

CUTEC

Informationen
Ressourcen
Energie

Chancen für den Harz



Bergbauliche Rückstände: REWITA, Rückgewinnung von Rohstoffen aus den Bergeteichen am Bollrich

Dr. Torsten Zeller

Abteilungsleiter Ressourcentechnik

Clausthal-Zellerfeld, 28. September 2016

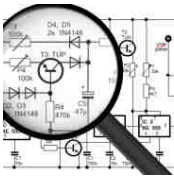
GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Einführung



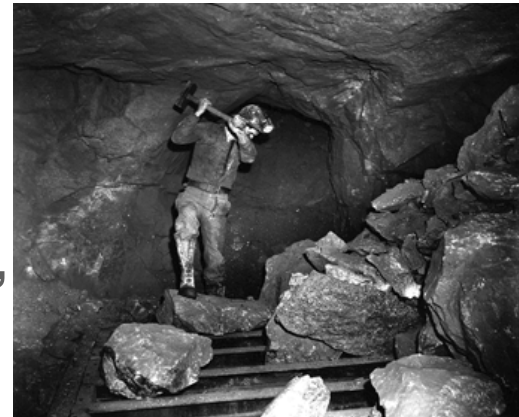
Projekt REWITA



Ausblick

Genese Bergbaulicher Rückstände

Über tausend Jahre Blei-, Kupfer-, Zink-, Eisen- und Silberbergbau



Bergbau → Bergehalden



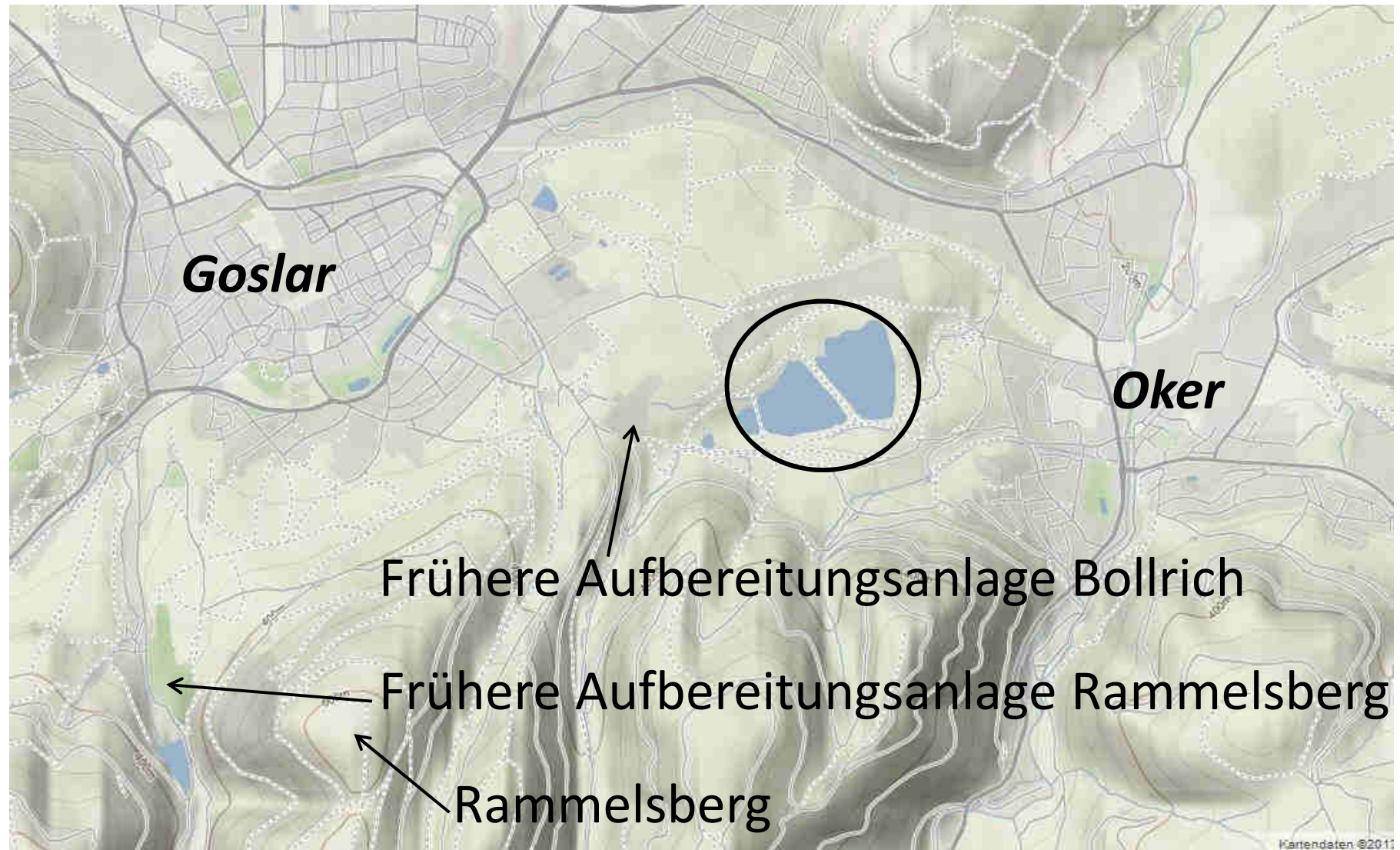
Aufbereitung → Aufbereitungshalden



Verhüttung → Verhüttungshalden



Fotos: <http://uncrunched.files.wordpress.com>
<http://www.geschichtsatlas.de>
<http://www.miningartifacts.org>



*Aufbereitung
Rammelsberger
Erze*



Erzkonzentrat

*Bergbauliche
Rückstände:*

- *7 Mio. t Aufbereitungsabgänge (Stand 1984; Stilllegung des Bergwerks Rammelsberg 1988).*
- *Betrieblich ermittelter Inhalt beträgt 2,5 Mio. t Metallsulfide (Pb, Cu, Zn, Fe) und 2 Mio. t Schwerspat ($BaSO_4$)*

Quelle: Ingrid Woltemate (1988): Beurteilung der geochemischen und sedimentpetrographischen Aussagefähigkeit von Bohrproben aus Flotationsabgängen in zwei Absitzbecken des Erzbergwerks Rammelsberg [Dissertation], Clausthal-Zellerfeld

Projektziel

- Offene Tailings der Buntmetallerzaufbereitung des Rammelsberges bei Goslar sind eine hochinteressante anthropogene Lagerstätte mit einem Wertstoffpotential (Abschätzungen)
 - Indium: etwa 100 Tonnen
 - Gallium: etwa 180 Tonnen
 - Kobalt: etwa 1.000 Tonnen



Ziel

- Wirtschaftliche Gewinnung der wirtschaftsstrategischen Rohstoffe Indium, Gallium und Kobalt

Projekt REWITA

Recycling bergbaulicher Aufbereitungsrückstände zur Gewinnung wirtschaftsstrategischer Metalle am Beispiel der Tailings am Bollrich in Goslar (REWITA)



BMBF-Förderkennzeichen: 033R



Verbundpartner	
Clausthaler Umwelttechnik-Institut GmbH CUTEC	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	



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Arbeitspakete

- 1 Erfassung der Lagerstättendaten und sonstigen Rahmenbedingungen (**IGMC, STÖBICH, BIG, PDV, IBB**)
- 2 Ermittlung des Stoffbestandes und mineralogischer Aufbau (**IELF**)
- 3 Aufbereitung des Bergeteichmaterials (**IFAD, CUTEC, PPM, HMG**)
- 4 Metallurgische Verfahren zur Darstellung marktfähiger Produkte (**HMG, PPM, IFAD**)
- 5 Entwicklung Abbaukonzept, Standsicherheit (**IBB, IGMC, IFAD, IELF, BIG**)
- 6 Prozessmodellierung und Datenmanagement (**PDV**)
- 7 Ökologie und Ökonomie (**CUTEC**)
- 8 Wirtschaftliche Anschlussfähigkeit (**CUTEC, STÖBICH**)
- 9 Transfer (**CUTEC**)
- 10 Projektleitung (**CUTEC**)

Projektlaufzeit: 1. Mai 2015 bis 30.4.2018

Projekt REWITA

CUTEC

Informationen
Ressourcen
Energie

Probennahme

- Probenahme erfolgte an 10 Stellen von Wasserseite aus (KB01-KB10)
- Weitere Proben könnten „trocken“ durch Bohren auf Dammkrone genommen werden
- Großtechnische Aufbereitung soll in Aufbereitung Bollrich erfolgen (unten links)



Aufbereitung - Bollrich

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

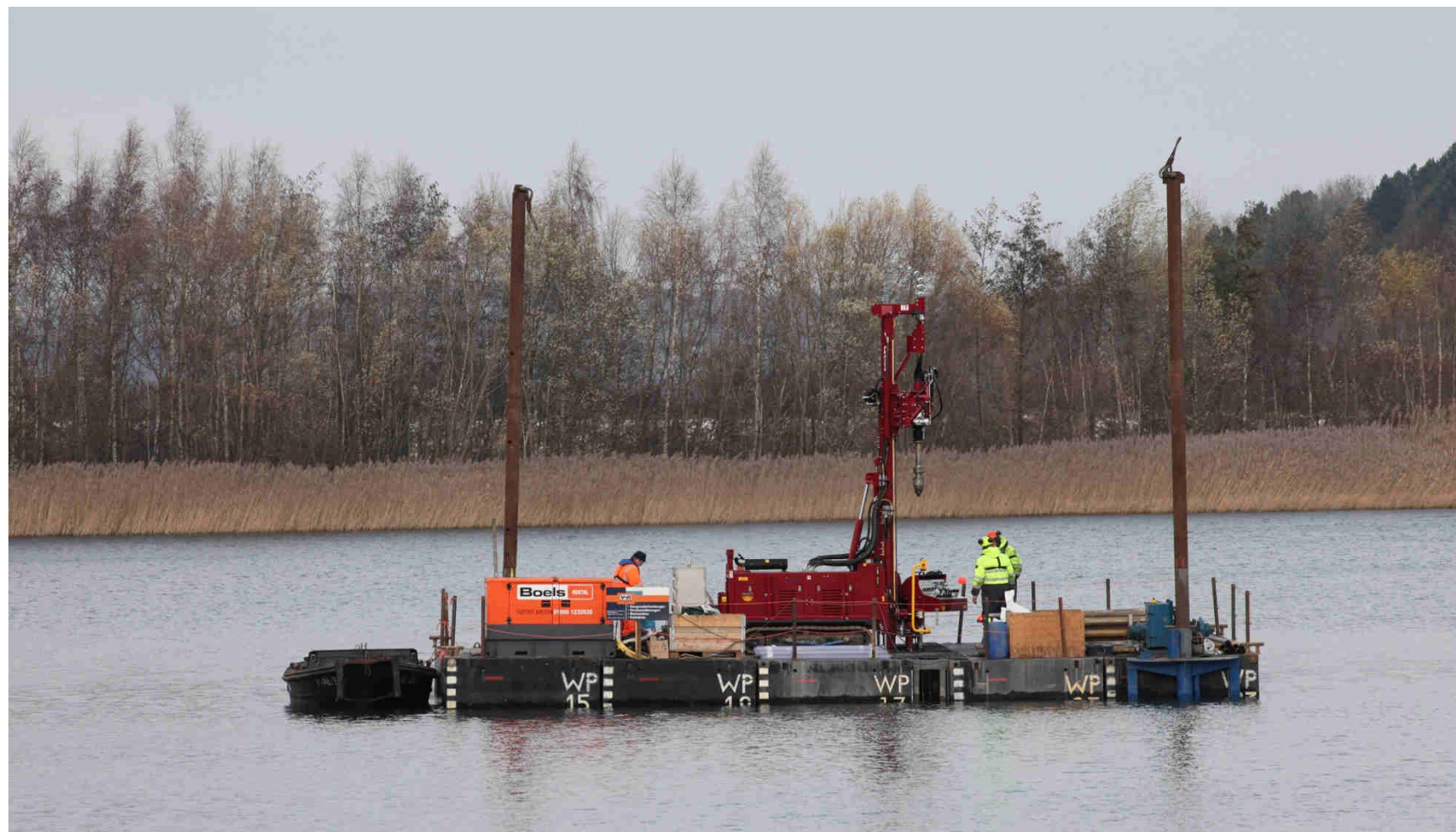


Foto: A. Bertram

Projekt REWITA

Probengewinnung

	Bohrmeter	
KB-01	27,8	m
KB-02	28	m
KB-03	28	m
KB-04	29	m
KB-05	17	m
KB-06	27	m
KB-07	24	m
KB-08	25,3	m
KB-09	21,5	m
KB-10	20,8	m
Summe	248,4	m



Ca. 5 Tonnen
Material in Fässern



Ca. 200 Einzelproben zur Chemischen Analyse



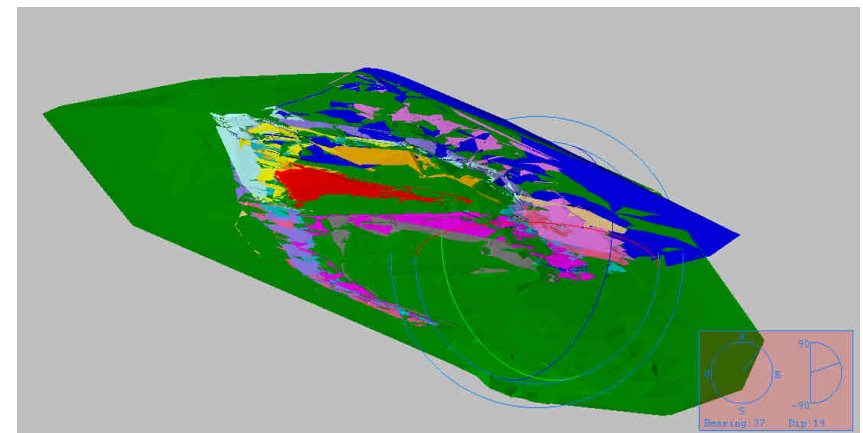
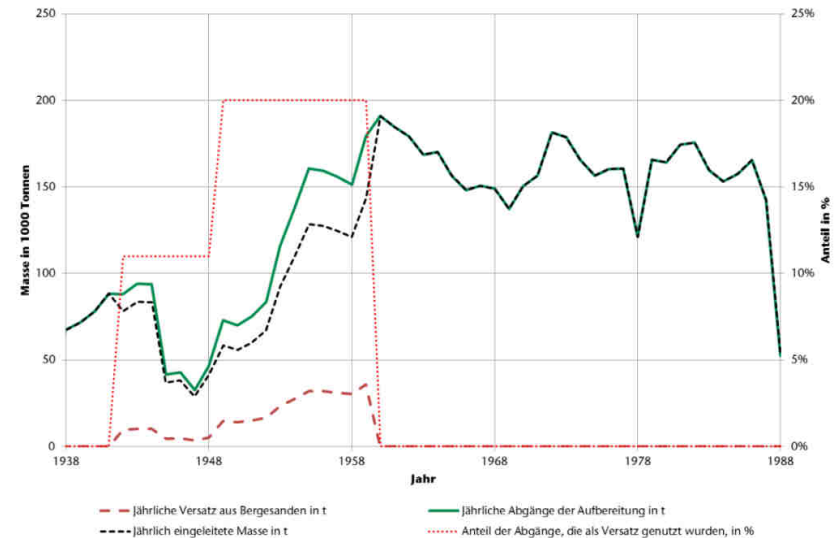
Charakterisierung - Lagerstättenmodell

Erstellung eines Modells des Haldenkörpers aus

- Historischen Daten (Einleitung von Material)
- Geometrische Daten (Höhenprofile, DGM) (1938-1988)
- Aufbereitungsrückständen quantitativ (1938-1988)
- Verfahrenstechnik Gewinnung und Aufbereitung (1938-1988)
- Früheren Messungen (Dissertation Woltemate)
- Neuen Messdaten (REWITA)

Herausforderungen:

- Kombination der Datensammlungen nicht trivial (z.T. unterschiedliche Geo-Koordinatensysteme, Vermessungspunkte...)
- Evaluierung der alten Daten
- Auffinden/Sammlung der alten Daten



Daten: IBB, TU Clausthal

Probencharakterisierung

Verwendete Methoden der Charakterisierung:

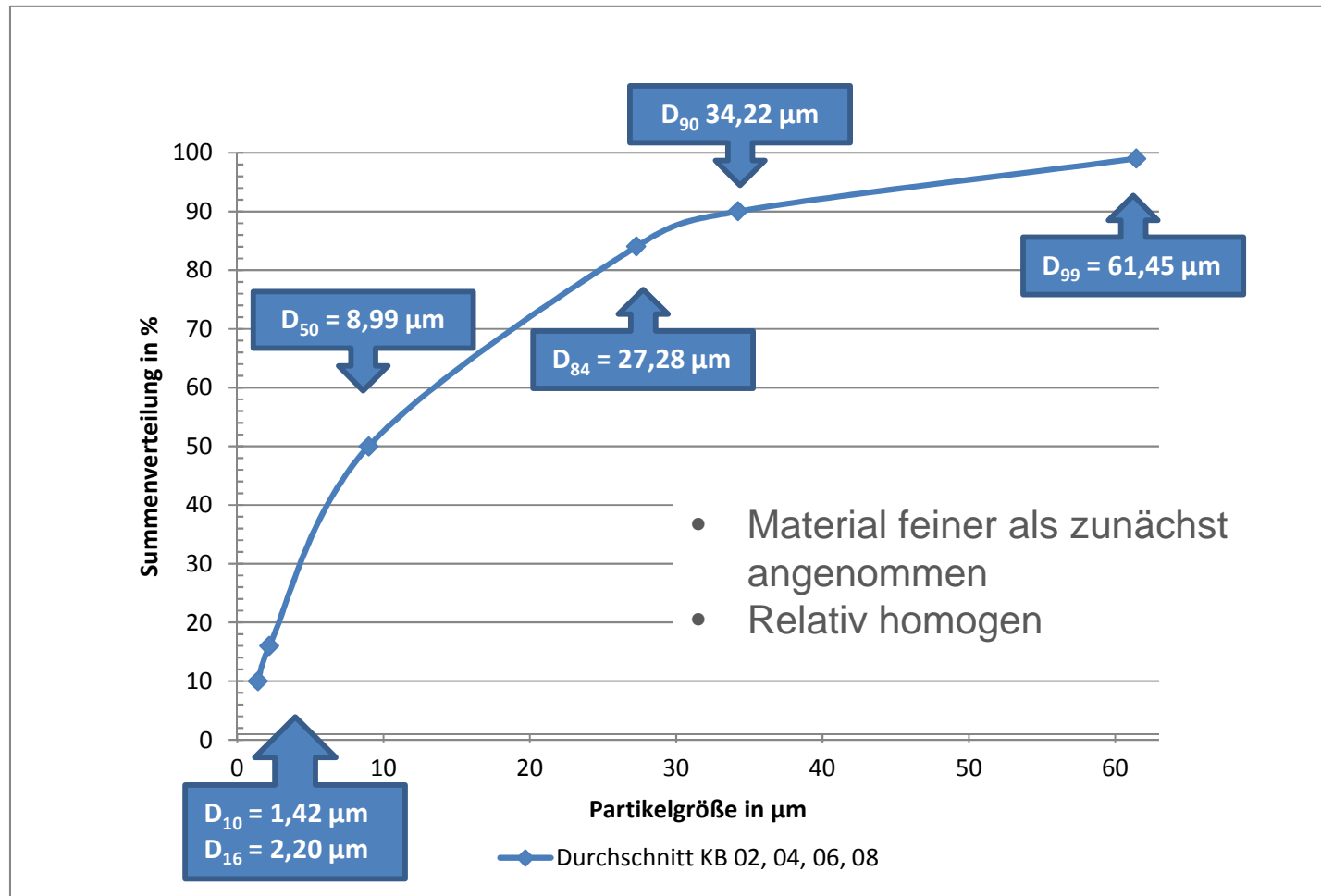
- Korngrößenmessungen/-verteilungen (PGV)
- Röntgendiffraktometrie (RDA)
- Ionenspektroskopie (ICP-OES)
- Mikrosonde (ESMA)
- Wassergehalt
- Auslaugverhalten (Eluate)

Auflösung der Ergebnisse nach Tiefe der Probenahme

- Untersuchung der Anreicherung in bestimmten Tiefen
- Daten für Abbauplanung

Auflösung der Ergebnisse nach Fraktionen/Kornklassen

- Keine ausreichende Anreicherung von Elementen in bestimmten Kornklassen
- BaSO₄ eher im Grobkorn >10µm



Daten: IFAD, TU Clausthal

Charakterisierung – Metallverteilung in Siebschnitten

- Untersuchungen zu Elementgehalten in jeweiliger Fraktion
- Sehr hohes Ausbringen in Fraktion 0-5 µm
- Wenig Wertstoffe in Fraktion > 63 µm

			Al	Co	Cu	Fe	K	Ga	In	Pb	Zn	Ba*	Masse
µm		µm	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
100	-	250	2,76	0,59	1,37	0,47	2,88	1,33	1,24	0,64	1,38	0,14	1,28
63	-	100	9,54	2,71	5,07	2,82	9,91	4,76	4,91	3,93	5,29	1,59	5,69
40	-	63	11,38	7,68	8,78	8,37	11,98	7,25	9,68	10,45	11,09	6,92	11,46
20	-	40	15,17	23,22	16,42	26,21	15,52	15,11	20,17	22,01	21,22	20,16	23,50
15	-	20	9,57	16,10	11,19	16,65	9,25	13,56	11,99	11,10	11,34	16,49	13,48
10	-	15	3,18	4,97	2,97	5,44	3,05	5,30	3,48	2,75	3,13	4,20	4,38
5	-	10	4,23	3,77	2,29	4,12	4,01	6,93	2,70	2,19	2,38	2,55	4,12
0	-	5	44,16	40,97	51,92	35,91	43,40	45,75	45,83	46,92	44,17	47,94	36,09

Daten: IFAD, TU Clausthal

Charakterisierung - Mineralogisch

Bindungsformen

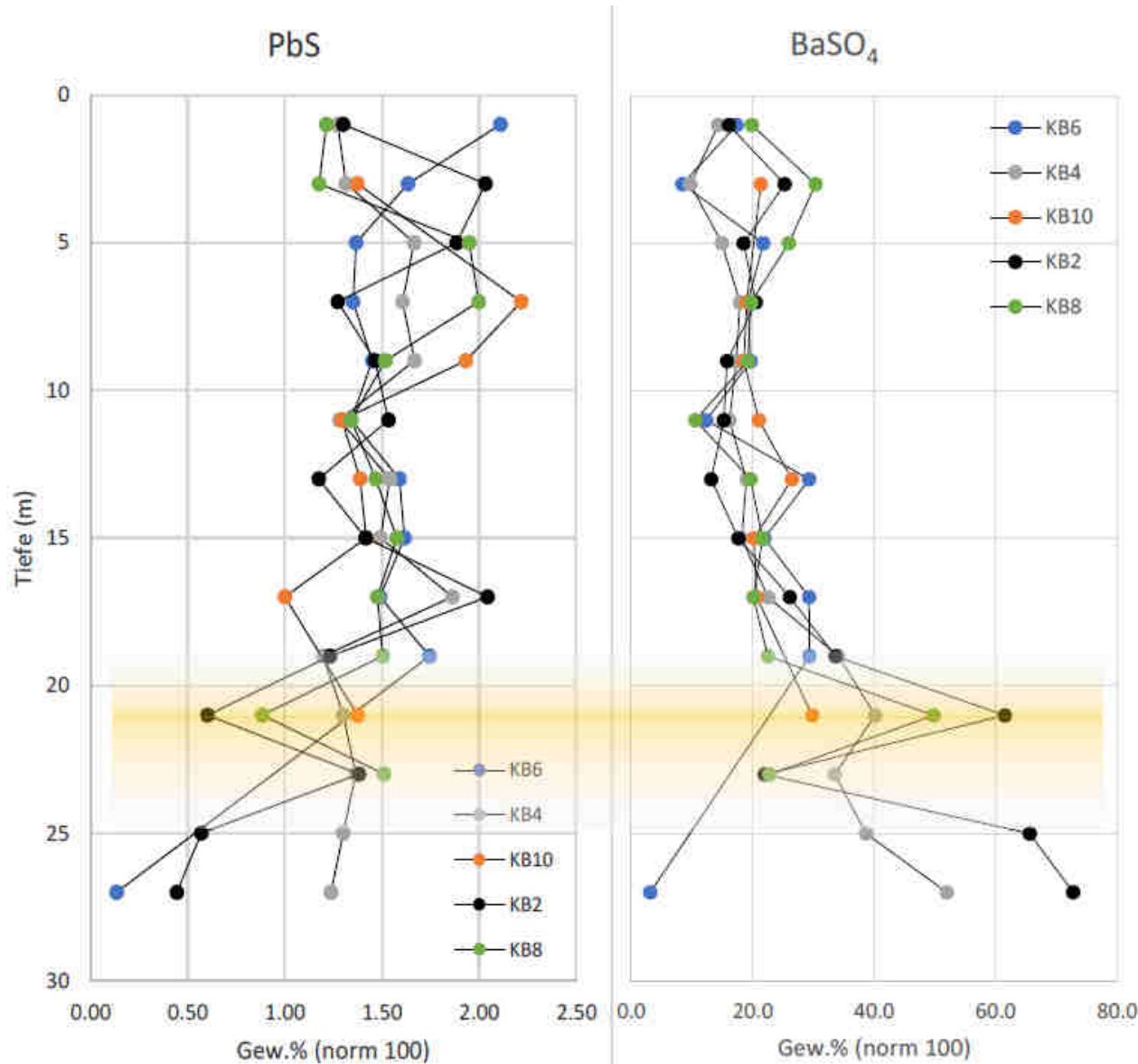
- Silikatisch (Si, Al, K, (Ni, Ga))
- Karbonatisch (Ca, Mg, Fe, Mn)
- Sulfidisch (Cu, Pb, Zn, Fe (As, Cd, Co, In, Tl))
- Sulfatisch (Ba)
- Evtl. Psilomelan o. ä. $(\text{Ba}, \text{H}_2\text{O})_2\text{Mn}_5\text{O}_{10}$ (Korrelation Ba/Mn positiv)

Positive Korrelationen Spurenelemente

- In: Pb ~ Zn > Cu, (aber auch Korrelationen von Zn mit Cu und Pb)
- Ga: Al ~ Si ~ K
- Co: Fe >> Cu >> Pb ~ Zn
- Cd: Zn >> Cu ~ Pb

Mineralverbindungen

- BaSO_4 , Mischkarbonat $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe})\text{CO}_3$, PbS, ZnS, CuFeS_2 , FeS_2
- Quarz, Illit, Chlorit (\pm Wissenbacher Schiefer)
- Ba-Feldspat/ Ba-Hydrosilikate?

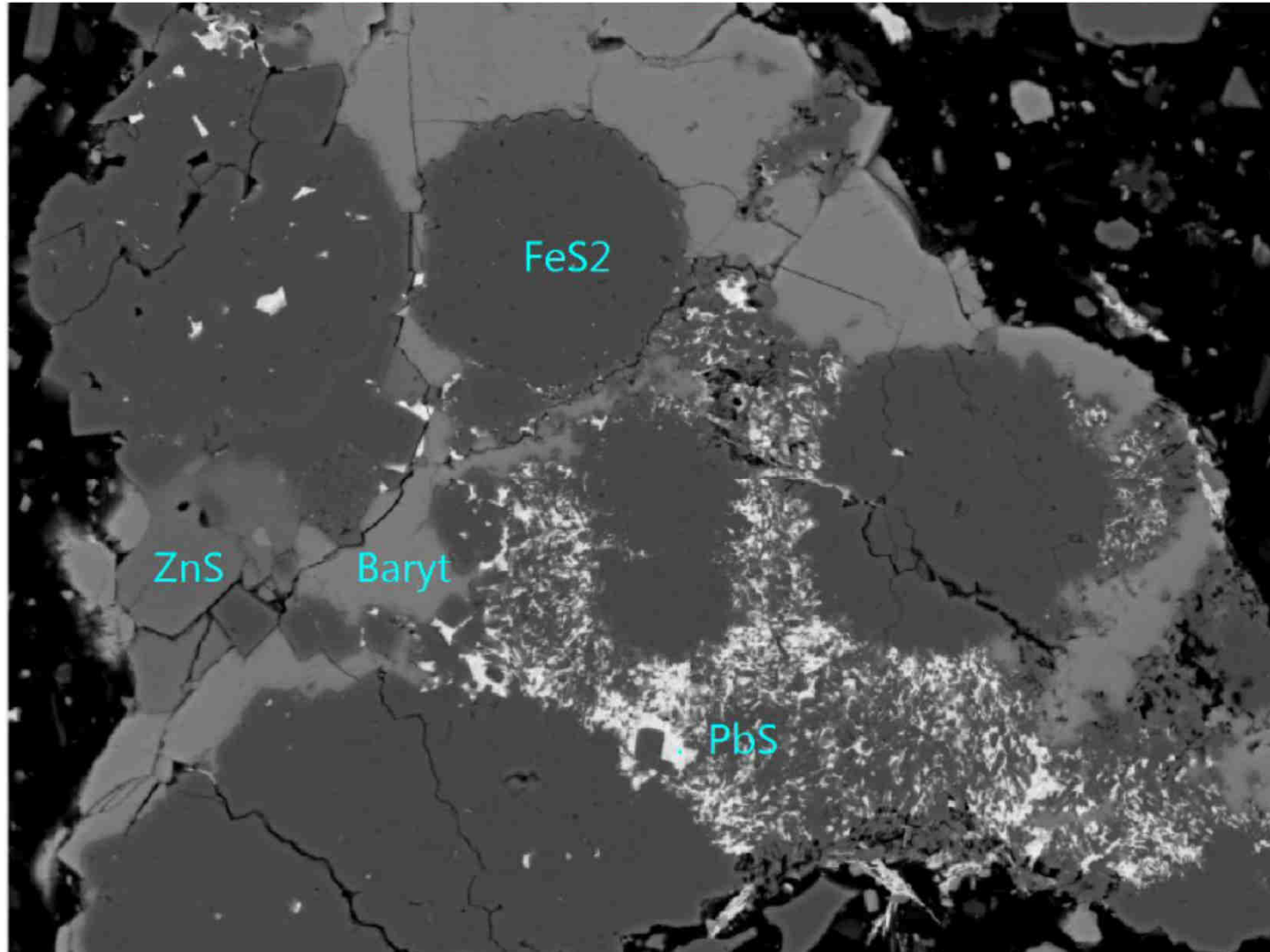


Exemplarisch:
Der PbS-Gehalt ist für die verschiedenen Bohrkerne bei 1-2% anzusiedeln über die gesamte Tiefe.
Der BaSO₄-Gehalt nimmt mit zunehmender Tiefe (wie erwartet) zu. BaSO₄ wurde in der Anfangszeit nicht extra abgetrennt, später jedoch schon.

Daten: IELF, TU Clausthal

Charakterisierung - Gesteinsgefüge

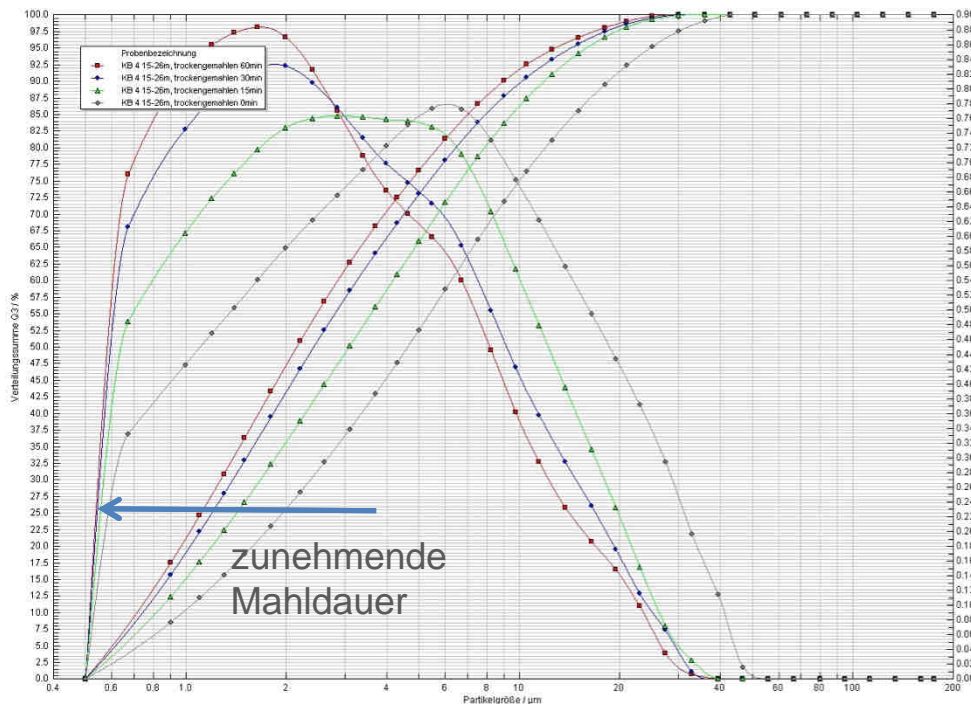
Exemplarisch mit Microsonde; intensive Verwachsungen erschweren Aufbereitung



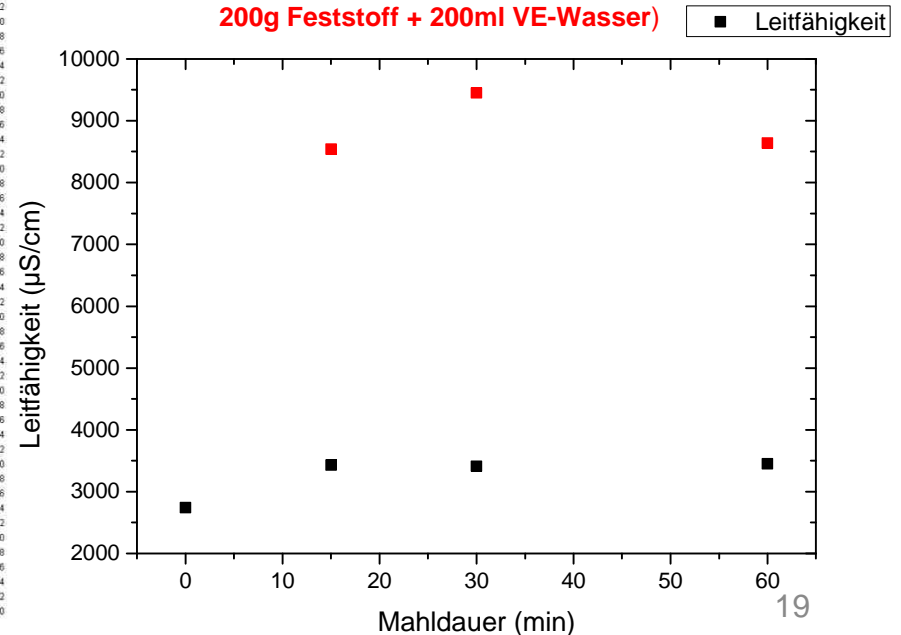
Daten: ESMA, IELF, TU Clausthal

Charakterisierung - Partikelgrößenverteilung

- Trocken- und Nassmahlung (PGV, Eluate)
- Mahlung mit verschiedenen Aggregaten und Einstellungen (Füllmenge, Trübdichte, Mahldauer) -> je länger und mehr desto feiner
- Aufgrund der hohen Feinheit des Ausgangsmaterials ist eine Mahlung als Vorbereitung zur Flotation ungeeignet; hier ist eine gute Homogenisierung mit den Flotationsmitteln ausreichend
- Zur Vorbereitung der Laugung ist Mahlung denkbar, das Auslaugverhalten verbessert sich durch aufgebrochene Verwachsungen



Exzentrerschwingmühle (Trockenmahlung)
je ein Liter trocken gemahlen in ESM, 24h eluiert, Messung in Klarphase
(25g Feststoff + 250ml VE-Wasser;
200g Feststoff + 200ml VE-Wasser)



Untersuchung der Baryt-Flotation

- Durch Optimierung der Sammler, Zusatz an Dispergiermittel, Konditionierzeit sowie Vorbehandlung gutes Ausbringen erreicht (95 %)
- Ohne Klassierung nicht sehr selektiv (bis zu 40% Fehlaustrag der Sulfide)
- Durch Klassierung kann Fehlaustrag auf 20% gedrückt werden

Weitere Optimierung der Sulfid-Flotation

- Bulk-Konzentrat Cu, Pb, Zn als Ziel, da Selektivität für flotative Trennung dieser Elemente zu niedrig ist.
- Beste Ergebnisse mit einer Mischung verschiedener Mittel in Kombination mit CuSO_4 als Beleber im alkalischen Bereich
 - Ca. 75% Cu, Zn Ausbringen sowie 65% Pb. Jedoch auch 28% Ba und 59% Eisen bei einem Massenausbringen von 38%
 - Bisher kein geeignetes Mittel zum Drücken von Fe außer Cyanid gefunden, Buntmetalle werden ebenfalls gedrückt
- Verbesserung der Selektivität (und teilweise Ausbringen) durch Entschlammung

Versuche - Separation

Auftrennen des Ausgangsmaterials mittels Hydrozyklon

- Fraktion $>10\mu\text{m}$: lässt Flotation eher zu
- Fraktion $<10\mu\text{m}$: Feinstanteile behindern Flotation und sorgen für stark erhöhten Fehlaustrag
 - -> Lösungsansatz: Laugung

Mehrstufige Flotation

- Mit Grobgut aus Klassierung wurde ein erster mehrstufiger Versuch durchgeführt
- Zunächst Oxidflotation als erste Stufe,
 - da Oxidation der Sulfide nicht sehr schnell (siehe Oxidationsergebnisse),
 - um mit Baryt eine der großen Bestandteile des Materials abzutrennen,
 - da die Baryt-Flotation eine längere Konditionierzeit sowie höheren Feststoffanteil benötigt.

Ergebnisse (Grobfraktion)

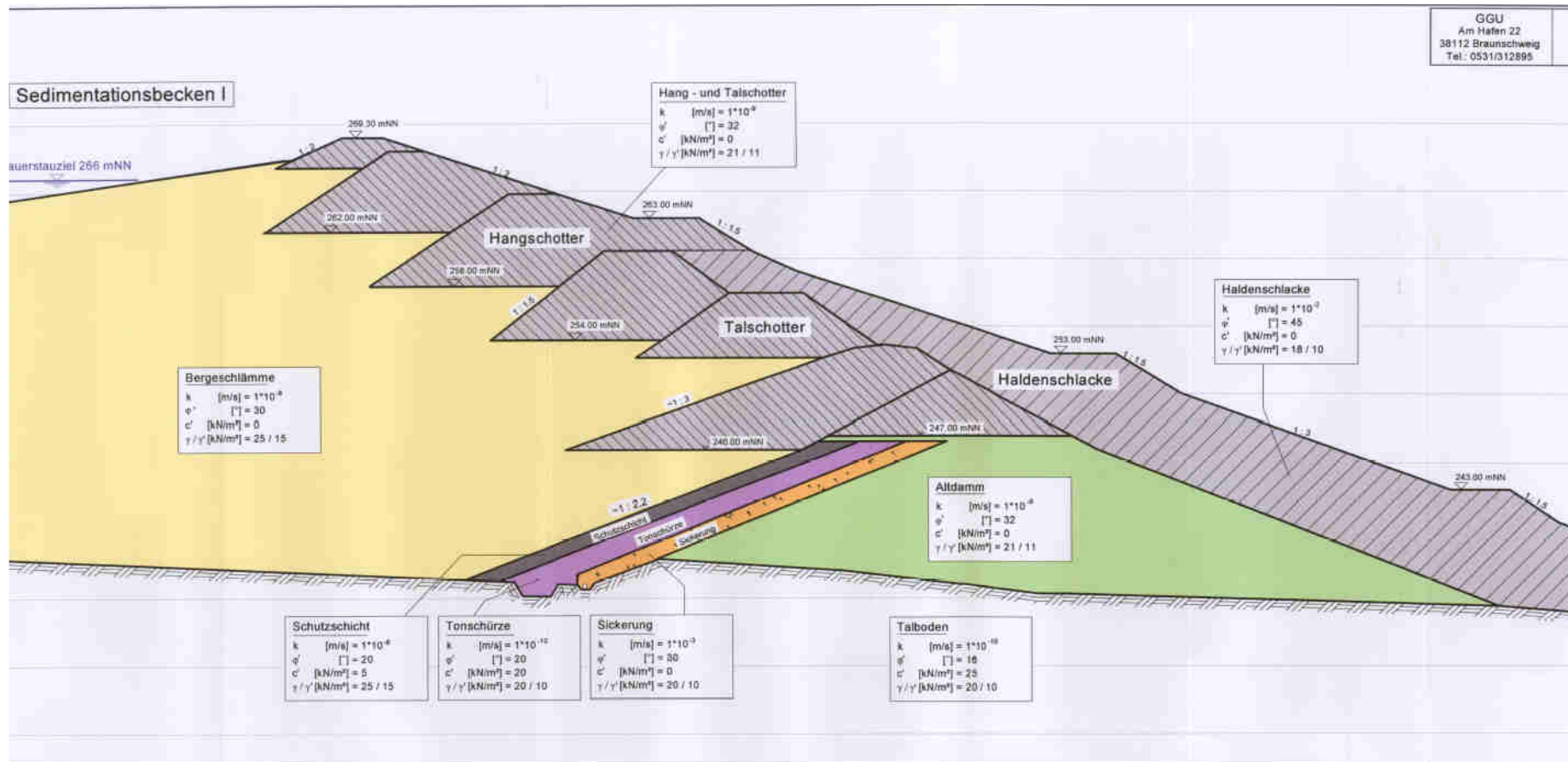
- 80% des Baryts in Barytkonzentrat, 20% Fehlaustrag der Sulfide
- 44 – 65% der Buntmetalle in Buntmetallkonzentrat überführt

Projekt REWITA

Charakterisierung - Haldenkörper

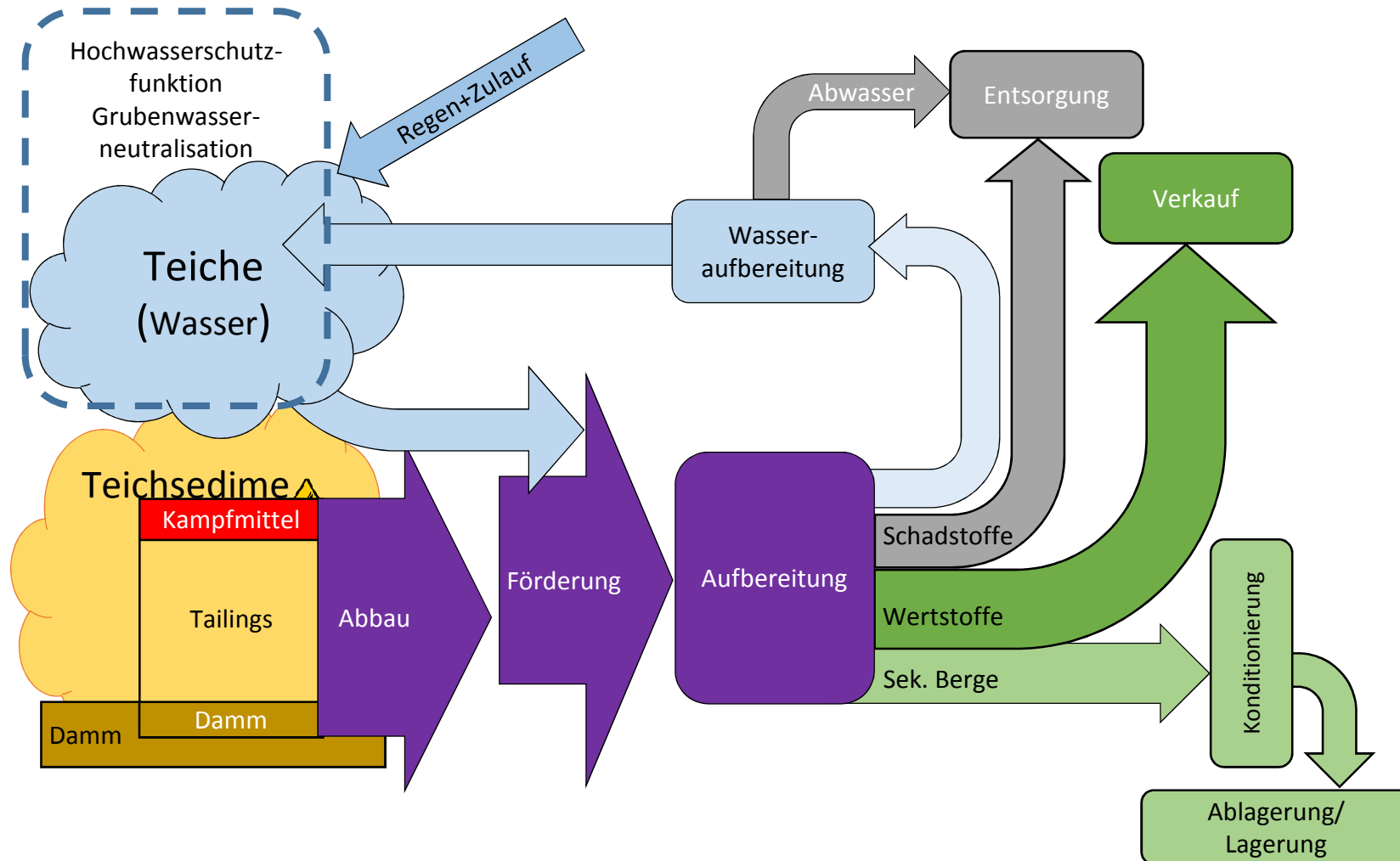
Darstellung des Aufbaus des Haldenkörpers

- Lagerstätte ist Teil des Damms selbst
- Damms wurde mit zunehmendem Zulauf an Material entsprechend erhöht
- Für eventuellen Rückbau steht nicht alles Material der Lagerstätte zur Verfügung um Sicherheit des Dammaufbaus zu gewährleisten



Projekt REWITA

Massenstrom (qualitativ)



Weiteres Vorgehen

- **Optimierung der Flotation**
 - Durch weitere/andere Chemikalien
 - Geschickte Verknüpfung bei mehrstufiger Flotation
 - Entschlammung
- **Up-scaling der Flotation**
 - Herstellung von größeren Mengen an Konzentraten
- **Versuche an Konzentraten und Bergematerial**
 - Laugung (z.B. Drucklaugung) zur weiteren Aufkonzentration
 - „Reinigung“ des Bergematerials
- **Abbauplanung**
 - Inklusive Genehmigungsrecht
 - Zur Gewinnung eines homogenen Materials für die industrielle Aufbereitung
 - Art eines möglichen Rückbaus, sowie Rückführung von Bergematerial
- **Ökologische und ökonomische Betrachtungen** zu den verschiedenen Aspekten des Projektes

Projektpotentiale REWITA

