

Freiberg  
Resource  
Technologies

**FRT**

KOMPETENZCLUSTER FÜR EFFIZIENTE ROHSTOFF-AUFBEREITUNG

# INHALT

## Inhalt

Willkommen in Freiberg	3
Leistungsspektrum	4
Unsere Stärken	5
Infrastruktur	6
Unsere Labore	8
Geobiologische Verfahren	10
Modellierung und Evaluation	12
Projektbeispiel	13
Pilotanlagen	14
Projektbeispiel	16
Aus- und Weiterbildung	17
Starker Verbund	18



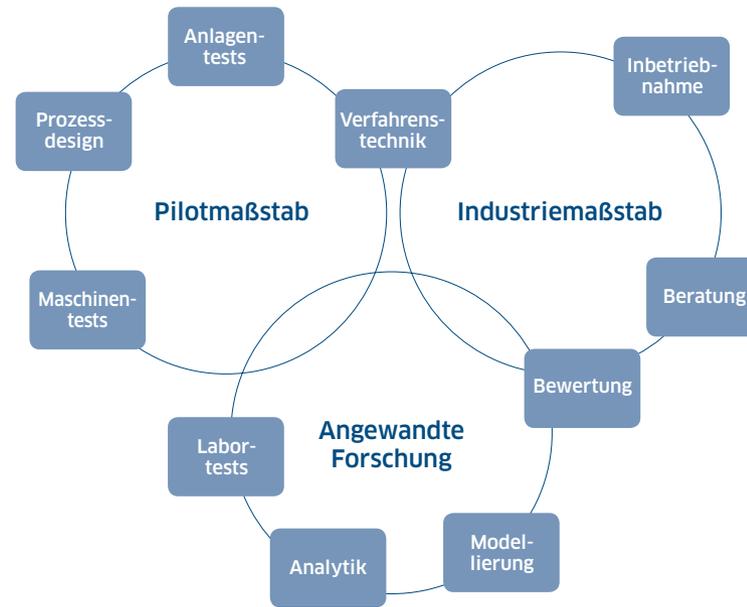
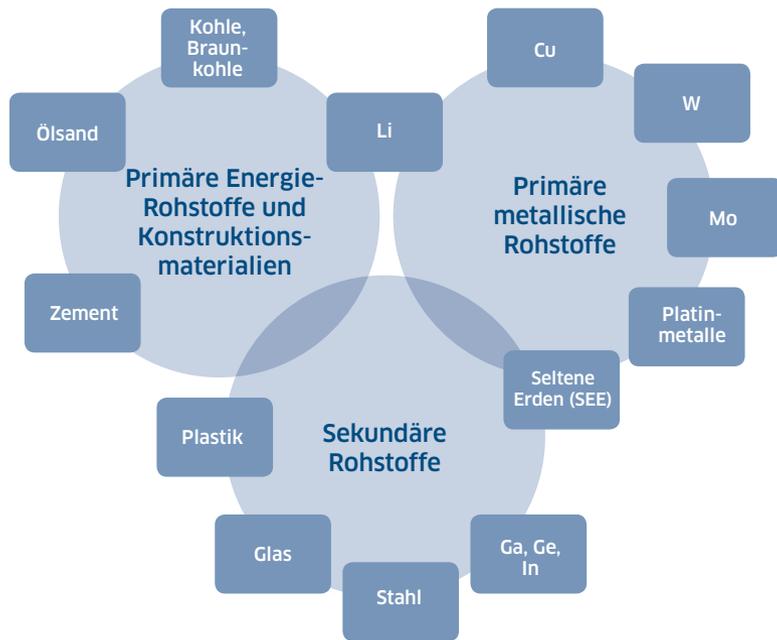


# WILLKOMMEN IN FREIBERG

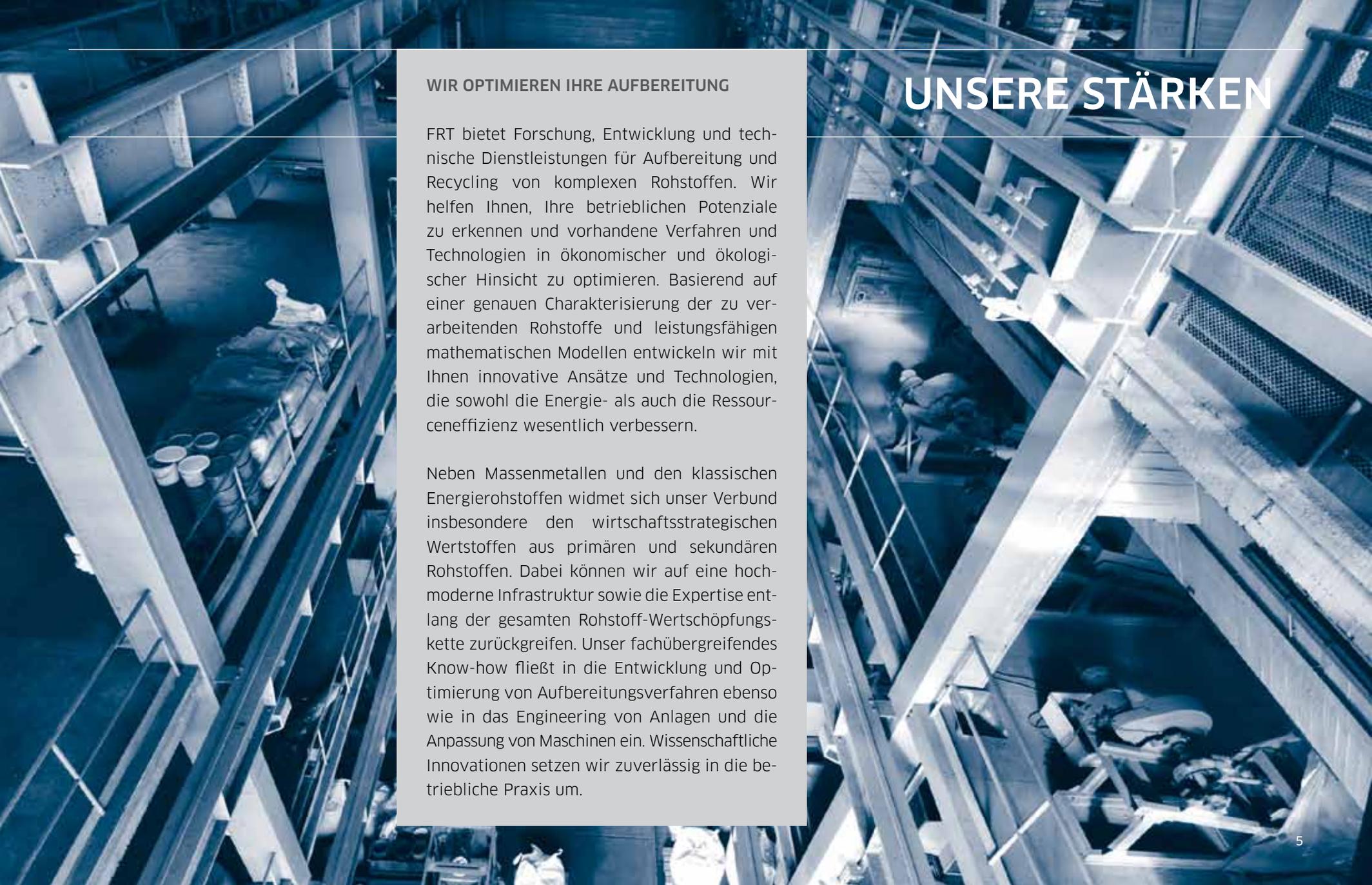
## EINZIGARTIGES KOMPETENZCLUSTER FÜR AUFBEREITUNGSTECHNOLOGIEN

Drei Partner aus Forschung und Industrie – die TU Bergakademie Freiberg, die UVR-FIA GmbH und das Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF) – haben sich zum Verbund Freiberg Resource Technologies, kurz FRT, zusammengeschlossen. Gemeinsam bilden wir ein Kompetenzcluster für die Aufbereitung von komplexen Erzen und Recyclingrohstoffen. Unsere Forschungsinfrastruktur und gebündelte Expertise aus 850 Jahren Bergbautradition sind in Europa einzigartig. Für die Aufbereitungs- und Rohstoffindustrie realisieren wir anwendungsnahe Forschung ebenso wie Grundlagenforschung, bieten umfassende Serviceleistungen und bilden Fachkräfte aus. Nutzen Sie unsere Kompetenz, um Ihre Rohstoffaufbereitung effizienter zu machen.

# LEISTUNGSSPEKTRUM



# IHR NUTZEN



## WIR OPTIMIEREN IHRE AUFBEREITUNG

FRT bietet Forschung, Entwicklung und technische Dienstleistungen für Aufbereitung und Recycling von komplexen Rohstoffen. Wir helfen Ihnen, Ihre betrieblichen Potenziale zu erkennen und vorhandene Verfahren und Technologien in ökonomischer und ökologischer Hinsicht zu optimieren. Basierend auf einer genauen Charakterisierung der zu verarbeitenden Rohstoffe und leistungsfähigen mathematischen Modellen entwickeln wir mit Ihnen innovative Ansätze und Technologien, die sowohl die Energie- als auch die Ressourceneffizienz wesentlich verbessern.

Neben Massenmetallen und den klassischen Energierohstoffen widmet sich unser Verbund insbesondere den wirtschaftsstrategischen Wertstoffen aus primären und sekundären Rohstoffen. Dabei können wir auf eine hochmoderne Infrastruktur sowie die Expertise entlang der gesamten Rohstoff-Wertschöpfungskette zurückgreifen. Unser fachübergreifendes Know-how fließt in die Entwicklung und Optimierung von Aufbereitungsverfahren ebenso wie in das Engineering von Anlagen und die Anpassung von Maschinen ein. Wissenschaftliche Innovationen setzen wir zuverlässig in die betriebliche Praxis um.

# UNSERE STÄRKEN

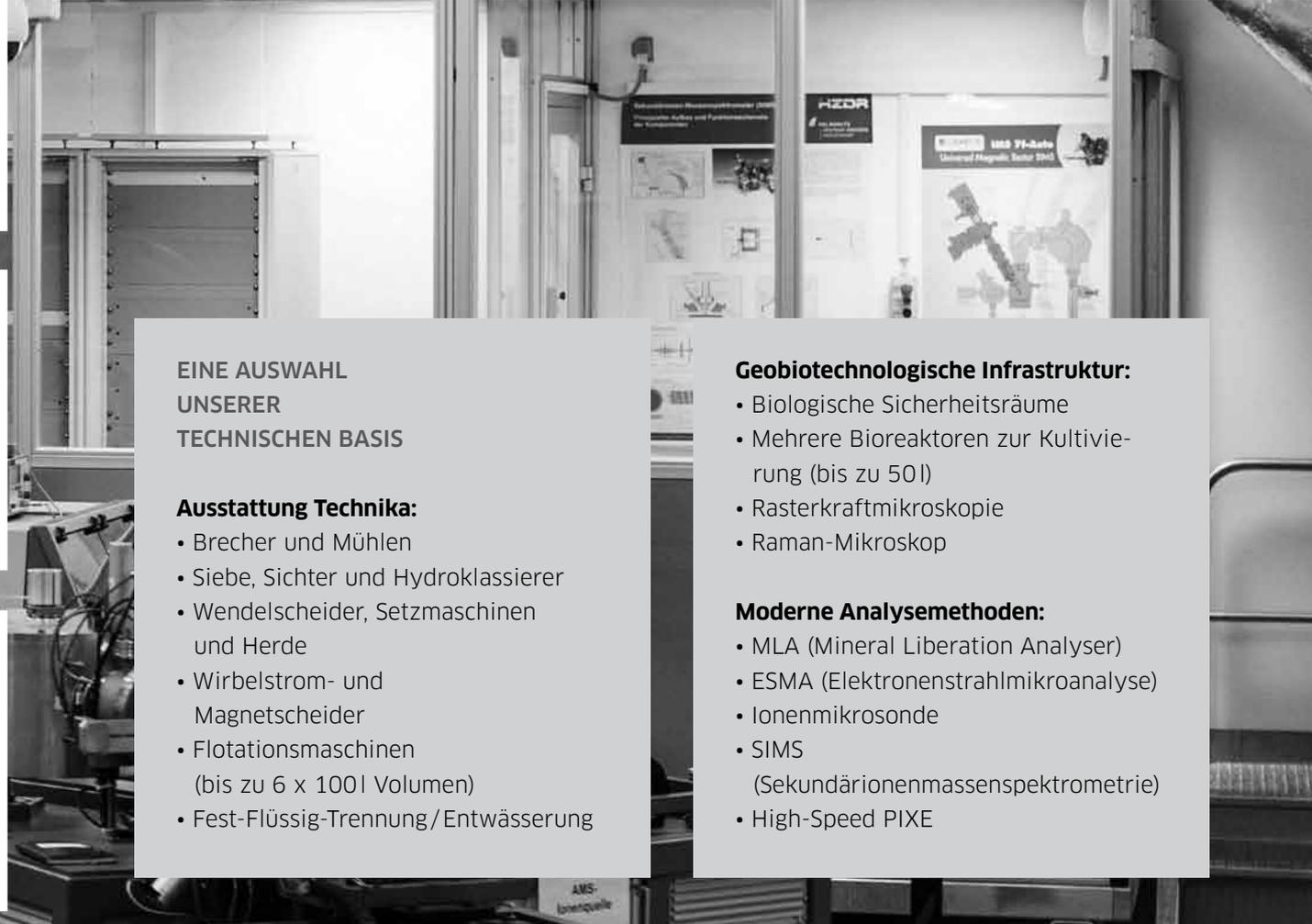
# INFRASTRUKTUR

## BESTE VORAUSSETZUNGEN FÜR FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

In unseren Einrichtungen sowie im Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR), zu dem das HIF gehört, steht eine Infrastruktur zur Verfügung, die in vieler Hinsicht einzigartig ist. So können wir in der Ressourcenanalyse die neuesten Standards ebenso bedienen wie alle herkömmlichen Verfahren. Dazu zählen insbesondere hochspezialisierte Analyseverfahren mittels Röntgen-, Ionen- oder Elektronenstrahlen. Unsere Labore und technischen Anlagen decken das gesamte Spektrum von Anwendungen zur Charakterisierung und Aufbereitung von Rohstoffen ab. Sie sind sowohl für grundlegende als auch für angewandte Forschungen ausgelegt. Mit dieser Ausstattung können wir völlig neuartige Analyse- und Aufbereitungsverfahren entwickeln. Wir sind außerdem in der Lage, Prozesse im Labor- und Technikumsmaßstab zu testen, um geeignete Aufbereitungsstrategien für den Industriemaßstab zu definieren.



# INFRASTRUKTUR



## EINE AUSWAHL UNSERER TECHNISCHEN BASIS

### **Ausstattung Technika:**

- Brecher und Mühlen
- Siebe, Sichter und Hydroklassierer
- Wendelscheider, Setzmaschinen und Herde
- Wirbelstrom- und Magnetscheider
- Flotationsmaschinen (bis zu 6 x 100l Volumen)
- Fest-Flüssig-Trennung/Entwässerung

### **Geobiotechnologische Infrastruktur:**

- Biologische Sicherheitsräume
- Mehrere Bioreaktoren zur Kultivierung (bis zu 50l)
- Rasterkraftmikroskopie
- Raman-Mikroskop

### **Moderne Analysemethoden:**

- MLA (Mineral Liberation Analyser)
- ESMA (Elektronenstrahlmikroanalyse)
- Ionenmikrosonde
- SIMS (Sekundärionenmassenspektrometrie)
- High-Speed PIXE

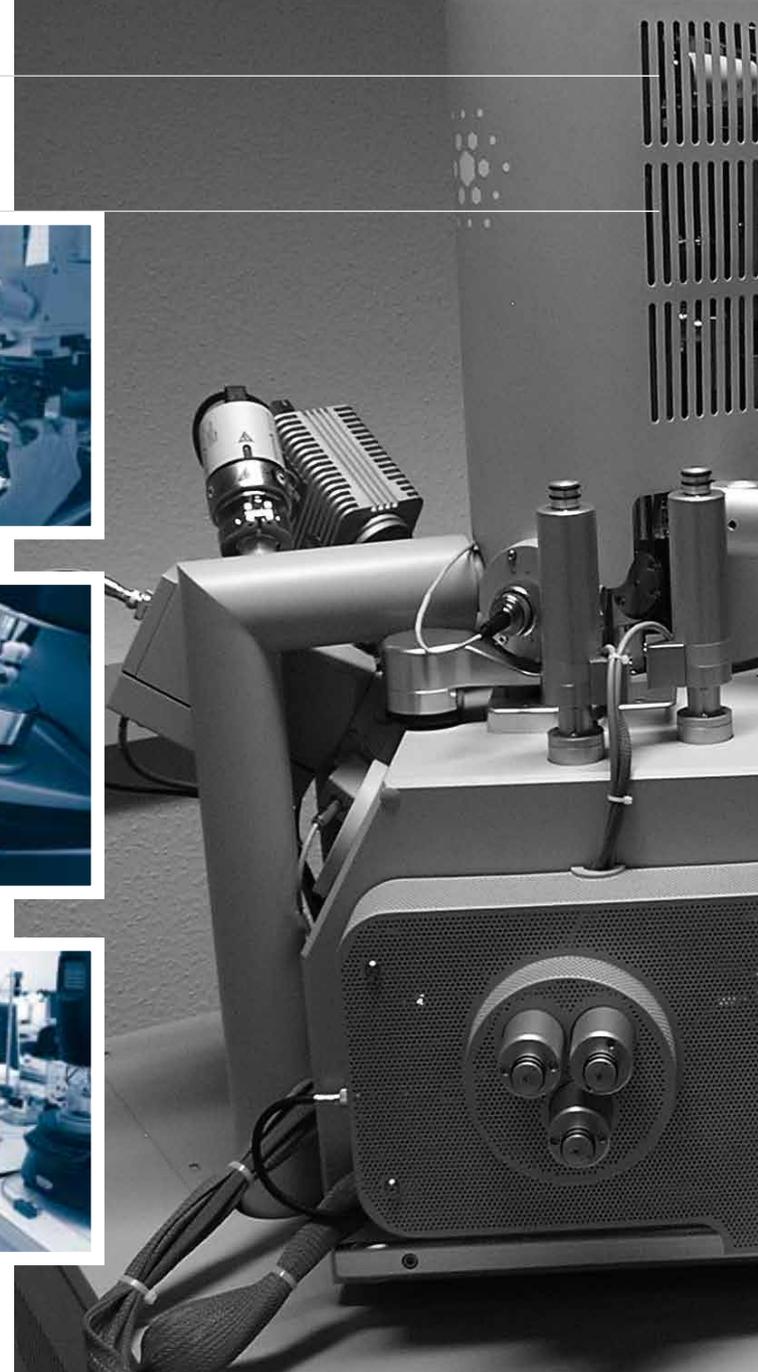
# UNSERE LABORE

## MEHR EFFIZIENZ DURCH INNOVATIVE TECHNOLOGIEN UND OPTIMIERTE PROZESSE

In unseren Laboren untersuchen und bestimmen wir die physikalischen und chemischen Eigenschaften von Erzen und Sekundärrohstoffen. Durch neue analytische Verfahren gepaart mit einzigartiger Methodenkompetenz lässt sich die Wirtschaftlichkeit der Aufbereitung deutlich erhöhen.

Die erstklassige Ausstattung unserer Labore ermöglicht Untersuchungen und Analysen von Partikeleigenschaften und wichtigen physikalischen Kenngrößen. Alle industriell genutzten Trennprozesse können im Labormaßstab nachgestellt und auf ihre Wirksamkeit untersucht werden.

Unsere Ausstattung zur quantitativen Charakterisierung von Rohstoffen ist weltweit einmalig. So stehen uns drei Mineral Liberation Analyzer (MLA) zur Verfügung. Wir besitzen die Kompetenz, MLA-Verfahren für die Forschung und für Industriepartner anzuwenden. Die Elektronenstrahl- und Ionenstrahlanalytik ermöglicht einzigartige Einblicke in die Zusammensetzung von Rohstoffen.



# UNSERE LABORE



## UNSEREN LABORE SIND EINGERICHTET FÜR

- Zerkleinerung bis in den Submikrometerbereich
- Trocken- und Nassklassierung (90 mm bis 2  $\mu\text{m}$ )
- Analyse von Suspensionen und deren Verarbeitung, z. B. Filtration, Zentrifugation, Flotation, Dispergieren
- Trenntechnologien wie Schaumflotation und Flüssig/Flüssig-Flotation, magnetische, elektrostatische und Dichte-Sortierung, Fest-Flüssig-Trennung und Reinigen von Filterkuchen
- Methoden zur Partikel- und Mengencharakterisierung wie Größen- und Oberflächenanalyse, chemische Analyse sowie Großmechanik und Rheologie

- Mahlbarkeitstests (nach BOND, ZEISEL, HARDGROVE etc.)

## Anwendungsbeispiele

- Selektive Zerkleinerung und Trennung komplexer Rohstoffe
- Entwicklung von Absorptionsmaterialien für Seltene Erden
- Mahlen zum Entschichten von verzinnem Eisenblech oder Kryomahlen von Ölsanden
- Fließverhalten von Schüttgütern, z. B. Vorhersage der Silovibrationen, Messung der Seitenverhältnisse
- Entwicklung von Analyseverfahren zur Charakterisierung von ungewöhnlichen, sehr feinkörnigen und poly-metallischen Erz-Typen

# GEOBIOLOGISCHE VERFAHREN



## NEUE PERSPEKTIVEN IM BIOMINING

Um die Wirtschaftlichkeit bei der Verarbeitung von komplexen und feinkörnigen Rohstoffen zu verbessern, gehen wir ganz neue Wege in der Verfahrenstechnik. Eines unserer Kernforschungsgebiete ist die Aufbereitung mit Hilfe von mikrobiellen Prozessen. Dabei werden Mikroben eingesetzt, um fein verteilte Rohstoffe aus Erzen, Rückständen oder anderen Materialien herauszulösen und anzureichern.

Bioleaching ermöglicht die Extraktion wichtiger Metalle und Industrieminerale unter Verwendung von Bakterien. Das Verfahren wird heute insbesondere für die Gewinnung von Kupfer angewendet. Wir testen herkömmliche, aber auch völlig neue Bakterien und Bakterienstämme für den Einsatz in der biologischen Aufbereitung.

Ein weiterer Forschungsschwerpunkt liegt in der selektiven Extraktion einzelner Wertstoffe aus komplexen Erzen – der sogenannten Biosorption. In unserem Labor werden geeignete Biomoleküle wie Proteine oder DNA „designt“, um sie für die selektive Bindung von Metallen und Seltenen Erdelementen zu nutzen.

# BIOMINING

# GEOBIOLOGISCHE VERFAHREN



## FORSCHUNGEN ZU NEUEN BIOTECHNOLOGIEN

- Biosorption: Entwicklung von Biocomposites zur Konzentration von Metallen
- Biologisch inspirierte Mineralisation: Design der Oberflächenschicht von Proteinen als Substrat für die selektive Mineralisierung
- Bioleaching: Extraktion wirtschaftsstrategischer Metalle unter Verwendung von Bakterien
- Biosensoren: Entwicklung von S-Schicht-Biosensoren zum Nachweis von Metallen
- Funktionalisierung von Oberflächen mit bakteriellen Proteinen
- Bioflotation

# MODELLIERUNG UND EVALUATION

## INNOVATIVE ANSÄTZE UND FUNDIERTE BEWERTUNGEN

Die Verbundpartner sind spezialisiert auf die mathematische und ökonomische Modellierung in den Bereichen Lagerstätten, Erze, Bergbau, Verarbeitung und Recycling. Ziel ist die moderne Gestaltung und Optimierung von Prozessabläufen bei der Rohstoffgewinnung und -verarbeitung, vor allem im Hinblick auf die wirtschaftlichen und ökologischen Effekte. Basierend auf einer exakten Analyse der zu verarbeitenden Materialien liefern wir Ihnen mathematische Modelle für möglichst effiziente Prozesse. So können Sie Ihre Aufbereitungsstrategie schon im Vorfeld an die Rohstoffquelle anpassen. Sie sparen Materialien, Zeit, Energie und unnötige Investitionen.

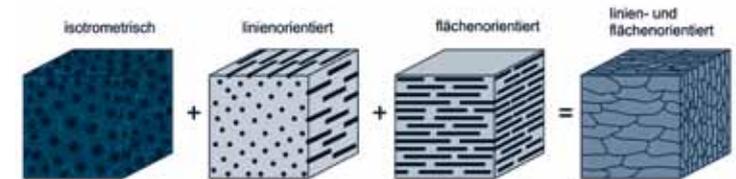
Zu unseren erfolgreichen Projekten zählen unter anderem die mathematische Modellierung von Stahlfiltrationsverfahren, die

wirtschaftliche Bewertung von Seltenerd-Bergbauprojekten sowie Beratungsleistungen für das größte deutsche Konsortium zur Beschaffung mineralischer Rohstoffe. Unsere Kompetenz ist nicht nur in Industrie und Forschung gefragt, sondern darüber hinaus auf Bundes- und EU-Ebene.

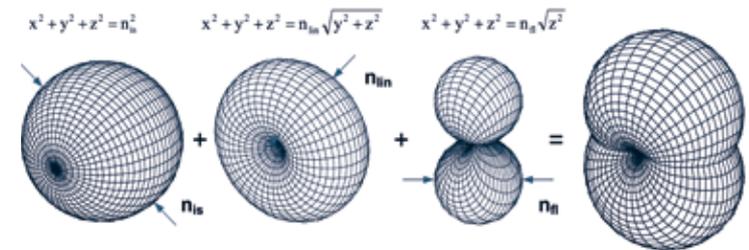
### Breites Leistungsspektrum durch Kombination von Know-how und Technik:

- Geometallurgische Modellierung von Lagerstätten
- Optimierung geometallurgischer Prozessketten
- Prozessmodellierung, z. B. im Bereich Zerkleinerung, Flotation, Bioleaching etc.
- Bewertung von Projekten und Technologien im Hinblick auf Ressourceneffizienz
- Statistische Beratung und Methodenentwicklung

## Addition elementarer Grenzflächensysteme



## Addition der räumlichen Schnittzahlen



## BERATUNG BEI DER ERSCHLIESSUNG EINER SELTENERD-LAGERSTÄTTE

Quest Rare Minerals Ltd. (Quest) ist ein kanadisches Unternehmen, das sich mit der Gewinnung von Rohstoffen vor allem aus der Lagerstätte Strange Lake befasst. Strange Lake, gelegen im Nordosten von Québec, ist eine der größten derzeit bekannten Lagerstätten schwerer Seltener Erden weltweit.

Quest hat uns im Jahr 2013 beauftragt, den für Strange Lake im Rahmen der Machbarkeitsstudie geplanten Aufbereitungsstammbaum zu hinterfragen. Nach Abschluss des Peer Review entwickelten wir umfassende Verbesserungsvorschläge für den Front-End-Prozess einschließlich Erz-Sortierung, Flotation und

Magnetscheidung. Dadurch konnte die Wirtschaftlichkeit des Projektes deutlich erhöht werden.

In einem weiteren Projekt untersuchen wir Aufbereitung, Säureauslaugung und chemische Trennverfahren im vollen Technikumsmaßstab. Dazu entwickeln wir gemeinsam mit Quest eine Pilotanlage, die später weiterhin als Demonstrationsanlage betrieben werden soll.

„Wir sind sehr zufrieden mit den Ergebnissen der Vor-Machbarkeitsstudie. Unsere Berater von FRT haben mit ihren Vorschlägen dazu beigetragen, dass wir eine gesunde Rendite erwarten können. Bei einem derart kapitalintensiven Vorhaben ist das entscheidend.“

Peter Cashin, Präsident und CEO von Quest



# SELTENE ERDEN

# PILOTANLAGEN

## PRAKTISCHE EXPERTISE UND GROSSE KAPAZITÄTEN IN DER AUFBEREITUNGSTECHNIK

Mit unseren großtechnischen Versuchsanlagen sind wir in der Lage, alle gängigen Verfahren für die mechanische Aufbereitung komplexer Erze im Pilot- sowie semiindustriellen Maßstab anzuwenden. Auf einer Fläche von etwa 3.000 Quadratmetern stehen Anlagen zur Zerkleinerung, Klassierung, Sortierung, Mischung, Entwässerung und Filtration zur Verfügung. Materialmengen von bis zu einer Tonne pro Stunde können hier verarbeitet werden.

Unser Technikum bietet Ihnen die Möglichkeit, Ihr Aufbereitungsverfahren bzw. vorhandene Rohstoffe auf einer Pilotanlage oder auch nur im halbtechnischen Maßstab zu testen. Daneben können Sie unsere Aufbereitungsdienste in Anspruch nehmen. Sie ersparen sich Investitionen in die entsprechende Infrastruktur und profitieren zusätzlich von unserem Expertenwissen.



# PILOTANLAGEN



## ANWENDUNGSBEISPIELE

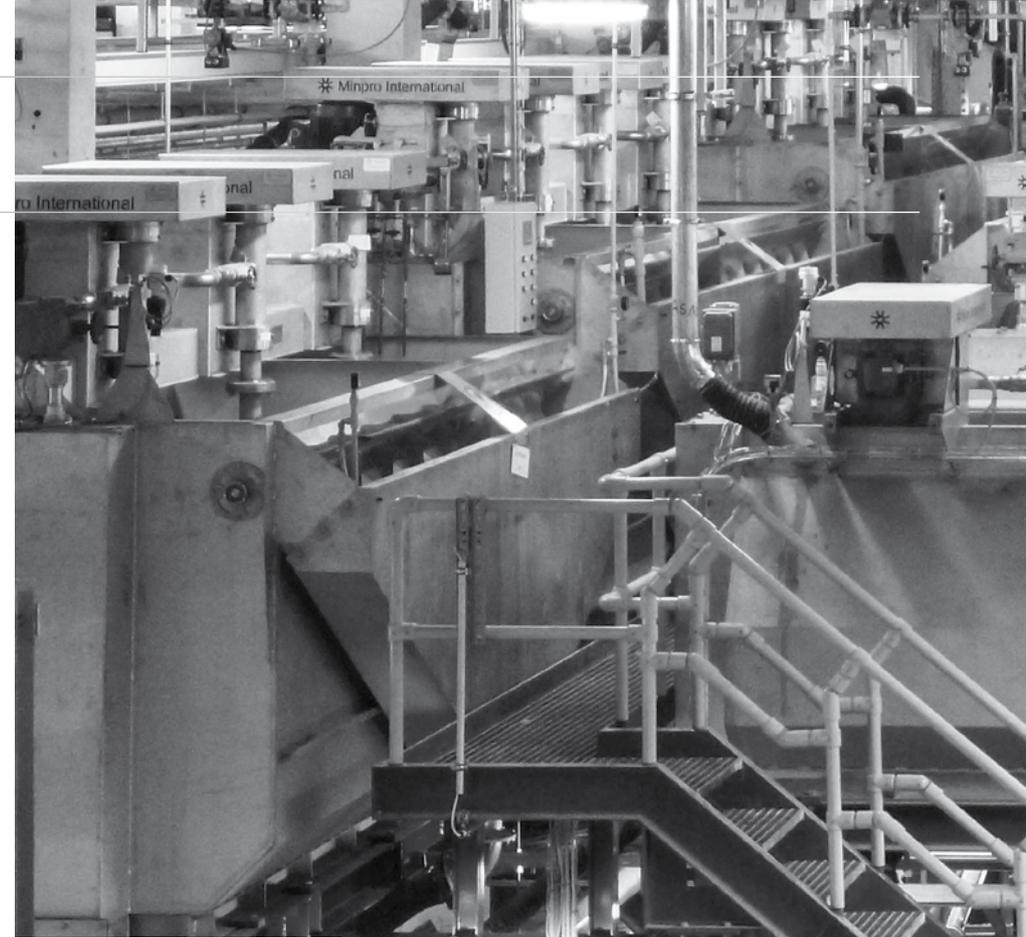
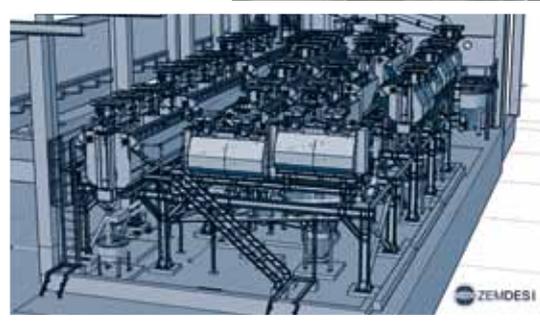
- Zerkleinerungstests, z.B. optimierter Aufschluss von lithiumhaltigem Glimmer
- Flotationstests, z.B. für Sulfide, Oxide, Flussspat und andere komplexe Rohstoffe wie SEE-Erze
- Silo-Design, z.B. Anbackungsverhalten von Glasgemengen im Rohstoffsilo
- Verfahrenskonzepte, z.B. Recycling von Li-Ionen-Batterien und Kohlenstoff-Verbundwerkstoffen, Prozessdesign für SEE
- Mahlkreisläufe, z.B. Gewinnung von Füllstoffen, feinkornarme Mahlung von Erzen

# PROJEKTBEISPIEL

## VERFAHRENSDESIGN UND ANLAGENENTWICKLUNG ZUR AUFBEREITUNG VON FLUSSSPAT

Von 2010 bis 2013 haben wir ein großes Projekt für den Besitzer einer Fluss- und Schwerspatlagerstätte im Erzgebirge/Sachsen realisiert. Basierend sowohl auf Laboruntersuchungen als auch auf Pilottests haben wir das Aufbereitungsverfahren zur Separation von Flussspat, Schwerspat und Sulfiden entwickelt. Auf dieser Grundlage lieferten wir das Basic-Engineering und auch die Auslegung der Anlage. Weiterhin haben wir den Aufbau und die Inbetriebnahme der Anlage unterstützt.

Ein besonderer Schwerpunkt unserer Arbeit an der Aufbereitungsanlage lag im Bereich Flotation. Hier haben wir nicht nur unterschiedliche Reagenzsysteme überprüft und getestet, um einen optimierten Flotationsprozess zu erreichen, sondern auch das Design und Engineering geliefert. Im Ergebnis umfasst der Flotationsprozess eine Sulfid-Flotation, Spat-Flotation, eine Baryt-Reinigungs-Flotation und eine fünfstufige Fluorit-Flotation.



# AUS- UND WEITERBILDUNG



## VERMITTLUNG VON FACH-KOMPETENZEN IM ROHSTOFFSEKTOR

Für eine nachhaltige und globale Rohstoffversorgung sind neue technische und wirtschaftliche Lösungen gefragt. Das bedeutet zukunftssichere Arbeitsplätze für Fachleute in der Aufbereitungs- und Ressourcentechnologie. Freiberg ist einer der international führenden Standorte für die Aus- und Weiterbildung auf diesem Gebiet. Die Kompetenz konzentriert sich nicht nur an der TU Bergakademie Freiberg (TUBAF) und dem Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF). Auch die lokale Wirtschaft bietet vielfältige Qualifizierungsmöglichkeiten. Die TUBAF steht für eine hervorragende akademische Ausbildung in allen gängigen

Studienrichtungen der Aufbereitungs- und Rohstofftechnologie sowie für eine innovative Weiterbildung im Bereich Energierohstoffe. Außerdem werden von den beteiligten TUBAF-Instituten und dem HIF maßgeschneiderte Kurse für die Weiterbildung von Fachkräften angeboten bzw. bedarfsgerecht konzipiert, etwa zu „Grundlagen der Aufbereitungstechnik“ oder „Maschinen der Grob- und Mittelzerkleinerung“. Eine Ausbildung an allen derzeit gängigen Aufbereitungsmaschinen ist bei der UVR-FIA GmbH möglich.

Das Career Center der Bergakademie bietet Studenten Zugang zum Arbeitsmarkt und hilft Unternehmen, die richtige Besetzung für ein Praktikum oder einen Job zu finden.

# STARKER VERBUND

Die Freiberg Resource Technologies gründet auf dem Verbund von drei Partnern, die eine enge Zusammenarbeit verbindet.

[Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie](#)



## Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF)

Das HIF erforscht und entwickelt innovative Ressourcentechnologien für die Wirtschaft. Sie sollen dazu beitragen, mineralische und metallhaltige Rohstoffe effizienter bereitzustellen und zu nutzen sowie umweltfreundlich zu recyceln. Dabei liegt der Fokus auf primären und sekundären ebenso wie auf heimischen und internationalen Rohstoffquellen.

Das 2011 gegründete Institut gehört zum Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) und wird in enger Kooperation mit der TU Bergakademie Freiberg aufgebaut.

## TU Bergakademie Freiberg (TUBAF)

Vier Kernfelder – Geo, Material, Energie und Umwelt – geben der TUBAF ihr unverwechselbares Profil als Ressourcenuniversität. Forschung und Lehre im Bereich der nachhaltigen Stoff- und Energiewirtschaft bewegen sich entlang der gesamten Rohstoff-Wertschöpfungskette. Über 5.000 Studierende werden an der Bergakademie unter anderem in Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau, Maschinenbau sowie Verfahrens- und Energietechnik ausgebildet. Am Verbund FRT sind vor allem das Institut für Mechanische Verfahrens- und Aufbereitungstechnik sowie das Institut für Aufbereitungsmaschinen beteiligt.

## UVR-FIA GmbH

Die UVR-FIA GmbH ist aus dem ehemaligen Forschungsinstitut für Aufbereitung hervorgegangen.

Das Unternehmen verfügt über jahrzehntelange Erfahrung auf dem Gebiet der mechanischen Verfahrenstechnik zur Gewinnung, Veredelung und zum Recycling von Rohstoffen. Aufgabenbezogene Stoffcharakterisierung, experimentelle verfahrenstechnische Untersuchungen mit betriebswirtschaftlicher Bewertung, die Prozessmodellierung und die Erprobung von Verfahren in Pilotanlagen vor ihrer Umsetzung in die betriebliche Praxis bilden die Tätigkeitsschwerpunkte der UVR-FIA GmbH.

# IMPRESSUM

## **HERAUSGEBER**

Der Vorstand des HZDR  
Rektor der TU Bergakademie Freiberg  
Die Geschäftsführer der UVR-FIA GmbH

## **KONTAKT**

contact@freiberg-resource-tech.com  
Telefon: +49 351/260 -4430

## **REDAKTION**

Tina Schulz,  
Presse- und  
Öffentlichkeitsarbeit,  
HIF  
t.schulz@hzdr.de  
Telefon: +49 351/260 -4427

## **GESTALTUNG**

Mario Bends Werbung & Marketing  
MBWM, info@mbwm.de

## **TEXT**

Inge Gerdes, www.igtext.de

## **BILDNACHWEIS**

HZDR: Frank Bierstedt, Oliver Killig  
TU Bergakademie Freiberg:  
Detlev Müller, Mario Köhler,  
Waltraut Rabich, Wolfgang Thieme,  
UVR-FIA GmbH, MBWM

Gedruckt auf MultiArt silk,  
FSC-zertifiziert



## KONTAKT

[www.freiberg-resource-tech.com](http://www.freiberg-resource-tech.com)  
[contact@freiberg-resource-tech.com](mailto:contact@freiberg-resource-tech.com)