



## GRAMM

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

### Projekttitle

Quantifizierung lagerstättenbildender Prozesse an granitischen Intrusionen als Grundlage für Explorationsmodelle wirtschaftsstrategischer Spurenmetalle

### Koordination

Helmholtz-Zentrum Potsdam

Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ - Sektion Anorganische und Isotopengeochemie

PD Dr. Philipp Weis

### Laufzeit und Fördervolumen

01.03.2015 – 30.06.2020; 1.500.000 €

### Projektziele (Verfahren / Technologien / Methoden)

Rekonstruktion von lagerstättenbildenden magmatisch-hydrothermalen Systemen mit modernen hochauflösenden analytischen Methoden an Proben von bedeutenden Erzlagerstätten in Deutschland und Portugal. Entwicklung und Nutzung von numerischen Computermodellen zur Darstellung des Fließverhaltens metallführender hydrothermalen Lösungen in der Erdkruste sowie die Untersuchung der Wechselwirkung von Gestein und Fluid. Diese Daten sollen in belastbare 4D-metallogenetische Explorationsmodelle integriert werden.

### Zielgruppe

Keine Verfahrens- oder Technologieentwicklung. Aufgrund der Forschungsarbeiten im Grundlagenbereich richten sich die Ergebnisse in erster Linie an Forschungsinstitute der Rohstofferkundung und Lagerstättenbildung. Das neuartige Prozessverständnis kann für die konzeptionellen Arbeiten von Explorationsfirmen interessant und Grundlage für weitere Untersuchungen z.B. über Bohrungen sein.

### Aktuelle Verbreitung der entwickelten Methodik / Technologie

In der Exploration sind numerische Modellierungen, die die konzeptuellen Modelle basierend auf Feldbeobachtungen und geochemischen Analysen testen und verfeinern, bisher ohne Verwendung.

### Beeinflusste Wertschöpfungsstufen

Konzeptionelle Arbeiten der Exploration

### Zielrohstoffe Projekt

- Hauptwertmetalle in den untersuchten Lagerstätten: W, Li, Sn
- Weitere Begleitrohstoffe: Cu, Pb, Zn, Au, Ag, Mo, In, Ge, Ga

### Zielrohstoffe – Übertragbarkeit

Die konzeptionelle Methodik der entwickelten numerischen Modellierung in Kombination mit Feldarbeit und geochemischen Analysen ist prinzipiell auf alle hydrothermalen Erzlagerstätten(typen) mit anderen Wertmetallen anwendbar.



## Weltweite Bergwerksförderung und Raffinadeproduktion der Zielrohstoffe in 2018

| Welt      | Bergwerksförderung           | Raffinadeproduktion                               |
|-----------|------------------------------|---|
| <b>W</b>  | 96.128 t (CHN, VNM, PRK)     | N/A   |
| <b>Li</b> | 18.868 t (CHL, ARG)          | N/A   |
| <b>Sn</b> | 305.231 t (CHN, IDN, MMR)    | 345.997 t (CHN, IDN, MYS)                         |
| <b>Cu</b> | 20,6 Mt (CHL, PER, CHN)      | 24,1 Mt (CHN, CHL, JPN)                           |
| <b>Pb</b> | 4,7 Mt (CHN, AUS, PER)       | 11,6 Mt (CHN, USA, KOR)                           |
| <b>Zn</b> | 13,0 Mt (CHN, PER, AUS)      | 13,2 Mt (CHN, KOR, IND)                           |
| <b>Au</b> | 3.321 t (CHN, AUS, RUS, USA) | N/A   |
| <b>Ag</b> | 25.354 t (MEX, PER, CHN)     | N/A   |
| <b>Mo</b> | 272.730 t (CHN, CHL, USA)    | 235.000 t (Ferro-Molybdän in 2013; CHN, CHL, ARM) |
| <b>In</b> | Beiprodukt (Zn)              | 752 t (in 2017; CHN, KOR, JPN, CAN)               |
| <b>Ge</b> | Beiprodukt (Kohle, Cu, Zn)   | 80 t (in 2017; CHN)                               |
| <b>Ga</b> | Beiprodukt (Bauxit, Zn)      | 316 t (in 2017; CHN, RUS, JPN) <sup>1</sup>       |

<sup>1</sup> Ga mit 680 t Raffinadepkapazität in 2014 (CHN, DEU, KAZ), allerdings mit einem weltweiten Verbrauch von nur ~285 t in 2014 (Roskill 2014; JPN, CHN, USA, Europa)

## Produktion und Verbrauch Zielrohstoffe in EU28 in 2018

| EU        | Bergwerksförderung           | Raffinadeproduktion                | Raffinadeverbrauch            |
|-----------|------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| <b>W</b>  | 1.969 t (AUT, ESP, PRT)      | N/A                                | N/A                           |
| <b>Li</b> | Keine                        | N/A                                | N/A                           |
| <b>Sn</b> | 124 t (PRT, ESP)             | 13.148 t (BEL/LUX, POL)            | 59.555 t (DEU, FRA, NLD, ESP) |
| <b>Cu</b> | 921.000 t (POL, ESP, BGR)    | 2,7 Mt (DEU, POL, ESP)             | 3,2 Mt (DEU, ITA, ESP)        |
| <b>Pb</b> | 183.100 t (SWE, POL, BGR)    | 1,7 Mt (DEU, GBR, ESP, ITA)        | 1,6 Mt (DEU, ESP, ITA)        |
| <b>Zn</b> | 710.000 t (SWE, IRL, ESP)    | 2,08 Mt (ESP, FIN, BEL, NLD)       | 2,08 Mt (DEU, BEL, ITA)       |
| <b>Au</b> | 28,8 t (BGR, FIN, SWE)       | N/A                                | 42 t (in 2016; GBR, ITA)      |
| <b>Ag</b> | 2.076 t (POL, SWE, PRT, BGR) | N/A                                | N/A                           |
| <b>Mo</b> | 400 t (BGR)                  | 4.000 t (Ferro-Mo in 2017; AUT)    | N/A                           |
| <b>In</b> | Beiprodukt (Zn)              | 20 t (BEL in 2017)                 | N/A                           |
| <b>Ge</b> | Beiprodukt (Kohle, Cu, Zn)   | N/A                                | N/A                           |
| <b>Ga</b> | Beiprodukt (Bauxit, Zn)      | 38 t (Kapazität in 2016; DEU, HUN) | 30 - 40 t (in 2014)           |

## Produktion, Verbrauch und Importe der Zielrohstoffe in Deutschland

| DEU       | Raffinadeproduktion 2018 | Raffinadeverbrauch 2018 | Metallimporte 2018 (wichtigste Herkunftsländer)   |
|-----------|--------------------------|-------------------------|---|
| <b>W</b>  | N/A                      | N/A                     | 48,2 t / 2,9 M€ (GBR, CHN, VNM) <sup>1</sup>  |
| <b>Li</b> | Keine                    | N/A                     | 5.960 t / 51,4 M€ (CHL, USA, BEL) <sup>2</sup>  |
| <b>Sn</b> | Keine                    | 20.200 t                | 21.825 t / 378 M€ (IDN, BEL, PER, NLD) <sup>3</sup>   |
| <b>Cu</b> | 672.400 t                | 1.199.600 t             | 656.689 t / 3.672 M€ (Raffinadepkupfer (Kathoden); RUS, FIN, SWE) <sup>4</sup>                  |
| <b>Zn</b> | 180.000 t                | 449.000 t               | 278.207 t / 734 M€ (Feinstzink; FIN, BEL, NLD) <sup>5</sup>                                     |
| <b>Au</b> | 45 t (in 2015)           | 36 t (in 2014)          | 94,0 t / 2.999 M€ (CHE, vertrauliche Länder)  |
| <b>Ag</b> | 1.338 t (in 2013)        | N/A                     | 867 t / 377 M€ (Rohformen, einschließlich vergoldet o. platiniiert; N/A, SWE, KAZ) <sup>6</sup> |
| <b>Mo</b> | Keine                    | N/A                     | 939 t / 26,1 M€ (CHN, UZB, RUS, GBR) <sup>7</sup>   |
| <b>In</b> | Keine                    | N/A                     | 20,8 t / 4,2 M€ (CHN, TWN, LUX)   |
| <b>Ge</b> | Keine                    | N/A                     | 6,8 t / 4,4 M€ (CHN, RUS)   |
| <b>Ga</b> | 30 t (Kapazität in 2016) | N/A                     | 29,1 t / 5,4 M€ (SVK, USA, CHN)   |



<sup>1</sup> W mit Importen von Wolframcarbid (4.319 t / 168 M€; AUT, CHN, CZE), Wolframate (2.034 t / 47 M€; VNM, CHN, GBR), Pulver (1.138 t / 43 M€; AUT, CZE, CAN), Ferrowolfram (1.023 t / 25 M€; RUS, CHN, KOR), Wolfram(hydr)oxide (944 t / 25 M€; CHN)

<sup>2</sup> Lithiumkarbonate

<sup>3</sup> Sn mit einer Zuschätzung von ~1.000 t / 24 M€ sowie ~360 t (5,7 M€) an Stangen, Profilen und Draht, hauptsächlich aus europäischen Ländern

<sup>4</sup> Cu mit Importen von Erzen und Konzentraten (1,2 Mt / 1.953 M€; PER, BRA, CHL) sowie größeren Mengen an anderen nicht raffinierten Rohformen, Legierungen und Oxiden, Abfällen und Schrotten sowie unterschiedliche Zwischenprodukten (Wert insg. 5.510 M€)

<sup>5</sup> Zn mit Importen von Erze und Konzentrate (362.803 t / 301,3 M€; AUS, SWE, USA), Feinzink (2.775 t / 7,9 M€; KAZ, BEL), Legierungen (96.442 t / 262,5 M€; NLD, BEL, LUX), Hartzink (Galvanisationsmatte; 11.489 t / 19,7 M€; CHE, AUT, FRA), Hüttenzink (60.788 t / 154,5 M€; FIN, POL); Oxid/Peroxid (33.627 t / 80,8 M€; NLD, AUT, PER), Pulver/Staub (5.867 t / 16,4 M€; BEL, AUT) sowie Zuschätzungen von 32.342 t / 124,1 M€ (BEL, NLD, FIN)

<sup>6</sup> Ag mit Importen von Erzen und Konzentraten (16.350 t / 87 M€; MEX, ARG, PER) sowie Silbernitrat und verschiedenen Halbzeugen (Wert insg. 95,1 M€)

<sup>7</sup> Mo auch mit Importen von Erze und Konzentrate (6.216 t / 80,6 M€; NDL, CHL, BEL, MEX), Ferromolybdän (13.907 t / 223 M€; BEL, ARM, KOR, GBR, RUS), Mo-(Hydr)oxide (2.554 t / 43 M€; CHL, LUX, CHN), Molybdate (405 t / 5,1 M€; USA, POL, GBR) sowie Pulver (176 t / 3,8 M€; CAN, MEX, GBR) -> **DEU** neben CHN, USA und JPN der größte Verbraucher von Mo

## Lagerstättentyp Projekt

- Greisen und hydrothermale Gänge (Sn-W-Li; Zinnwald, Erzgebirge)
- Skarn (Sn-Zn-In; Hämmerlein, Skarn)
- Lode (W-Sn-Cu; hydrothermale Ganglagerstätte; Panasqueira, Portugal)

## Lagerstättentyp – Übertragbarkeit

Die konzeptionelle Methodik der entwickelten numerischen Modellierung in Kombination mit Feldarbeit und geochemischen Analysen ist prinzipiell auf alle hydrothermalen Erzlagerstättentypen übertragbar.

## Regionale Verteilung der Lagerstätten

Die Lagerstätte in Panasqueira (Portugal) ist eine der zwei größten aktiven Wolfram-Minen in Europa. Lode Lagerstätten sind ebenfalls weltweit anzutreffen, z.B. in den USA und in Australien.

In den meisten Fällen sind Skarn- und Greisenlagerstätten derzeit unwirtschaftlich aufgrund der energieintensiven Zerkleinerung und schwierigen Aufbereitung. Weltweit werden beispielsweise Skarnlagerstätten auf Zinn derzeit nur in China abgebaut. Außerhalb Chinas gibt es jedoch rund 20 weitere Zinnprojekte, in denen Cassiterit aus Skarnerzen abgetrennt werden müsste – oder früher schon einmal abgetrennt wurde. Diese Skarn-Zinnlagerstätten liegen vor allem im deutschen und tschechischen Teil des Erzgebirges, im Osten Australiens (Queensland, Mount Garnet) bzw. in Tasmanien (Cleveland) sowie untergeordnet in Kirgisistan, Kanada und der Mongolei.

## Zielregion Projekt

Erzgebirge und Portugal

## Zielregion – Übertragbarkeit

Die konzeptionelle Methodik der entwickelten numerischen Modellierung in Kombination mit Feldarbeit und geochemischen Analysen ist weltweit anwendbar.



## Regionale Anwendungspotenziale (Deutschland / Europa / Welt)

### Allgemein

Mit zunehmender Bestätigung der Vorhersagen der numerischen Modellierung bei Explorationsvorhaben wird sich die Methodik etablieren und breite Anwendung in der konzeptionellen Erkundungsphase finden. Hierfür muss jedoch eine breite Datenbasis geschaffen werden, um die Modelle mit ausreichenden Informationen zu versorgen.

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

Für die Schaffung der Datenbasis müssen umfassende geologische und geochemische Daten erhoben werden. Für die drei im Projekt betrachteten Lagerstätten wurde eine gute Basis hierfür gelegt, es handelt sich aber noch nicht um einen umfassenden Datensatz. Diese Erhebung fällt häufig in den Rahmen der vorindustriellen Erkundung und muss von staatlicher Seite über geologische Dienste oder Forschungseinrichtungen geleistet werden.

## Beiträge zur Senkung der Kosten bei der Exploration

Schaffung von Grundlagenwissen mit modernen Modellen, die für das allgemeine Verständnis zur Lagerstättenogenese und die konzeptionellen Arbeiten im Vorfeld von Explorationsmaßnahmen elementar sind. Potenzielle Kosteneinsparungen sind nicht quantifizierbar.

## Beiträge zur Steigerung der Erfolgsaussichten bei der Exploration

Die Projektergebnisse zum Gesamtverständnis des erzbildenden Systems, das wesentlich weiträumiger als die eigentliche Lagerstätte ist, können dazu beitragen, Indikatoren zu entwickeln, welche auf tiefer liegende Lagerstätten, ggf. im Umfeld von bekannten Vorkommen, hinweisen.

Eine Quantifizierung der Wahrscheinlichkeit für das Auffinden einer bauwürdigen Lagerstätte nach dem Modell von Slaby und Wilke (2006; siehe Steckbrief GEM) wäre rein spekulativ.

## Beiträge zur Versorgungssicherheit in Deutschland

Die Modelle zur Lagerstättenogenese insb. der deutschen Sn-(W-)In-Lagerstätten Hämmerlein und Zinnwald runden das Verständnis der Lagerstätten weiter ab und machen diese zunehmend interessanter für eine kommerzielle Gewinnung. Insb. für Sn und In birgt das Erzgebirge enorme Potenziale zur Deckung des deutschen Bedarfs (Tabelle 1).

Tabelle 1: Potenzieller Beitrag der Lagerstätte Hämmerlein zur Deckung des deutschen Bedarfs 2017 an den entsprechenden Rohstoffen.

| Rohstoff/Metall | Hämmerlein |
|-----------------|------------|
| Zinn            | 8 %        |
| Zink            | 0,5 %      |
| Eisen           | 0,1 %      |
| Indium          | 15 %       |

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

Nicht relevant.