



## REEMAP

Steckbrief der Begleitforschung  $r^4$ -INTRA zur Abschätzung der Verbreitungspotenziale von den Forschungsergebnissen der Primärrohstoff-Verbundprojekte der BMBF Fördermaßnahme  $r^4$ , den Beiträgen zur Senkung der Kosten und der Steigerung der Erfolgsaussichten bei der Exploration sowie den ökologischen Potenzialen

### Projekttitel

Hyperspektralanalyse Seltener Erden

### Koordinatio

Helmholtz-Zentrum Potsdam

Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ - Sektion Fernerkundung

Dr. Christian Rogaß

### Projektpartner

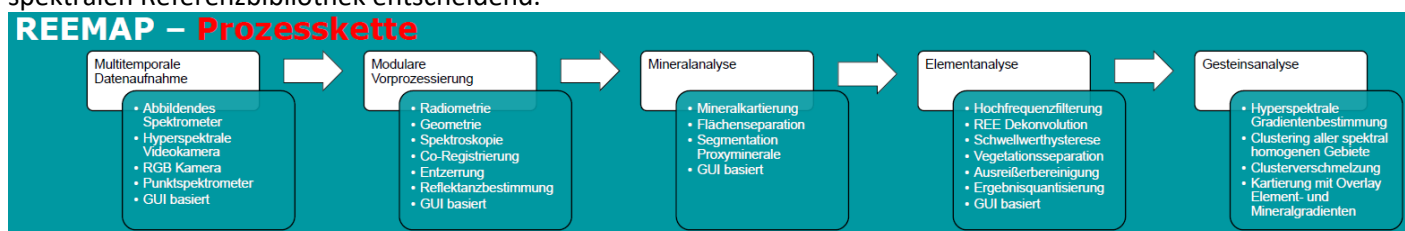
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
- Universität Potsdam, Institut für Erd- und Umweltwissenschaften

### Laufzeit und Fördervolumen

01.06.2015 – 31.12.2018; 1.800.000 € (mit einem hohen institutionellen Beitrag)

### Projektziele (Verfahren / Technologien / Methoden)

Projektziel war die Entwicklung einer hyperspektralen Analyseketten zur verbesserten REE Mineralbestimmung und Kartierung, zur Veranschaulichung der räumlichen Verteilungsmuster sowie zur Detektion der Mineralvergesellschaftungen an der Oberfläche. Die Entwicklung basiert vorrangig auf der abbildenden Reflexions- und Emissionsspektroskopie. Für eine schnelle und automatisierte Anwendung ist der Aufbau einer umfassenden spektralen Referenzbibliothek entscheidend.



### Zielgruppe

Zum einen dient die Projektentwicklung als Werkzeug für Explorationsfirmen zur REE Erkundung (hauptsächlich Junior Companies), zum anderen zur Prozessoptimierung im Arbeitsablauf beim Abbau und der Aufbereitung (Major Companies).

### Aktuelle Verbreitung der entwickelten Methodik / Technologie

Bei herkömmlichen Verfahren werden meist nur punktförmige Probenentnahmen betrachtet, die anschließend in ein Raster integriert werden. Die in eine modulare Prozesskette integrierte abbildende Spektroskopie zur Detektion und Quantifizierung von REE (flächenhafte Erkundung und Charakterisierung) wird in dieser Form bisher nicht angewendet.



## Beeinflusste Wertschöpfungsstufen

Das Projekt kann in mehreren Positionen der Wertschöpfungskette verortet werden. Zum einen dient die Technologieentwicklung der kostengünstigen, schnellen und verlässlichen Erkundung von REE-Lagerstätten und der Potenzialeinschätzung von der Prospektion bis zur Detail-Exploration. Zum anderen kann die Technik beim Abbau taubes Nebengestein schneller erkennen sowie die Sortierung bei der Aufbereitung verbessern.

## Zielrohstoffe Projekt

Seltene Erden (+ ggf. vergesellschaftete Metalle wie Eisen, Tantal und Niob) + Tests für Lithium

## Zielrohstoffe - Übertragbarkeit

Nach Erstellung einer spektralen Referenzbibliothek im Prinzip auf alle Minerale anwendbar.

## Weltweite Bergwerksförderung und Raffinadeproduktion der Zielrohstoffe in 2018

Welt	Bergwerksförderung	Raffinadeproduktion
REE	161.472 t (als REO; CHN, AUS, USA)	151.115 t (CHN, MMR, USA, RUS)

## Produktion und Verbrauch Zielrohstoffe in EU28 in 2018

EU	Bergwerksförderung	Raffinadeproduktion	Raffinadeverbrauch
REE	keine	keine	N/A

## Produktion, Verbrauch und Importe der Zielrohstoffe in Deutschland

DEU	Raffinadeproduktion 2018	Raffinadeverbrauch 2018	Metallimporte 2018 (wichtigste Herkunftsländer)
REE	keine	N/A	LREE: 7,4 t / 0,4 M€; HREE: 1,4 t / 0,3 M€ gemischt, legiert: 213 t / 1,6 M€ (CHN, AUT, FRA) <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Importe von REE-Verbindungen: Ce (1.164 t / 9,4 M€; CHN, EST, FRA, AUT), LREE (7.987 t / 14 M€; CHN, AUT), HREE (217 t / 9,3 M€; CHN, FRAU, AUT), Gemische (33,7 t / 1,5 M€; FRA, CHN, AUT)

## Lagerstättentyp Projekt

Feldversuche in Norwegen (Fen, Ulefoss Komplex, Karbonatit), Schweden (Norra Kärr, peralkaline Syenite sowie Olserum, hydrothermale Gänge), Namibia (Lofdal, Karbonatite) sowie Südafrika (Steenkampskraal/Schielkomplex, Monazit im silikatischen Nebengestein)

## Lagerstättentyp – Übertragbarkeit

Da es sich um eine generische Methodik handelt, ist diese auf alle Lagerstättentypen (auch außerhalb REE) übertragbar. Getestet wurde im Projekt das pegmatische Lithium-Vorkommen Hoydalen sowie der Natursteinbruch Larvik (zum Ausschluss unerwünschter Intrusionen) in Norwegen und eine Kupfer-Lagerstätte Skouriotissa auf Zypern.



## Regionale Verteilung der Lagerstätten (Deutschland / Europa / Welt)

### Deutschland

Keine

### Europa

Fortgeschritten explorierte Projekte in der untersuchten Lagerstätte Norra Kärr in Schweden, zudem in Grönland. Die ebenfalls untersuchten Vorkommen Fen in Norwegen und Olserum in Schweden sind bisher noch nicht im Fokus.

### Welt

Zahlreiche Lagerstätten weltweit bekannt (siehe Abbildung für die Vorkommen mit der höchsten Wahrscheinlichkeit für eine wirtschaftliche Gewinnung).



© BGR

## Zielregion Projekt

Skandinavien und südliches Afrika.

## Zielregion - Übertragbarkeit

Direkte Anwendbarkeit auf alle weltweiten REE-Vorkommen sowie zahlreiche weitere Lagerstätten anderer Rohstoffe (eine spektrale Referenzbibliothek für die zu untersuchenden Minerale sowie eine möglichst vegetations- und staubfrei Oberfläche vorausgesetzt -> siehe auch Hemmnisse).

## Maßstab der aktuell entwickelten Technologie

Neben den Hyperspektralkameras, die direkt für die Explorationsarbeit eingesetzt werden kann ist die Methodenentwicklung (insb. die Referenzdatenbank) für den Aufbau einer hyperspektralen Analyseketten entscheidend.

## Notwendige Investitionen für einen industriellen Einsatz der Technologie

Es sind keine Informationen zu nötigen Investitionen verfügbar. Hauptsächlich müssen, neben der Methodenentwicklung, spezialisierte Sensoren hergestellt werden, was den größten Kostenfaktor verursacht.



## Regionale Anwendungspotenziale (Deutschland / Europa / Welt)

### Allgemein

Generell ist ein hohes Anwendungspotenzial gegeben, insb. aufgrund des potenziellen Einsatzes für alle industrierelevanten Elemente, Minerale und Gesteine.

Laut Verbundangaben gibt es bereits eine hohe Nachfrage durch Industrie nach Adaptionen von REEMAP z.B. zur Erzsortierung oder Flächensanierung. Die geplante GFZ Firmengründung GFZ Innovation GmbH bietet REEMAP in Generalisierung als Erstprodukt an. Der Vertrieb in Lateinamerika, Afrika und Australien ist bereits startbereit.

## Hemmnisse bei der Verbreitung (Deutschland / Europa / Welt)

### Allgemein

Vegetationsbedeckung ist für die hyperspektralen Aufnahmen kritisch. Das Problem könnte durch den im Projekt getesteten Aufbau einer Bibliothek mit biologischen Indikatoren gelöst werden (auch auf Böden ausweitbar). So könnte bspw. die Brennessel als Tool für die REE-Exploration genutzt werden.

Generell ist die Beleuchtungssituation mit gleichmäßigem Tageslicht für ein einwandfreies Ergebnis entscheidend. Schattige Aufschlussbereiche sind somit problematisch, ebenso der Einsatz unter Tage. Hierfür muss eine entsprechende Lichtleistung garantiert werden (LED bisher nicht möglich, nur Halogen da alle Spektren des Sonnenlichtes vertreten sein müssen; siehe auch UPNS4D+).

Beim Einsatz für die Erzsortierung könnte die Staubentwicklung problematisch sein.

## Beiträge zur Senkung der Kosten bei der Exploration

Bei erfolgreicher Implementierung einer umfassenden spektralen Referenzbibliothek kann über verhältnismäßig einfach anzuwendender Technik schnell und kostengünstig eine erste Potenzialabschätzung mit verlässlicher Darstellung der Mineral- und Elementverteilung von potenziellen Lagerstätten (bzw. großräumigen Bereichen) durchgeführt werden. Dank der abbildenden Spektrometer können im Vergleich zu üblichen Punktspektrometern tausende Messungen gleichzeitig durchgeführt werden, was zu einer erheblichen Zeitersparnis und somit Kostensenkung im Vergleich zu existierenden Verfahren beiträgt.

## Beiträge zur Steigerung der Erfolgsaussichten bei der Exploration

Im Rahmen der Prospektion können neue REE-Vorkommen per Fernerkundung in bisher nicht beachteten Gebieten detektiert werden. In der Detailexploration können werthaltige Lagerstättenbereiche schneller und verlässlicher detektiert werden.

## Beiträge zur Versorgungssicherheit in Deutschland

Die Projektergebnisse können dazu beitragen, dass die Wertstoffverteilung in bekannten REE-Lagerstätten außerhalb Chinas (z.B. die im Projekt untersuchte Lagerstätte Norra Kärr in Schweden) über die REEMAP-Technologie besser verstanden und so eine wirtschaftliche Produktion wahrscheinlicher wird bzw. dass neue, bisher nicht bekannte, Vorkommen über die Fernerkundung aufgefunden werden. Über die potenzielle Diversifizierung des REE-Marktes könnte so die Versorgungssicherheit Deutschlands indirekt erhöht werden.

Bei einem potenziellen Einsatz der Technologie in Sortieranlagen könnte das Recycling auch von kleineren Fraktionen möglich bzw. wirtschaftlicher werden. Hierbei könnte ein direkter positiver Effekt auf die Bereitstellung von Rohstoffen in Deutschland erzielt werden, der sich allerdings nicht quantifizieren lässt.



**Innovative Technologien  
für Ressourceneffizienz**

Bereitstellung wirtschafts-  
strategischer Rohstoffe



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

## Ökologische Bilanzierung der Projektarbeiten und Beiträge zur Steigerung der Gesamtrohstoffproduktivität

Die Technologie ermöglicht eine zerstörungsfreie Exploration und eine Begrenzung der Detailexploration, in der u.a. Bohrungen eingesetzt werden, auf kleinräumige, relevante Bereiche mit erhöhtem Wertstoffgehalt.

Der Einsatz des Verfahrens in der Gewinnung trägt zu einer selektiven Gewinnung von relevanten Bereichen und somit weniger Abraum bei.

Beim potenziellen Einsatz für eine Sensor-gestützte Sortierung kann der Energieaufwand für eine nachfolgende Zerkleinerung von Erzen (und auch von Recyclingmaterial) deutlich optimiert werden und somit der ökologische Fußabdruck reduziert.