



## ELIZE

*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 Versorgungssicherheit sowie den ökologischen und ökonomischen Potenzialen*

### Projekttitle

Elektroimpulszerkleinerung in großtechnischen Zerkleinerungsmaschinen zur Aufbereitung komplexer Erze

### Koordination

TU Bergakademie Freiberg – Institut für Aufbereitungsmaschinen  
Prof. Dr.-Ing. Holger Lieberwirth

### Projektpartner

- TU Dresden
- G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH
- Haver Engineering GmbH
- Thomas Werner Industrielle Elektronik e.Kfm.

### Laufzeit und Fördervolumen

01.07.2016 – 31.12.2019; 1.700.000 €

### Projektziele (Verfahren / Technologien / Methoden)

Entwicklung einer verschleißarmen, energiegünstigen und staubfreien Technologie zur Aufbereitung von komplexen Erzen. Hierfür wurde eine Anlage, die das Ausgangsmaterial in einem kontinuierlichen Produktionsprozess mit Hochspannungsimpulsen beansprucht, ohne dafür bewegte Teile im Prozessraum zu benötigen, entwickelt.

### Zielgruppe

Bergbauunternehmen, die mit der neuen Aufbereitungsmethode bisher nicht genutzte polymetallische Komplexerzlagertstätten erschließen können (konkret für das Erzgebirge, aber auch auf andere ähnliche Lagerstätten weltweit anwendbar) und Aufbereiter primärer und sekundärer Rohstoffe .

### Aktuelle Verbreitung der entwickelten Methodik / Technologie

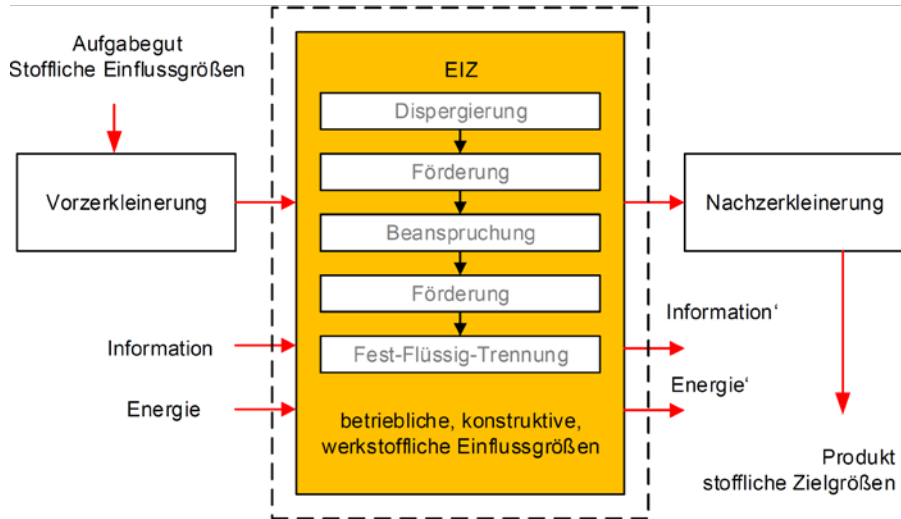
Die grundlegende Idee der Elektroimpulsbeanspruchung in Form der elektrohydraulischen Zerkleinerung ist schon seit über 60 Jahren bekannt, insb. in Russland. Sie wurde in den letzten Jahrzehnten in unterschiedliche Richtungen ausdifferenziert, insbesondere in elektrodynamische und elektrohydraulische Zerkleinerung und gepulste elektrische Felder. Während letztere im Lebensmittel – und Medizinbereich bereits kommerziell verbreitet ist, wurde die Elektrodynamische Zerkleinerung (EDZ) bisher nur für die Zerlegung von Kleinstmengen im Labor verwendet (z.B. von selFrag AG). Anwendung findet die EDZ insbesondere in der Trennung von Komponenten beispielsweise im Recycling (z.B. auch im r<sup>4</sup>-Projekt ELEXSA) und bei Bohrungen beispielsweise für die Geothermie. Für die Erzzerkleinerung gibt es bisher keine Anwendung im industriellen Maßstab.

### Beeinflusste Wertschöpfungsstufen

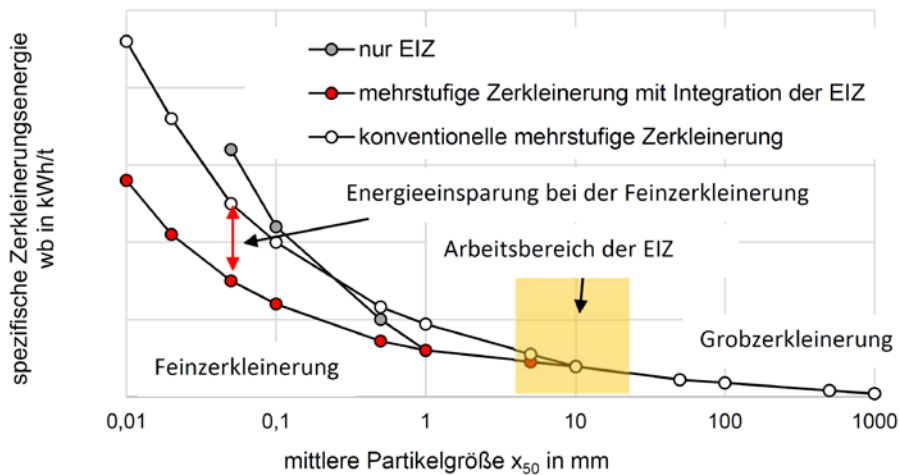
Die Komplexerze werden direkt nach der Gewinnung und einer Vorzerkleinerung (20 mm oder kleiner) mit Elektroimpulsen vorgeschädigt, sodass die nachfolgende konventionelle Zerkleinerung deutlich weniger Energie benötigt (hohe Energiekosten bisher häufig ein Ausschlusskriterium für die wirtschaftliche Gewinnung dieser Erze) und ein höheres Ausbringen ermöglicht. Hauptanwendungsbereich ist mithin die Fein- und Feinstzerkleinerung von Vorkonzentraten (nach sensorgestützter Sortierung und ggfs. Dichtentrennung).



**Systemgrenze:**



**Bond-Index:**



© TUBAF

**Zielrohstoffe Projekt**

Paying materials: W, Sn, Zn

Weitere Zielrohstoffe im Projekt: In, Sc

**Zielrohstoffe - Übertragbarkeit**

Die Anlage wurde speziell für schwer trennbare Komplexerze konzipiert. Generell können somit viele Rohstoffvorkommen, die bisher aufgrund der schwierigen Aufbereitung unwirtschaftlich sind in den Fokus rücken. Ein weiteres interessantes Anwendungsgebiet sind Sekundärrohstoffe, z.B. Schlacken.



## Weltweite Bergwerksförderung und Raffinadeproduktion der Zielrohstoffe in 2018

Welt	Bergwerksförderung	Raffinadeproduktion
<b>W</b>	96.128 t (CHN, VNM, PRK)	N/A
<b>Sn</b>	305.231 t (CHN, IDN, MMR)	345.997 t (CHN, IDN, MYS)
<b>Zn</b>	13,0 Mt (CHN, PER, AUS)	13,2 Mt (CHN, KOR, IND)
<b>In</b>	Beiprodukt (Zn)	752 t (in 2017; CHN, KOR, JPN, CAN)

## 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>Sn</b>	124 t (PRT, ESP)	13.148 t (BEL/LUX, POL)	59.555 t (DEU, FRA, NLD, ESP)
<b>Zn</b>	710.000 t (SWE, IRL, ESP)	2,08 Mt (ESP, FIN, BEL, NLD)	2,08 Mt (DEU, BEL, ITA)
<b>In</b>	Beiprodukt (Zn)	20 t (BEL in 2017)	N/A

## 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>Sn</b>	keine	20.200 t	21.825 t / 378 M€ (IDN, BEL, PER, NLD) <sup>2</sup>
<b>Zn</b>	180.000 t	449.000 t	278.207 t / 734 M€ (Feinstzink; FIN, BEL, NLD) <sup>3</sup>
<b>In</b>	keine	N/A	20,8 t / 4,2 M€ (CHN, TWN, LUX)

<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> 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>3</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)

## Lagerstättentyp Projekt

Skarne und Greisen, PGM-Lagerstätten

## Lagerstättentyp - Übertragbarkeit

Die Elektroimpulszerkleinerung ist nicht auf die untersuchten Lagerstättentypen festgelegt, eine Anwendung zur energieeffizienten Zerkleinerung macht aber hauptsächlich für die ansonsten schwer zu trennenden Komplexerze von Skarnen und Greisen Sinn. Auch für verschiedene Lagerstättentypen mit PGM-Vererzungen bietet das Verfahren spezielle Vorteile.

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

In den meisten Fällen sind Skarn- und Greisenlagerstätten derzeit unwirtschaftlich aufgrund der energieintensiven Aufschlusszerkleinerung 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 Kassiterit 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, insb. Pöhla-Tellerhäuser (Granatskarn), Sadisdorf (Greisen) und Antonsthal (Scheelitskarn)

## Zielregion - Übertragbarkeit

Methodik/Technologie ist nicht regional gebunden und für Skarne und Greisen, PGM-Lagerstätten, aber auch im Recyclingbereich (z.B. Baustoffe, Schlacken) geeignet.

## Kapazität aktueller Versuchsaufbau

Eine Pilotanlage im kontinuierlichen Betrieb mit einem Durchsatz von aktuell 500 kg/h wurde realisiert.

## Potenzielle Kapazität der Anlage im industriellen Maßstab und notwendige Investitionen

42.000 t Input / Jahr bei einer Investition von 5 Millionen € (nach konservativen Schätzungen). Verbundannahme: 6t/h mit 20 h/d Betrieb am Tag an 350 Tagen im Jahr. Eine Skalierbarkeit des Systems aufgrund der Abmessungen ist gegeben.

## Regionale Anwendungspotenziale (Deutschland / Europa / Welt)

### Deutschland/Europa

Eine energiesparende und damit kostengünstige Zerkleinerung kann ein Baustein für eine wirtschaftliche Gewinnung von Komplexerzen z.B. im Erzgebirge sein. Darüber hinaus konnte eine Erhöhung des Ausbringens und mithin der Nachhaltigkeit der Lagerstättennutzung nachgewiesen werden.

Das Potenzial an entsprechenden Lagerstätten in Europa (neben dem deutschen unter anderem der tschechische Teil des Erzgebirges oder ähnliche geologische Formationen, z.B. in Nordspanien, Südengland, den Karpaten) ist gegeben.

### Welt

Im Fokus und kurz vor der Wirtschaftlichkeit stehen Skarnlagerstätten in Australien, wo die Technologie zum Einsatz kommen könnte.

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

Im Weltmaßstab sind Komplexerze (noch) nicht im Fokus (nur wenige in China befinden sich im Abbau), da die entsprechenden Rohstoffe in weniger komplexen Lagerstätten kostengünstiger gewonnen werden können. Es bestehen weltweit Vorbehalte gegen Skarn-Lagerstätten, da am Beispiel Zinn der Cassiterit (Hauptwertmineral von Zinn) häufig zusammen mit anderen, vor allem sulfidischen Fe-, Cu-, Zn-, Mo-, Mn-, W-, In-, Ag-, Bi- oder U-Erzmineralen (in den Kristallgittern von Andradit, Titanit/Malayait, Aktinolith, Ilvait, Epidot, Axinit und Rutil sowie sehr seltenen Zinnmineralen) auftritt.

## Beiträge zur Versorgungssicherheit in Deutschland

Die Technologie ist ein Schritt, der eine wirtschaftliche Aufbereitung von Komplexerzen, wie sie in großer Menge im Erzgebirge vorkommen, ermöglichen kann. Eine Vermarktung der Anlagen für Projekte weltweit ist möglich.

Bei den vom Verbund angegebenen Gehalten der Erze (siehe Tabelle unten) würden sich bei der Kapazität 42.000 t (siehe Angaben zur Kapazität oben) folgende Ausbeuten ergeben (eine weitere Aufbereitung vorausgesetzt; Annahme: 100 % Ausbringen; es würde jeweils nur ein Erz in der Anlage vorgeschädigt; es findet keine Aufkonzentration durch die Vorzerkleinerung (siehe Systemgrenze) statt):



Tabelle 1: Theoretisches jährliches Ausbringen mit Erzgehalten nach Verbundangaben (siehe Tabelle 2) bei Anlagenkapazitäten von 42.000 t.

t	Greisen (Sadisdorf)	Scheelitskarn (Antonsthal)	Granatskarn (Pöhla-Globenstein)
	42.000 t	42.000 t	42.000 t
W	420,0	197,4	8,4
Sn	13,0	4,6	50,4
Zn	4,6	30,2	1386,0

Vorliegende Ressourcenberechnungen ergeben im Vergleich folgende Gehalte:

Tabelle 2: Erzgehalte der vom Verbund behandelten Lagerstätten mit Werten der eigenen Probennahme und der offiziellen Ressourcenberechnung.

wt %	Greisen (Sadisdorf)		Scheelitskarn (Antonsthal)		Granatskarn (Pöhla-Globenstein)	
	Verbund	Ressource	Verbund	Ressource	Verbund	Ressource
W	1,000		0,470	0,37	0,02	0,36
Sn	0,031	0,23	0,011	0,19	0,12	0,57
Zn	0,011		0,072		3,30	0,81

Daraus würden sich folgende theoretische Ausbeuten ergeben:

Tabelle 3: Theoretisches jährliches Ausbringen mit Erzgehalten nach offiziellen Ressourcenberechnungen (siehe Tabelle 2) bei Anlagenkapazitäten von 42.000 t.

t	Greisen (Sadisdorf)	Scheelitskarn (Antonsthal)	Granatskarn (Pöhla-Globenstein)
	42.000 t	42.000 t	42.000 t
W		155,4	151,2
Sn	96,6	79,8	239,4
Zn			340,2

Die vom Verbund entwickelte Technologie ist ein Baustein, die Inwertsetzung der im Erzgebirge vorhandenen Komplexerzlagerstätten in einen wirtschaftlich darstellbaren Rahmen zu bringen. Darauf aufbauend, können potenziell auch die Kapazitäten ausgebaut bzw. die EDZ als einer von verschiedenen Verfahrenswegen etabliert werden.

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

Die Energiebilanzierung der Vergleichsversuche zwischen konventioneller Zerkleinerung mit und ohne Schwächung durch die EDZ war Gegenstand der Projektarbeiten. Die vorläufigen Ergebnisse zeigen eine Reduzierung des Energiebedarfs für die Zerkleinerung um etwa 20 %.

## Sozioökonomische Betrachtung der Projektarbeiten

Da die ausgeführten Projektarbeiten dazu beitragen, dass heimische Lagerstätten, wie die von AFK untersuchten Skarnlagerstätten, wirtschaftlich abgebaut werden könnten, sei an dieser Stelle auf die sozioökonomische Betrachtung von AFK verwiesen.