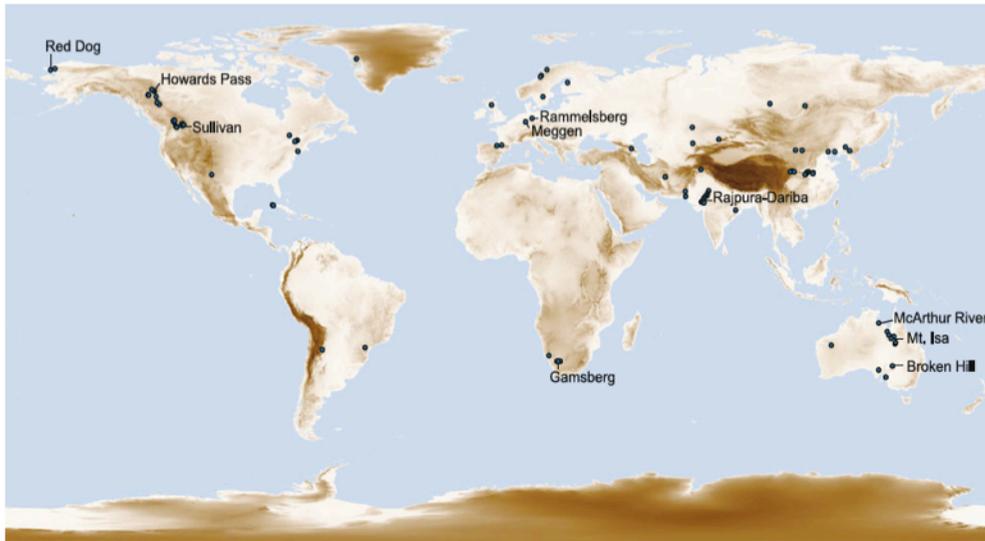
- Lagerstättencharakteristika (Größe & Lage)
- Art der Tailings (Halde/Absetzbecken; nass/trocken)
- Bestand an wirtschaftlich relevanten Rohstoffen
- Gehalte der Metallrohstoffe, Industriemineralen, Baustoffe, etc.
- Korngrößen und Verwachsungsgrad
- Infrastruktur (Zugänglichkeit, Wasser-, Stromversorgung)
- Umweltaspekte und Langzeitstabilität der Tailings
- Art der Aufbereitungsverfahren
- Rechtsgrundlage im jeweiligen Land
- Politische Stabilität

*Weltweiter Zuwachs an Tailings  
jährlich 20 Mrd. t*



Tailings des Rammelsberges: Potential und Herausforderungen

## Transfermöglichkeiten am Beispiel sedimentär-gebundener Massivsulfidlagerstätten



Weltkarte wichtiger SEDEX-Lagerstätten. Nach: World Minerals Project, Geological Survey of Canada (Quelle: Neukirchen & Ries, 2014).

- > 50% der bekannten Reserven an Blei und Zink sowie bedeutende Mengen an Silber
  - Weltweit über 250 Lagerstätten mit Tailings
- Anpassung der Abbaustrategien, Prozessrouten und Verwertbarkeit der sekundären Rohstoffe nötig



Red Dog Tailings  
(Quelle: <http://www.groundtruthtrekking.org>)



Broken Hill Tailings  
(Quelle: <http://thoughtfactory.com.au>)

Tailings des Rammelsberges: Potential und Herausforderungen

# Weiterentwicklung in weltweiten Projekten

- Grundlagenforschung an identifizierten besonderen Herausforderungen,
  - insbesondere Feinstkorn-Flotation und
  - Kombination von chemischer Laugung mit Bioleaching

## EU-weites ETN Netzwerk zur Nutzbarmachung von Tailings EU-Flaggschiff-Grundlagenforschungsprojekt SULTAN





# Zusammenfassung

## Potentiale

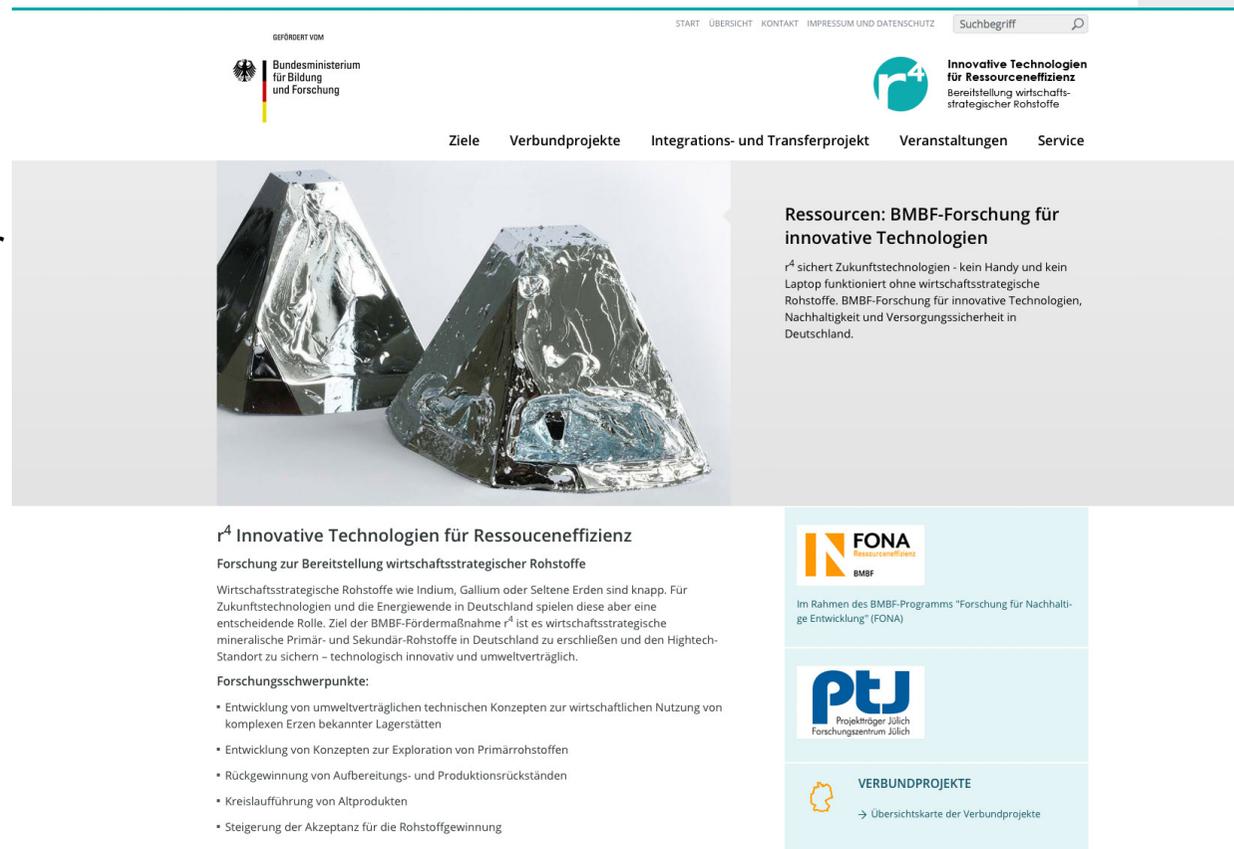
- Rohstoffgewinnung bes. wirtschaftsstrategischer Rohstoffe und Mineralik
- Reduzierung der klimaschädlichen Treibhausgasemissionen bei der Rohstoffbereitstellung
- Arbeitsplätze, ggf. Neugründungen im Dienstleistungs-/Rohstoffbereich
- Rückbau einer Altablagerung: Wegfall des Monitorings, Risikovorsorge, Wiederherstellung des Landschaftsbildes

## Herausforderungen

- Behandlung/Nutzung der Mineralikfraktion
- Wirtschaftlichkeit
- Entsorgung der Rammelsbergwässer
- Akzeptanz der Bevölkerung

Die Darstellung der Ziele und Inhalte der r<sup>4</sup>-Fördermaßnahme sowie der insgesamt 40 Verbundvorhaben sind auch im Internet abrufbar unter:

[www.r4-innovation.de](http://www.r4-innovation.de)



GEFÖRDEBT VOM  
 Bundesministerium für Bildung und Forschung

START ÜBERSICHT KONTAKT IMPRESSUM UND DATENSCHUTZ Suchbegriff

**r<sup>4</sup> Innovative Technologien für Ressourceneffizienz**  
 Bereitstellung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe

Ziele Verbundprojekte Integrations- und Transferprojekt Veranstaltungen Service

**Ressourcen: BMBF-Forschung für innovative Technologien**  
 r<sup>4</sup> sichert Zukunftstechnologien - kein Handy und kein Laptop funktioniert ohne wirtschaftsstrategische Rohstoffe. BMBF-Forschung für innovative Technologien, Nachhaltigkeit und Versorgungssicherheit in Deutschland.

**r<sup>4</sup> Innovative Technologien für Ressourceneffizienz**  
 Forschung zur Bereitstellung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe  
 Wirtschaftsstrategische Rohstoffe wie Indium, Gallium oder Seltene Erden sind knapp. Für Zukunftstechnologien und die Energiewende in Deutschland spielen diese aber eine entscheidende Rolle. Ziel der BMBF-Fördermaßnahme r<sup>4</sup> ist es wirtschaftsstrategische mineralische Primär- und Sekundär-Rohstoffe in Deutschland zu erschließen und den Hightech-Standort zu sichern - technologisch innovativ und umweltverträglich.

**Forschungsschwerpunkte:**

- Entwicklung von umweltverträglichen technischen Konzepten zur wirtschaftlichen Nutzung von komplexen Erzen bekannter Lagerstätten
- Entwicklung von Konzepten zur Exploration von Primärrohstoffen
- Rückgewinnung von Aufbereitungs- und Produktionsrückständen
- Kreislaufführung von Altprodukten
- Steigerung der Akzeptanz für die Rohstoffgewinnung

**FONA**  
 Forschung für Nachhaltige Entwicklung  
 BMBF  
 Im Rahmen des BMBF-Programms "Forschung für Nachhaltige Entwicklung" (FONA)

**PTJ**  
 Projektträger Jülich  
 Forschungszentrum Jülich

**VERBUNDPROJEKTE**  
 → Übersichtskarte der Verbundprojekte