



# BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN UND -KRITERIEN FÜR GRUBENWASSER

Prof. Dr. G. Wieber, Mainz (Projektleiter)

Dr. M. Stemke (wiss. Mitarbeiterin)

Dipl.-Geol. P. Quensel (wiss. Mitarbeiter)

Projektdauer: 2017 – 2022

## Kurzfassung der Projektergebnisse

Im Rahmen der Arbeiten zum Thema „Beurteilungsgrundlagen und -kriterien für Grubenwasser“ liegt der Schwerpunkt auf drei Aufgabenbereichen:

1. Ermittlung von Hintergrundwerten (HGW) für die durch den Bergbau angetroffenen Grubenwässer.
2. Ermittlung und Bewertung der Spurenelementgehalte (z.B. Inwertsetzung kritischer Rohstoffe) in den Grubenwässern in Hinblick auf mögliche Anreicherungen.
3. Grubenwasserhydraulik und Auswirkungen von Grubenwasseranstiegsprozessen.

### **TEILPROJEKT 1: HINTERGRUNDWERTE FÜR DIE DURCH DEN BERGBAU ANGETROFFENEN GRUBENWÄSSER**

Im Rahmen dieses Teilprojekts sollten „Hintergrundwerte“ für Grubenwässer des Steinkohlebergbaus abgeleitet werden. Grubenwässer sind definiert (Burghardt et al., 2017) als „alles Wasser, das mit Tief- und Tagebauen in Kontakt steht oder stand.“

Unter Hintergrundwerten werden die weitgehend geogen bedingten Konzentrationen von Grundwasserinhaltsstoffen verstanden (BLA GEO & LAWA, 2015). Sie dienen der Zustandsbewertung der Grundwasserkörper nach der EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL 2000). Gemäß der Grundwasserverordnung wird der geogene Hintergrund über das 90. Perzentil der Verteilung der Stoffkonzentrationen im Grundwasser der für den Grundwasserkörper maßgeblichen hydrogeologischen Einheit (BLA GEO & LAWA, 2015) definiert. Dabei gestaltet sich die Anwendung der Methode auf Grubenwässer schwierig, da sie aus Wässern unterschiedlicher Herkunft bestehen (Wieber & Stemke, 2021). Die hydrochemische Beschaffenheit ist in Abhängigkeit von dessen Genese stark unterschiedlich.

Walter (2008) hat eine Methode entwickelt, um Anomalien anthropogener aber auch geogener Natur in Datenkollektiven zu erkennen. Die von ihm entwickelte Excel Anwendung basiert auf dem statistischen Verfahren von Lepeltier (1969). Bei Darstellung der nach Größe sortierten Analyseergebnisse auf Wahrscheinlichkeitspapier entsteht eine Gerade soweit eine Normal- oder Lognormalverteilung vorliegt (Wieber, 2002). Die Ordinate ist nach dem Gauß'schen Integral geteilt. In Gebieten mit Anomalien weisen die Geraden Knickpunkte auf. Diese sind darauf zurückzuführen, dass in der betrachteten Häufigkeitsverteilung mehrere Normal- bzw. Lognormalverteilungen vorliegen, die unterschiedliche Mittelpunkte auf der Abzisse aufweisen. Das Excel-basierte Worksheet zur Auswertung von Wasseranalysen wurde bereits für die Ermittlung von Hintergrundwerten oberflächennaher Wässer eingesetzt.

Ziel unserer Untersuchungen ist die Prüfung, ob mithilfe des Worksheets für die Wasserhaltungsstandorte des Steinkohlebergbaus sinnvolle Gruppierungen der ermittelten Analyseergebnisse und Ableitungen von „Hintergrundwerten“ möglich sind. Insgesamt konnten Analyseergebnisse von ca. 4.800 Proben aus den Revieren an der Saar und in Nordrhein-Westfalen ermittelt werden. Der Analysenumfang ist allerdings sehr unterschiedlich. Eine weitere Anwendung kann sich daraus für die Ableitung von Flutungsniveaus ergeben.

### **TEILPROJEKT 2: INWERTSETZUNG VON GRUBENWÄSSERN DES STEINKOHLBERGBAUS**

Bei der Inwertsetzung der Grubenwässer lässt sich zwischen einer stofflichen und energetischen Nutzung unterscheiden. Hinsichtlich der stofflichen Verwertung wurde das Augenmerk auf die kritischen Rohstoffe (Tab. 1) gelegt (European Union, 2020; Marscheider-Weidemann et al., 2016). Dies sind Stoffe, bei denen ein Mangel besteht oder zukünftig zu erwarten ist.

Hinsichtlich der energetischen Verwertung bietet sich die geothermische Nutzung mittels Wärmetauscher-technologie an. Zu diesem Thema liegen diverse Einzeluntersuchungen sowie eine zusammenfassende Studie des LANUV (2018) vor. Vom *Forum Bergbau und Wasser* wurden zu diesem Thema weitere Fremdaufträge vergeben, zu denen eigene Veröffentlichungen in diesem Schlussbericht vorliegen. Überschlägige eigene

Berechnungen ergeben bei einer Wasserhaltung von 100 Mio. m<sup>3</sup>/a entsprechend 3.200 L/s und einem angenommenen delta T von 10 K eine geothermische Leistung von ca. 400 MW. Ein weiterer Forschungsauftrag befasst sich mit dem Thema „Niedrigtemperatur-Stromgewinnung und Energiespeicherung“.

Tab. 1: Kritische Rohstoffe (European Union, 2020)

Antimon	Gallium	Lithium	Phosphor	Tantal
Baryt	Germanium	Magnesium	Phosphorit	Titan
Bauxit	Hafnium	Metalle der Platingruppe	Scandium	Vanadium
Beryllium	Indium	Naturkautschuk	Seltene Erden	Wismut
Borat	Kobalt	Graphit	Siliciummetall	Wolfram
Flussspat	Kokskohle	Niob	Strontium	

Hinsichtlich der stofflichen Nutzung von Grubenwasserinhaltsstoffen wurden einige interessante Anreicherungen identifiziert. Weitergehende Untersuchungen zur Verifizierung und Extraktion werden am Beispiel der auslaufenden Grubenwässer des Westfeldes des Anthrazithbergwerkes Ibbenbüren auf Lithium und seltene Erden durchgeführt.

In dem Bergwerk Ibbenbüren lässt sich eine Zunahme der Lithiumkonzentrationen mit zunehmender Teufe auf über 20 mg/L feststellen (Abb. 1). Die aus dem gefluteten Westfeld über den Dickenberger Stollen auslaufenden Grubenwässer weisen bei starken Schwankungen einen mittleren Abfluss von 8,1 m<sup>3</sup>/min auf (Wieber & Stemke, 2022). Die durchschnittliche Lithiumkonzentration wurde mit 0,6 mg/L erfasst und liegt somit ca. dreimal so hoch wie im Meerwasser (Merkel & Sperling, 1998).

In Cooperation mit dem KIT wurden selektive Sorptionsversuche auf MnO-Basis durchgeführt. Dabei wurden die Lithiumkonzentrationen im Sorptionseilat verringert und das Sorbens mit max. 1,7 mg/g Lithium beladen. Es fanden jedoch mit zunehmender Dauer weitere geochemische Reaktionen statt, die geklärt werden müssen. Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass Li-Extraktion aus den Grubenwässern des Dickenberger Stollens generell möglich ist. Zur Optimierung sind weitere Untersuchungen erforderlich.

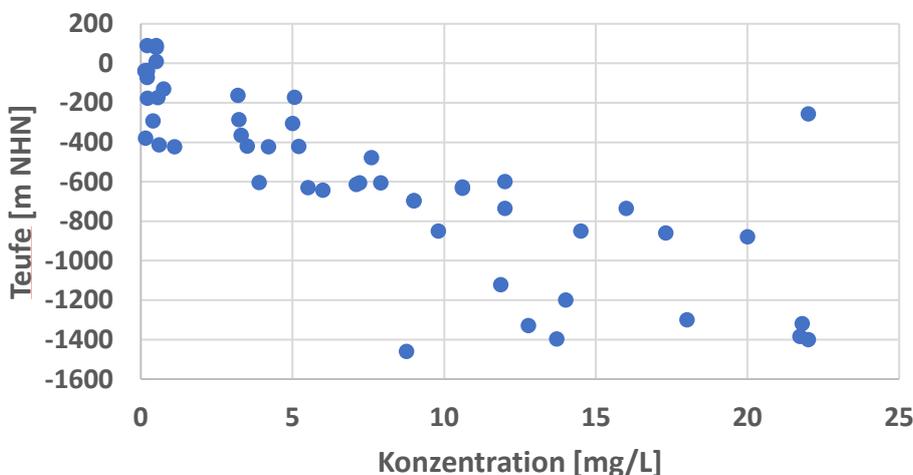


Abb. 1: Lithiumgehalte in den Grubenwässern des Anthrazithbergwerkes Ibbenbüren

Außerdem wurden in den auslaufenden Grubenwässern des Dickenberger Förderstollens Seltene Erden nachgewiesen. Aufbauend auf einem abgeschlossenen geförderten Projekt „Recycling von Seltenen Erden aus Elektroschrott durch selektive Anreicherung an heimischen Tonmineral-Rohstoffen“ (BMBF Förderung) werden aktuell Laborversuche durchgeführt, ob diese auch aus den Grubenwässern des Anthrazithbergwerkes Ibbenbüren gewonnen werden können. Die Untersuchungen des zugrundeliegenden Forschungsprojektes (Diedel et al. 2020) haben gezeigt, dass die in der Lösung enthaltenen REE-Metalle durch Adsorption an die Tonminerale - selbst bei einer sehr niedrigen Konzentration und in Gegenwart anderer Metalle - nahezu vollständig aus der Lösung entfernt werden können. Optimale Adsorptionsergebnisse der REE-Ionen werden im pH-Bereich von 5,0 - 6,5 erreicht. Mit dem Abschluss unserer Voruntersuchungen ist ebenfalls im Sommer 2022 zu rechnen.

Neben Lithium und Seltenen Erden wurden weitere kritische Stoffe in den Grubenwässern identifiziert, die im Rahmen ergänzender Auswertungen verifiziert und bewertet werden sollen. Soweit die aktuell laufenden Forschungen zum Vorkommen und Gewinnung von Lithium und Seltenen Erden positive Ergebnisse liefern, sollten sich weitere Forschungen anschließen.

### TEILPROJEKT 3: HYDRAULISCHE UNTERSUCHUNGEN IN GEFLUTETEN BERGWERKEN

Die Grubenwasserhydraulik in gefluteten Bergwerksanlagen ist sehr komplex und viele Fragen sind bisher nicht abschließend geklärt (Wolkersdorfer, 2008; Wieber, 1999; Wieber & Stemke, 2021). Nach Wieber et al. (2019) kann es bei Änderungen der Randbedingungen auch zur Veränderung von Fließwegen kommen (Abb. 1). Im Rahmen von Langzeituntersuchungen werden – aufbauend auf bereits durchgeführten Untersuchungen – aktuell die Piezometerhöhen in mehreren Schächten gefluteter Verbundbergwerke kontinuierlich gemessen. Eine Fortsetzung der Messungen und deren Auswertung ist vorgesehen. In diesem Zusammenhang sollen auch Multitracerversuche erfolgen. Die Entwicklung einer Sonde für punkt- bzw. teufengenaue Eingabe der Tracersubstanzen ist bereits weit fortgeschritten. Feldversuche sind zeitnah vorgesehen.

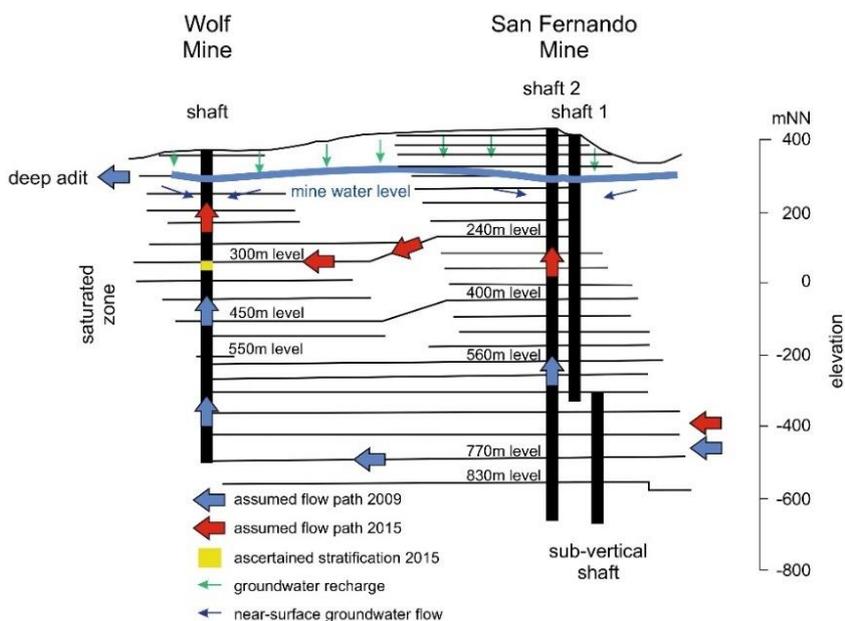


Abb. 1: Hydraulik der Gruben Wolf und San Fernando mit unterschiedlichen Fließrichtungen und Schichtungen (aus: Wieber et al., 2019)

Des Weiteren wurden in einem gefluteten Schacht physiko-chemische Mehrfachmessungen in den oberen Teufen bis ca. 60 m unter Wasseroberfläche durchgeführt (Wieber et al., 2016) und mehrere Schichtungen festgestellt (Abb. 2).

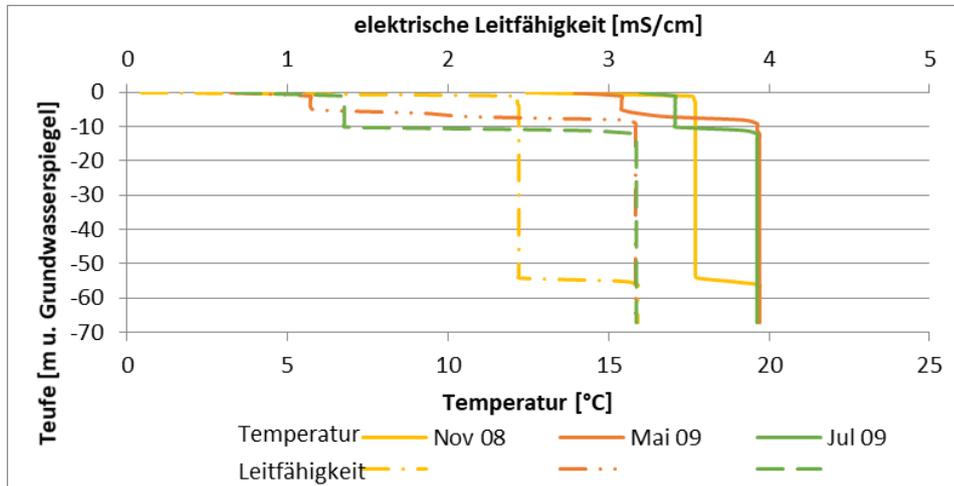


Abb. 2: Schichtung im Schacht Grube Georg (gemäß Wieber et al., 2016)

Daraus wurde ein Modell für die dynamische Entwicklung von Schichtungen in Begwerksschächten und deren Kollaps entwickelt (Wieber et al., 2016). Für diese Anlage liegt nun die Genehmigung des Bergwerkeigentümers vor, die Untersuchungen bis zur Endteufe von annähernd 1.000 m unter Rasenhängebank durchzuführen.

Diese laufenden Untersuchungen sollen fortgeführt und mit Danksagung an die Stiftung Bergbau und Wasser veröffentlicht werden.

## LITERATUR

- Bund - Länder – Ausschuss Bodenforschung (BLA-GEO) & Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (Sept. 2015): Hydrochemische Hintergrundwerte im Grundwasser und ihre Bedeutung für die Wasserwirtschaft. – 22 S.
- Diedel, R. et al. (2020): Recycling von Seltenen Erden aus Elektroschrott durch selektive Anreicherung an heimischen Tonmineral-Rohstoffen. – KMU Abschlussbericht Förderkennzeichen 033RK042A,B,C,D: 41 S..
- EG-WRRL 2000: Richtlinie 2000/60/EG vom 23.10.2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. – Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 327 vom 22.12.2000, S 1.
- European Union (2020): Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path towards greater Security and Sustainability: 4 Abb.; Brussels – [<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A52014DC0297>; letzter Zugriff 07.07.2021]
- LANUV (2018): Potentialstudie warmes Grubenwasser. – LANUV Fachbericht 90: 154 S., 40 Abb., 34 Tab., Recklinghausen.
- Lepeltier, C. (1969): A simplified statistical treatment of geochemical data by graphycal representation. – Econ. Geol., 64: 538-550, Lancaster PA.
- Marscheider-Weidemann, F.; Langkau, S.; Hummen, T.; Erdmann, L.; Tercero Espinoza, L.; Angerer, G.; Marwede, M.; Benecke, St. (2016): Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016. – DERA Rohstoffinformationen, 28: 353 S., Berlin.
- Merkel, B. & Sperling, B. (1998): Hydrogeochemische Stoffsysteme, Teil II: DVWK Schriften, 117: 397 S.; Bonn.

- Walter, T. (2008): Determining natural background values with probability plots. – EU Groundwater Polycy Developments Conference 13.-15. Nov. 2008, UNESCO, Paris (France).
- Wieber, G. & Stemke, M. (2019): Pump Tests in Deep Mine Ore Shafts for the Evaluation of a possible geothermal Use. – In: Proceedings of the IMWA 2019 Conference – “Mine water: Technological and Ecological Challenges”: 375 – 378, 3 Fig., Perm.
- Wieber, G. & Stemke, M. (2021): Grundlagen des Wasseranstiegs in stillgelegten deutschen Steinkohlegruben. In: bb, 04-2021: S. 48-52, 8 Abb., 1 Tab., Bonn.
- Wieber, G. & Stemke, M. (2022): Kritischer Rohstoff Lithium: Gehalte und Potentiale in den Grubenwässern des stillgelegten Anthrazithbergwerkes Ibbenbüren. – scriptum online, 22: 15 S., 6 Abb., 2 Tab.; Krefeld. [[https://www.gd.nrw.de/pr\\_bs\\_scriptumonline-22\\_2022-02.pdf](https://www.gd.nrw.de/pr_bs_scriptumonline-22_2022-02.pdf)]
- Wieber, G. (1999): Die Grubenwässer des ehemaligen Blei-, Zink-, Kupfer- und Quecksilbererzbergbaus an Beispielen des westlichen Rheinischen Schiefergebirges und der Saar - Nahe - Senke: Hydraulik, hydrochemische Beschaffenheit und umweltgeologische Bewertung. – 250 S., 69 Abb., 57 Tab., Gießen (Microfiche, Habil. – Schrift).
- Wieber, G. (2002): Bodenverunreinigungen und Bodenschutz. – Weiterbildender Studiengang Angewandte Umweltwissenschaften, Studienbrief 1: 158 S., Koblenz.
- Wieber, G., Enzmann, F. & Kersten, M. (2016): Entwicklung und Veränderung der Dichteschichtung in Schächten gefluteter Erzbergwerke. – in: Mainzer Geowissenschaftliche Mitteilungen, Bd. 44: S. 205-226, 9 Abb., 4 Tab., Mainz (ISSN 0340-4404).
- Wieber, G., Enzmann, F. & Kersten, M. (2016): Pycnocline dynamics in an abandoned and flooded mine. – Proceedings of the 13th IMWA Symposium, 5 p., 3 fig., 3 tab., Leipzig.
- Wieber, G.; Stemke, M., Wonik, T., Enzmann, F., Kersten, M. (2019): Stratification Dynamics and Geothermal Potential of a Deep Shaft in the Flooded Wolf Mine, Siegerland/Germany. – In: Mine Water and the Environment, 325-334, 7 Fig., 1 Tab., Berlin (Springer)
- Wolkersdorfer, C. (2008): Water Management at Abandoned Flooded Underground Mines – Fundamentals, Tracer Tests, Modelling, Water Treatment. – 466 S., 126 Abb., 34 Tab.; Heidelberg (Springer).

### **Veröffentlichungen aus dem Projekt**

Aus dem Projekt sind 12 Veröffentlichungen bereits publiziert oder zur Publikation eingereicht. Details finden sich im Publikationsverzeichnis ab Seite 71 unter den Referenznummern [26], [47], [54], [55], [56], [57], [58], [59], [60], [61], [62] und [63].