

# Innovative Technologien für Ressourceneffizienz

## Forschung zur Bereitstellung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe (r<sup>4</sup>)



Ergebnisse

2015 2016 2017 2018 2019

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



**FONA**  
Ressourceneffizienz

BMBF



**Innovative Technologien  
für Ressourceneffizienz**

Forschung zur Bereitstellung  
wirtschaftsstrategischer Rohstoffe



## SEM<sup>2</sup>

### Selten-Erden-Metallurgie – Fortgeschrittene Methoden für die optimierte Gewinnung und Aufbereitung am Beispiel von Ionenadsorptionstonen

#### Wirtschaftlich und ökologisch

Inhalt des SEM<sup>2</sup>-Projekts ist es, Lagerstätten der Seltenen Erden (SEE) in chemisch verwitterten Lateritböden mit optimierten Extraktions- und Aufbereitungsverfahren elementselektiv, kostengünstig und nachhaltig zu erschließen. Diese SEE-reichen Laterite bestehen hauptsächlich aus dem Tonmineral Kaolinit und weiteren Schichtsilikaten, an welche adsorptiv vor allem Lanthan (La), Cer (Ce), Praseodym (Pr), Neodym (Nd), Samarium (Sm), Terbium (Tb), Dysprosium (Dy) und Yttrium (Y) gebunden sind.

Das vorgeschlagene Verfahren zielt darauf ab, die Wertstoffe ohne Entnahme der Bodenschichten zu laugen, um die negativen Einflüsse auf das Ökosystem signifikant zu reduzieren und auf die Anlage von großflächigen Schlammbecken (Tailings) zu verzichten.

#### Ergebnisse

Die favorisierte bergmännische Lösung basiert einerseits auf der bekannten und bewährten In-Situ-Recovery/In-Situ-Leaching (ISR/ISL)-Technologie für tiefe Lagerstätten und andererseits der gesteuerten Horizontalbohrtechnik für oberflächennahe grabenlose Bauweise.

Die Lagerstätte soll durch ein untertägliches fächerförmiges Bohreretz erschlossen werden. Durch pneumatisches Fracturing mit komprimiertem, inerten Stickstoff in die Laterit-Abfolgen soll der Laugungsprozess in den porösen aber gering-permeablen Tonschichten des Bodens zeitlich und lösungstechnisch infolge der Auflockerung verbessert werden. Nach dem Laugungsprozess wird die Suspension in einem Basisbohrlochsystem erfasst und danach über Tage gepumpt und in Bioreaktoren weiter verarbeitet.

An Proben aus der Lateritlagerstätte im Nordwesten von Madagaskar erfolgten die Laboruntersuchungen.

Mittels einer neu konstruierten Triaxialanlage wurden dazu Druck- und Pulsabfolgen für eine optimale Riss- bzw. Fissurenbildung ermittelt (Abb. 1).



Abb. 1: Nachweis der Risserzeugung durch pneumatisches Fracturing mittels Computertomografie, Quelle: GUB Lauta; GE Sensing und Inspection Technologies Wunstorf

Bei den chemischen Methoden konnten die besten Laugungsergebnisse mit Ammoniumsulfat-Lösungen sowie anschließender Fällung mit Oxalsäure erzielt und eine fast komplette Ausfällung erreicht werden.

Die in diesem Projekt zur Biolaugung untersuchten Laugungsreagenzien, Polyglutaminsäure (PGA) und Zitronensäure, können in Suspensionsansätzen 75 bis 100 % bzw. 25 bis 50 % der adsorbierten SEE freisetzen. Auffällig ist, dass Cer bei keinem der gewählten Versuchsansätze erfolgreich gelaugt werden konnte (Abb. 2).

Als weitere Abtrennungs-Variante für Seltene Erden aus den Leachinglösungen wurden Ionenaustauscher verwendet. Als beste Ionenaustauschervariante mit Leachinglösung auf der Basis von 0,25 m Ammoniumsulfat-Lösung erwies sich der kommerzielle Ionenaustauscher Lewatit MonoPlus S-108.

Ionenaustauscher sind bei der Abtrennung der Seltenen Erden aus den Leachinglösungen ein großer Kostenfaktor. Als Alternativen sind deshalb Biosorbentien auf der Basis nachwachsender Rohstoffe untersucht worden. Bei allen Versuchen erwiesen sich die Biosorbentien auf der Basis von Wasserlinäsen als eine preiswerte Variante mit guter Sorptionskapazität (Abb. 3).

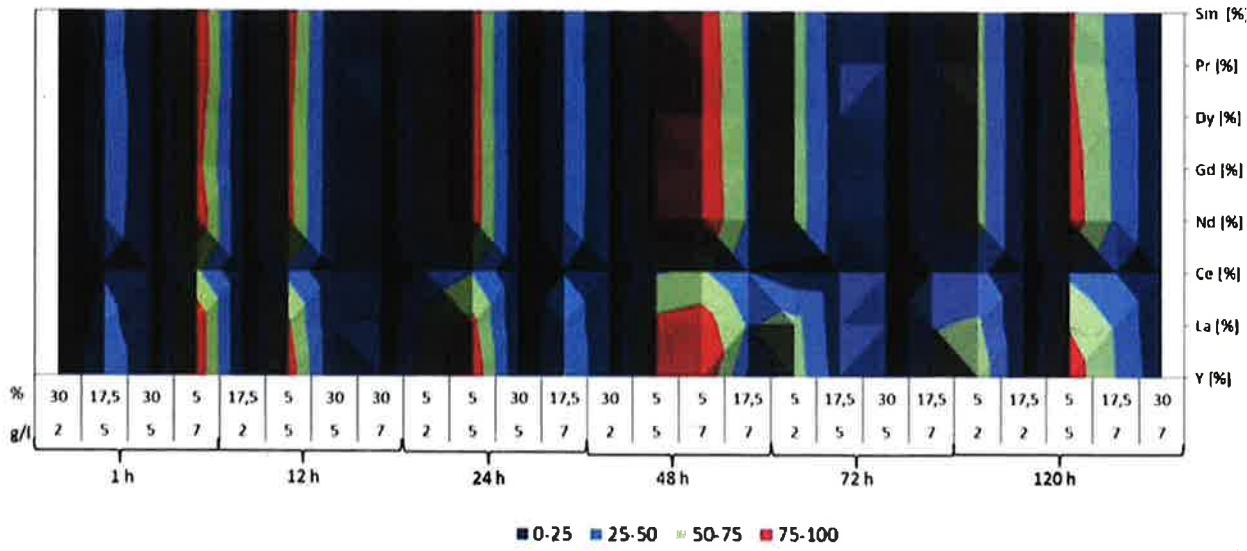


Abb. 2: Ausbeuten an Seltenen Erden durch die Laugung mit Polyglutaminsäure bei 22°C, Quelle: Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie

Weitere Untersuchungen erfolgten zur Etablierung eines auf spezialisierten Hefekulturen basierenden Biosorptionsverfahrens. Im Projektverlauf zeigte sich, dass Hefezellkulturen für spezifische SEE-Trennverfahren eher nicht geeignet sind, da es an den Zellen zu unspezifischen

Unter Anwendung geochemischer und verfahrensschemischer Software (aquaC, TRN) konnten erfolgreich die Prozessschritte der Extraktion aus Tonmaterialien sowie der Aufkonzentrierung bzw. Abtrennung der Seltenen Erden aus den Laugungslösungen simuliert werden.

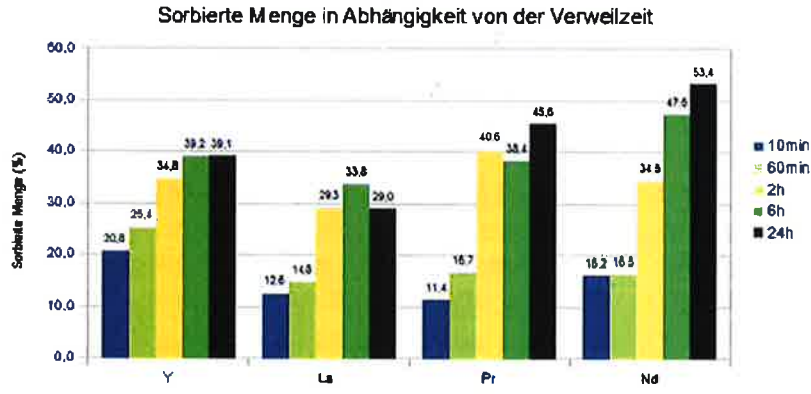


Abb. 3: Einfluss der Verweilzeit auf die Sorptionskapazität am Beispiel für immobilisierte Wasserlinsen, Quelle: GMBU Halle

**Ausblick**  
Die im Labormaßstab entwickelten und experimentell verifizierten Modelle sollen als Grundlage für großtechnische Versuche zur Konkretisierung und Validierung der einzelnen Verfahrensschritte bei der Gewinnung von Seltenen Erden dienen, um die wirtschaftliche und ökologische Bewertung des Gesamtprozesses weiter zu qualifizieren.

Interaktionen mit anderen Metallen kommen kann. Die Immobilisierung der Proteine konnte jedoch über genetisch modifizierte Versionen der Bindepeptide generiert und deren Fähigkeit nachgewiesen werden, Terbium zu binden.

Eine Erweiterung der thermodynamischen Datenbasis erfolgte für die untersuchten Seltenen Erden Eu(III), Tb(III), Cm(III) und Lu(III). Mittels Sensitivitätsanalysen konnten kritische Parameter identifiziert werden, die zur Parameteroptimierung sowie zur Verfahrensbewertung bezüglich Effizienz, Nachhaltigkeit und Ökologie erforderlich sind.

**Kontakt**  
G.U.B. Ingenieur AG  
Katharinenstr. 11  
08056 Zwickau  
Dr. Wilfried Hüls | Tel. +49 375 27175-0  
E-Mail: info@gub-ing.de  
Projektlaufzeit: 01.06.2015 – 31.05.2018  
Weitere Kontaktdaten und Partner: Seite 116

## SE-FLECX

### Projektkoordinator

Helmholtz-Zentrum Dresden-  
Rossendorf  
Helmholtz-Institut Freiberg  
für Ressourcentechnologie  
Abteilung Metallurgie und Recycling  
Chemnitzer Straße 40  
09599 Freiberg  
Prof. Dr. Christiane Scharf  
Tel. +49 351 260 5529  
c.scharf@hzdr.de

### Verbundpartner

BASF SE  
Carl-Bosch-Str. 38  
67063 Ludwigshafen am Rhein  
Dr. Martin Merger  
Tel. +49 621 60-44685  
martin.merger@basf.com

CMI UVK GmbH  
Robert-Bosch-Str. 12  
56410 Montabaur  
Dipl.-Ing. Egon Sehner  
Tel. +49 151 551449-84  
egon.sehner@cmigroupe.com

Technische Universität Bergakademie  
Freiberg  
Akademiestr. 6  
09599 Freiberg  
Dr. Peter Fröhlich  
Tel. +49 3731 39-3663  
peter.froehlich@chemie.tu-freiberg.de

Universität Leipzig  
Ritterstr. 26  
04109 Leipzig  
Prof. Dr. Berthold Kersting  
Tel. +49 341 9736143  
b.kersting@uni-leipzig.de

## SEM<sup>2</sup>

### Projektkoordinator

G.U.B. Ingenieur AG  
Katharinenstr. 11  
08056 Zwickau  
Dr. Wilfried Hüls | Tel. +49 375 27175-0  
E-Mail: info@gub-ing.de

### Verbundpartner

Gesellschaft zur Förderung von  
Medizin-, Bio- und Umwelt-  
Technologien e.V.  
Erich-Neuß-Weg 5  
06120 Halle (Saale)  
Dipl. Chem. Meinolf Stützer  
Tel. +49 345 77796-43  
stuetzer@gmbu.de

Helmholtz-Institut Freiberg für Ressour-  
centechnologie  
Chemnitzer Str. 40  
09599 Freiberg  
Dr. Sabine Kutschke  
Tel. +49 351 260-2151  
s.kutschke@hzdr.de

Helmholtz-Zentrum Dresden -  
Rossendorf  
Bautzner Landstr. 400  
01328 Dresden  
Dr. Vinzens Brendler  
Tel. +49 351 260-2430  
v.brendler@fzd.de

Leibniz-Institut für Pflanzengenetik  
und Kulturpflanzenforschung (IPK)  
Corrensstr. 3  
06466 Gatersleben  
Prof. Dr. Gotthard Kunze  
Tel. +49 39482 5-247  
kunzeg@ipk-gatersleben.de

## SEMAREC

### Projektkoordinator

Technische Universität Clausthal  
Institut für Aufbereitung, Deponie-  
technik und Geomechanik  
Walther-Nernst-Str. 9  
38678 ClausthalZellerfeld  
Tobias Elwert  
Tel. +49 5323 72 2038  
tobias.elwert@tuclausthal.de

### Verbundpartner

Electrocycling GmbH  
Landstraße 91  
38644 Goslar  
Guido Sellin  
Tel. +49 5321 336744  
guido.sellin@electrocycling.de

PPM Pure Metals GmbH  
Hoppenstedter Str. 6  
38835 Osterwieck  
Dr. Ulrich Kammer  
Tel. +49 5326 507-350  
ulrich.kammer@recylex.de