

# Innovative Aufbereitungstechnologien und ihr Potential zur Wertstoffgewinnung aus Grubenwässern, Fällungsprodukten und Aufbereitungsrückständen an Ruhr, Saar und in Ibbenbüren mit besonderer Berücksichtigung kritischer Metallressourcen.

Forschungsbereich Ewigkeitsaufgaben und Grubenwassermanagement

Dr. Bastian Reker, Jule Gleba (B.Sc.), Dr. Sebastian Westermann

Im Rahmen des Forschungsprojekts IAW3<sup>3</sup> werden die Möglichkeiten der Gewinnung kritischer und wertvoller Rohstoffe aus Grubenwässern und deren Fällungsprodukten analysiert. Hierzu wurden Beprobungen an den verschiedenen Wasserhaltungsstandorten an Ruhr, Saar und in Ibbenbüren durchgeführt und das Potential einer Rohstoffgewinnung abgeschätzt. Im Folgenden werden exemplarisch die Ergebnisse des Standorts Ibbenbüren vorgestellt.



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola



## Kritische Rohstoffe

Aufgrund großer Abhängigkeiten von vielen Rohstoffen gegenüber Drittstaaten hat die Europäische Kommission 2011 eine Liste mit 14 Rohstoffen veröffentlicht, deren Verfügbarkeit als kritisch für die europäische Wirtschaft eingestuft wird. Die Liste wird alle 3 Jahre aktualisiert und umfasst seit 2023 **34 kritische Rohstoffe** (EK 2023).

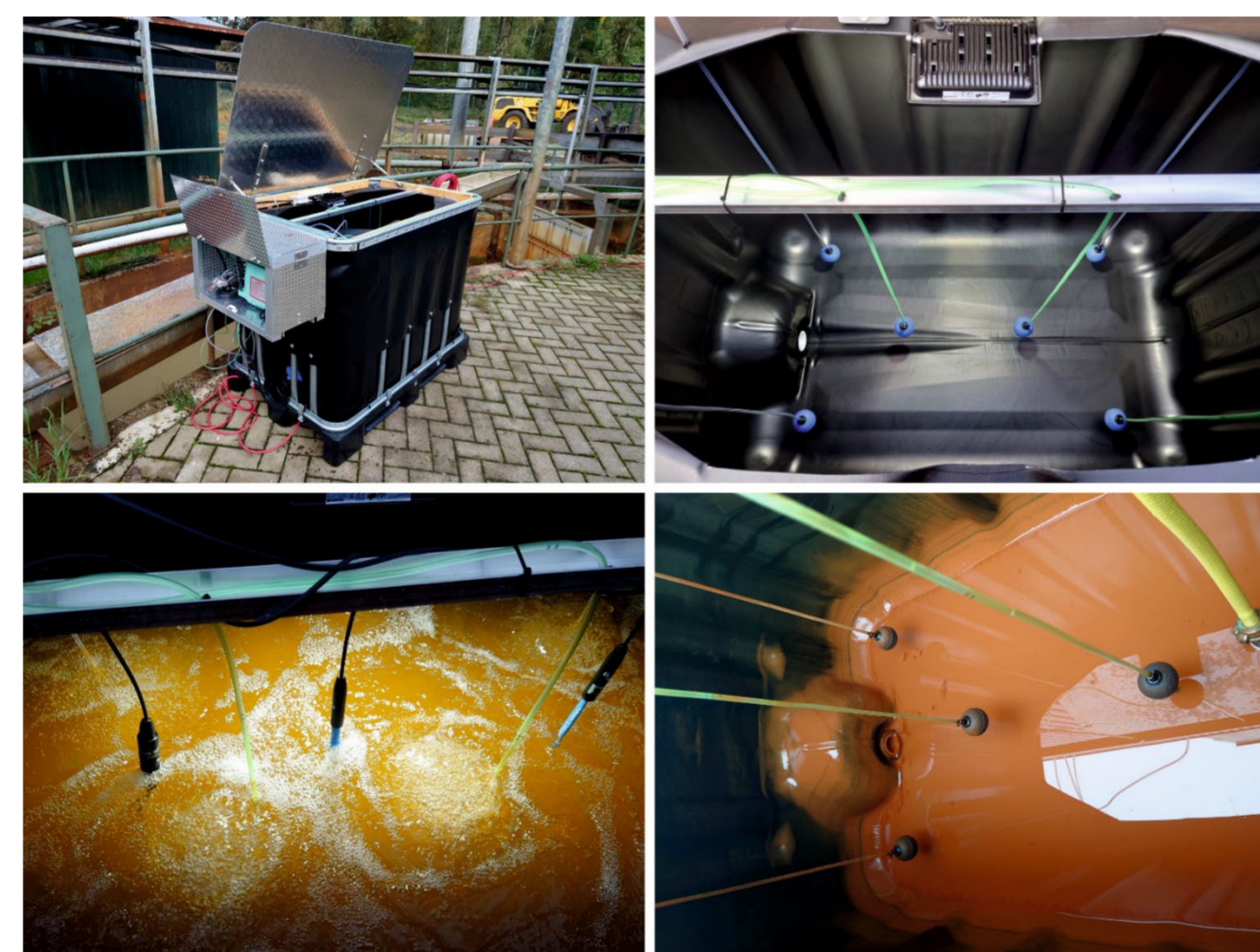
Kritische Rohstoffe / Metalle (Europäische Kommission 2023)

H	He																
Li	Be																
Na	Mg																
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	
		Lanthanoide / Seltene Erden															
		Ba*: Als Baryt B*: Als Borat C*: Als Graphit															

Kritische Elemente: blau und rot hinterlegt. Analysierte Elemente: blau hinterlegt sowie in fetter Schrift hervorgehoben.

## Methodik

Für die Sammlung von Grubenwasserschlämmen wurde ein **Fällungsreaktor** konstruiert, in dem das Grubenwasser unter kontrollierbaren Bedingungen mit Luft-Sauerstoff angereichert wurde, um das Eisen und die anderen gelösten Metalle auszufällen. Die Fotos zeigen den Einsatz des Fällungsreaktors bei der Grubenwasseraufbereitungsanlage in Hörstel am Standort Ibbenbüren. Bei dem Versuch wurde eine **gestaffelte Fällung** mit verschiedenen pH-Werten durchgeführt, um die unterschiedlichen Lösungsgleichgewichte der verschiedenen Metalle zu berücksichtigen (Wolkersdorfer 2021). Neben der Proben aus dem Reaktor wurden auch die benachbarten Absetzbecken der Grubenwasseraufbereitungsanlage beprobt und mittels **ICP-MS\*** auf insgesamt **55 kritische** und ökonomisch **wertvolle Elemente** analysiert.



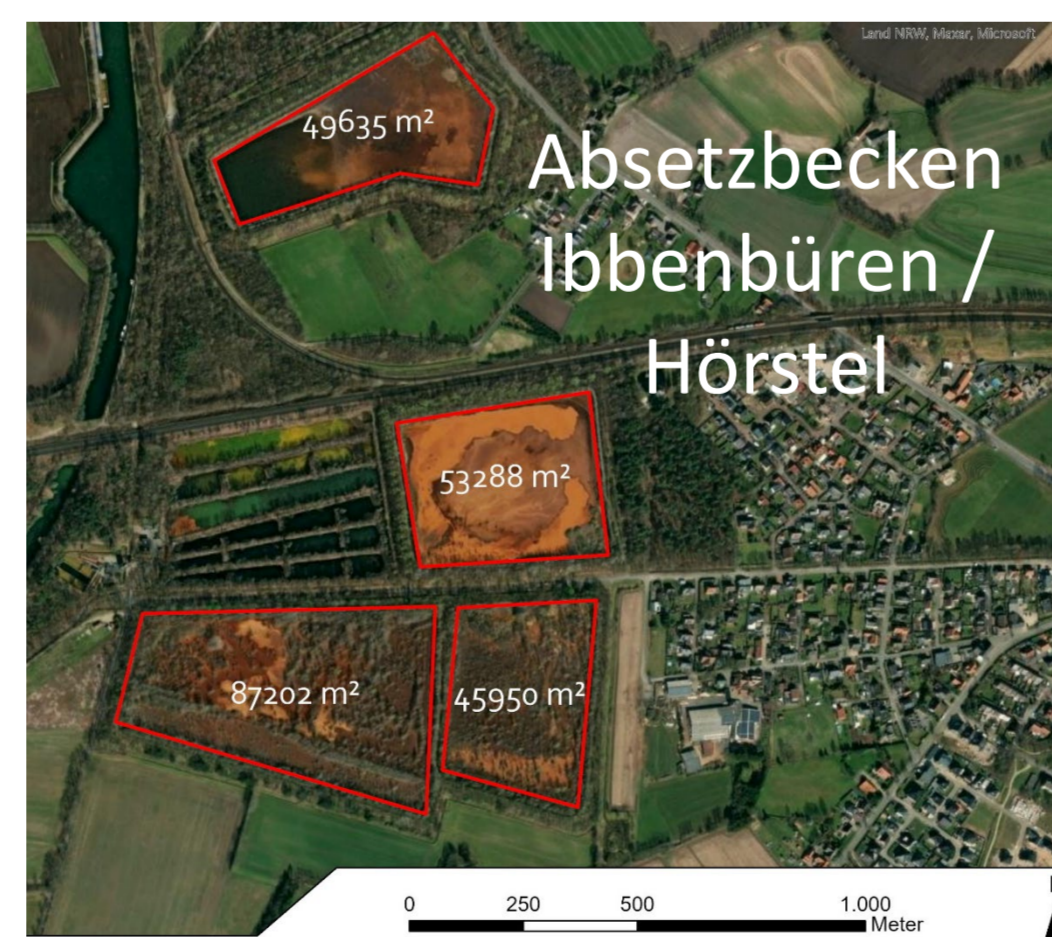
Versuch in Ibbenbüren. Oben: Aufbau des Fällungsreaktors. Unten links: Messungen, Unten rechts: Probenahme.

\*inductively coupled plasma mass spectrometry

## Fazit und Ausblick

Die Analyseergebnisse und Experimente zeigen, dass eine Rohstoffgewinnung aus Grubenwasserschlämmen in Ibbenbüren Potential hat. Pro Meter abgelagerten Schlamms finden sich in den vier Absetzbecken rund **44.000 t Eisen**, je **1.500 t Aluminium und Mangan**, knapp **50 t Nickel**, **40 t Titan**, **30 t Cobalt** und **10 t Seltene Erden** (vor allem Cer, Neodym und Gadolinium).

Weitere Untersuchungen an anderen Absetzbecken (z.B. Erzgebirge, Harz oder andere Regionen in Europa) können zeigen, ob dieses Material die **Rohstoffabhängigkeit** der EU gegenüber Drittstaaten reduzieren kann. Außerdem muss das spezielle Lichtbogen-Verfahren im Geländeeinsatz unter dem Einsatz erneuerbarer Energien weiterentwickelt und hochskaliert werden, um seine **Wettbewerbsfähigkeit** zu verbessern.



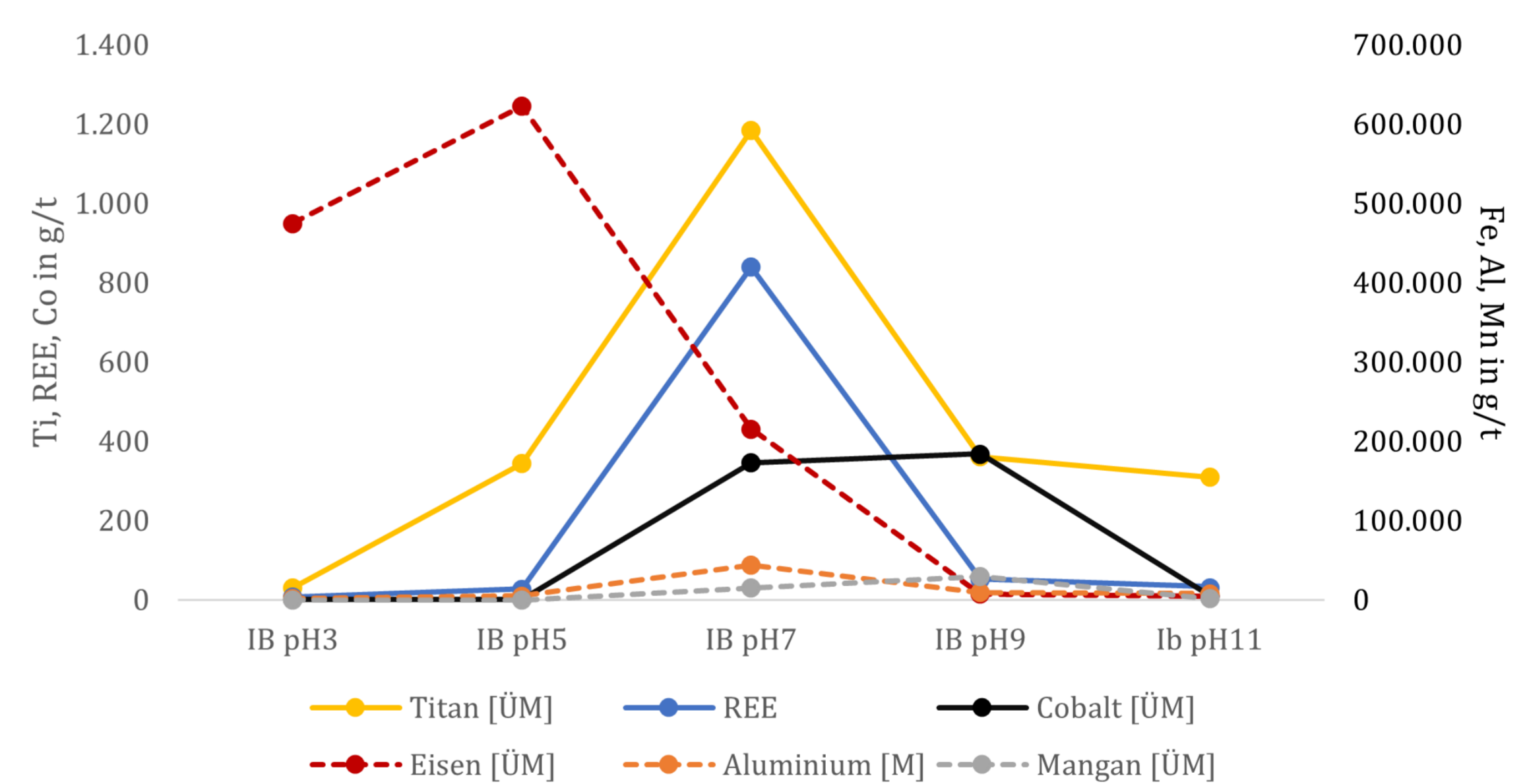
## Ergebnisse Ibbenbüren

Die Ergebnisse der gestaffelten Fällung (pH X) sowie der Beprobung des Absetzbeckens sind in folgender Tabelle dargestellt. Die verschiedenen Metallspezies wurden in Gruppen zusammengefasst und Eisen wird als Hauptbestandteil gesondert ausgewiesen.

**Ibbenbüren**  
Angaben in Gramm Metall pro Tonne getrockneten Grubenwasserschlamms, AB = Absetzbecken

Gruppe	pH 3	pH 5	pH 7	pH 9	pH 11	AB
(Erd-)Alkali	1.084	1.495	9.047	16.626	20.068	11.821
Übergangsmetalle (exkl. Fe)	316	719	23.882	31.964	2.665	17.726
(Halb-)Metalle	2.203	5.980	43.822	9.740	8.102	12.075
Seltene Erden	9	28	840	53	34	100
Eisen	609.153	799.028	277.284	7.935	5.313	441.574
Summe	612.764	807.250	354.875	66.265	36.148	483.296

Die Tabelle und das Diagramm zeigen, dass ein Großteil des Eisens bereits bei niedrigen pH-Werten ausfällt, während die Übergangsmetalle und (Halb-)Metalle erst bei höheren pH-Werten ausfallen. Besonders deutlich wird dies bei den **Seltenen Erden** (blaue Linie im Diagramm). Auch kritische Metalle wie **Titan** (gelbe Linie) und **Cobalt** (schwarze Linie) erreichen bei pH 7 die höchste Anreicherung im ausgefällten Schlamm.



## Exkurs: Rohstoffgewinnung

Zusammen mit dem Max Planck-Institut für Nachhaltige Materialien wurden auf Grundlage ihrer Forschungsergebnisse (Jovičević-Klug et al. 2024) Experimente zur Metallgewinnung aus den Ibbenbürener Schlämmen durchgeführt. Im **Lichtbogen** unter **reduzierender Atmosphäre** (90% Ar, 10% H<sub>2</sub>) konnte **elementares Eisen** gewonnen werden, während sich der Großteil der anderen Metalle in der teils glasigen **Schlacke** anreichern konnte. Als Nebenprodukt entsteht bei diesem Prozess nur **Wasser(dampf)**, kein CO<sub>2</sub>.



### Literatur:

EK (Europäische Kommission) (2023): Critical raw materials. Online: [https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials_en) (11.03.2025)  
Jovičević-Klug M, Souza Filho IR, Springer H, Adam C, Raabe D (2024): Green steel from red mud through climate-neutral hydrogen plasma reduction. Nature 625, p 703–717.  
Wolkersdorfer, C. (2021): Grubenwasserreinigung – Beschreibung und Bewertung von Verfahren. Heidelberg (Springer), <https://doi.org/10.1007/978-3-662-61721-2>

### Danksagung:

Wir danken der RAG Stiftung für die Finanzierung dieses Projekts, der RAG AG für die kooperative Zusammenarbeit, Herrn Dr. Bode vom DBM für die Analysen am ICP-MS und dem MPI SusMat für die Experimente am Lichtbogenofen.