



BGR Report 2023

Rohstoffwissen im Fokus

Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe

www.bgr.bund.de

Impressum

© Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2024)

Kontakt

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
Stilleweg 2
30655 Hannover
Telefon: +49 511 643-0
Telefax: +49 511 643-2304
E-Mail: info@bgr.de
www.bgr.bund.de

Redaktion

Andreas Beuge (V. i. S. d. P.), Karola Otremba (Koord.), Claudia Blume, Anna Woodyard

Redaktionelle Mitarbeit

Siyamend Ingo Al Barazi, Dr. Wibke Crewett, Andre Kalia, Bettina Landsmann, Dr. Rüdiger Lutz, Pernette Messager, Dr. habil. Christoph Neukum, Dr. Marc Filip Wiechmann

Texte

Tamara Worzewski

Gestaltung

Christian Ulrich – Büro für Grafik und Design

Bildquellen

Die Abbildungen und Fotos, zu denen keine anderen Quellen genannt sind, stammen von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der BGR.

Autorenfotos: [berlin-event-foto.de/Peter-Paul Weiler](http://berlin-event-foto.de/Peter-Paul>Weiler) bzw. [berlin-event-foto.de/Stephan Redeker](http://berlin-event-foto.de/Stephan/Redeker);
Ausnahmen: Dr. habil. Christoph Neukum (BILDKRAFTWERK/Weiler), Moritz Michel, Andreas Renck, Dr. Uwe Meyer (privat);
Titelbild: © mauritius images/ Adobe Stock/ Phawat;
S. 3: © Stocktrek Images/ Getty Images;
S. 7, oben, Schiff FS Sonne: © Tim Kalvelage, unten, Blechverschnitt: © mauritius images/ Adobe Stock/ Petair;
S. 13: © mauritius images/ Adobe Stock/ Scanrail;
S. 19, oben links, Tauchroboter: © Tim Kalvelage;
S. 20: © mauritius images/ picture alliance/ dpa/ Tobias Hase;
S. 21: oben, Schwindequelle: © Carmen Hartel @ Bispingen Touristik (<https://www.bispingen.de/poi/schwindequelle>), veröffentlicht unter der Lizenz CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode.de>);
S. 21: unten, Grundwassermessstelle: © mauritius images/ picture alliance/ dpa/ Christoph Schmidt;
S. 30/31: © mauritius images/ Olivier Verriest/ Alamy/ Alamy Stock Photos;
S. 36: © mauritius images/ Loc Huynh/ Alamy/ Alamy Stock Photos;
S. 39: © BGE

Die vorliegende Broschüre wird kostenlos abgegeben und kann bei Bedarf angefordert werden bei: info@bgr.de

Erscheinungsmonat

Februar 2024

Der vorliegende BGR Report stellt Projekte und Arbeiten der BGR aus den Jahren 2022 bis 2023 vor.
ISSN 2364-7736

**Der Planet
Erde
ist unsere
Lebensgrundlage,
seine Ressourcen
sind begrenzt.**



*Deshalb setzt sich die BGR
für die Sicherung unseres
Lebensraumes und die
nachhaltige Nutzung
natürlicher Ressourcen ein.*

Inhalt

- 5 Editorial
- 6 Die Rohstoffexpertise der BGR beeindruckt auch den Bundeskanzler

Projekte

Geo-Ressourcen

- 12 Neuer digitaler Atlas: Wo Metalle in Deutschland recycelt werden
- 14 Was Rohstoffgewinnung nachhaltig macht
- 16 Für die Wärmewende: Wie man Geothermie fördert und Risiken beurteilt
- 18 Energiesicherung in Krisenzeiten
- 19 Der Tiefseebergbau und seine Folgen

Geo-Wissen

- 20 Wie alt ist unser Grundwasser?
- 22 Im Tiefflug über Zentralasien: Suche nach radioaktiven Hotspots
- 24 Forschung an Tonsteinen
- 25 Wie Bäume die Bildung von Grundwasser beeinflussen
- 26 Der Weg zu einheitlichen Messwerten

Endlagerung

- 28 Künstliche Intelligenz erleichtert auch die Gesteinsforschung
- 29 Fachwissen besser nutzbar machen
- 30 Die fundierte Bewertung von Ungewissheiten

Internationale Kooperationen

- 32 30 Jahre Technische Zusammenarbeit mit der Mongolei
- 34 Verantwortungsvolle Lieferketten für den kongolesischen Bergbausektor
- 36 Das Grundwasserproblem in Vietnam
- 37 IUGG Berlin 2023: Ein Forum für die Forschung

Perspektive

- 38 Mit ihrer Expertise unterstützt die BGR die Endlagersuche maßgeblich
Interview mit Steffen Kanitz, ehemaliger Geschäftsführer
der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE)

Karriere

- 40 Organisieren, strukturieren und fokussieren – das Erfolgsrezept von Gesa Ziefle
- 42 Fachkompetenz von morgen – der wissenschaftliche Nachwuchs der BGR
- 43 Ausbildung – die vielfältigen Möglichkeiten in der BGR

Zahlen, Daten, Fakten

- 44 Die BGR
- 45 Publikationen, Geoportal
- 46 Internationale Einsatz- und Forschungsgebiete
- 48 Beratung
- 52 Organisationsplan



Prof. Dr. Ralph Watzel
Präsident der Bundesanstalt
für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

Liebe Leserinnen und Leser,

die BGR ist das geowissenschaftliche und rohstoffwirtschaftliche Kompetenzzentrum des Bundes. Zu ihren zentralen Aufgaben gehört die Erarbeitung fachlicher Grundlagen zur Sicherung der Rohstoff- und Energieversorgung des Landes. Worauf die Rohstoffexpertise der BGR fußt, wie sie kontinuierlich weiterentwickelt wird und mit welchen Maßnahmen und Technologien die BGR Entscheidungsprozesse in Politik und Wirtschaft unterstützt, erfahren Sie in der Titelgeschichte dieses BGR Reports auf den [Seiten 6 bis 11](#).

Bei Metallrohstoffen ist Deutschland stark auf Importe angewiesen. Um auch künftig die Rohstoffversorgung der Wirtschaft sicherzustellen, ist der weitere Ausbau der Kreislaufwirtschaft mit einem noch gezielteren Recycling von zentraler Bedeutung. Wie die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der BGR ihre Beratungskompetenz mit dem jetzt veröffentlichten ersten deutschen „Recyclingatlas für die Metallerzeugung“ erweitert hat, lesen Sie auf den [Seiten 12 und 13](#).

Bei den erneuerbaren Energien hat auch die Erdwärmennutzung in Deutschland großes Potenzial. Wie die BGR die Erdwärmekampagne der Bundesregierung bei der Evaluation erfolgversprechender Projekte unterstützt und welche Methoden sie zur Überwachung und Eindämmung seismischer Risiken in der Geothermie entwickelt, beschreibt unser Beitrag auf den [Seiten 16 und 17](#).

Durch den Klimawandel sind große Waldflächen bedroht. Vielerorts wird versucht, durch die Aufforstung mit klimaresilienteren Pflanzen dieser Entwicklung entgegenzuwirken. Allerdings beeinflusst die Wahl der Baumarten die Menge des im Boden versickernden Niederschlags und damit die künftige Grundwasserneubildung. Wie sich dies auf das künftige Wasserdargebot auswirken kann, schildert der Bericht über ein Forschungsprojekt der BGR auf [Seite 25](#).

Für die sichere unterirdische Lagerung radioaktiver Abfälle sind genaue Kenntnisse über die mikroskopisch kleinen Poren eines Wirtsgesteins von entscheidender Bedeutung, da sie dessen Materialeigenschaften maßgeblich beeinflussen. Bisher erforderte ihre Detektion zeitaufwendige Untersuchungen. Wie es einem BGR-Team unter Einsatz „Künstlicher Intelligenz“ gelang, das Verfahren zu vereinfachen und gleichzeitig die Analysemethoden zu verbessern, beschreibt unser Beitrag auf [Seite 28](#).

Warum die Expertise der BGR bei der Suche nach einem geeigneten Endlagerstandort in Deutschland so wichtig ist, schildert das Interview mit dem ehemaligen Geschäftsführer der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE), Steffen Kanitz, auf den [Seiten 38 und 39](#).

In der Technischen Zusammenarbeit mit der Mongolei feierte die BGR 30-jähriges Jubiläum. Wie sich die erfolgreiche geowissenschaftliche Partnerschaft entwickelte und mit welchem Know-how die BGR das rohstoffreiche Land in Zentralasien unterstützt, beschreibt der Beitrag auf den [Seiten 32 und 33](#).

Ich wünsche Ihnen viel Spaß bei der Lektüre!



Präsident Prof. Dr. Ralph Watzel erläutert Bundeskanzler Olaf Scholz die Aufgaben der BGR im Rohstoffsektor (oben). So forscht die BGR zu marinen Rohstoffvorkommen. Sie verfügt über eigene Rohstoffinformationssysteme, analysiert die globalen Rohstoffmärkte und berät Politik und Wirtschaft zum Recycling von Rohstoffen (rechts).

Die Rohstoffexpertise der BGR beeindruckt auch den Bundeskanzler

Forschung, Information und Beratung sind die drei integralen Säulen des Leistungsspektrums der BGR. Die umfassende Rohstoff-Expertise der BGR überzeugte auch Bundeskanzler Olaf Scholz und EU-Kommissar Thierry Breton bei ihren Besuchen in Hannover.

Das Leistungsspektrum der BGR:



Forschung



Information



Beratung



Der Link zum Film



Für Deutschland ist eine sichere und nachhaltige Rohstoffversorgung nicht nur als Wirtschaftsstandort essenziell. Die Transformation zu einem klimaneutralen Energiesystem kann nur gelingen, wenn auch die erforderlichen Rohstoffe verfügbar sind. Doch eine hohe globale Nachfrage, Angebotskonzentrationen sowie Handelsrestriktionen können zu Lieferengpässen und Preisrisiken führen und die Verfügbarkeit zentraler Rohstoffe für den Ausbau von Photovoltaik und Windkraft, Elektromobilität und Wasserstoffproduktion erschweren. So wird allein der weltweite Bedarf für den Batterierohstoff Lithium bis zum Jahr 2030 um das Sechs- bis Achtfache steigen – für Kobalt, einem anderen wichtigen Rohstoff für die Elektromobilität, um voraussichtlich das Vierfache.

Zu den kritischen Rohstoffen zählen auch Seltene Erden, die u. a. für Windenergieanlagen benötigt werden. Als China, heute größter Produzent vieler wichtiger Rohstoffe, im Jahr 2010 erste Handelsbeschränkungen für Seltene Erden erließ, begann angesichts nicht mehr funktionierender Marktmechanismen und gestiegener Preis- und Lieferrisiken ein Prozess des Umdenkens. Als eine politische Maßnahme im Rahmen der Rohstoffstrategie der Bundesregierung wurde im selben Jahr die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der BGR gegründet. Schnell entwickelte sich der in Berlin angesiedelte BGR-Fachbereich für die deutsche Wirtschaft zur zentralen Informations- und

Beratungsplattform in Fragen der Verfügbarkeit und nachhaltigen Nutzung mineralischer Rohstoffe – und seit 2021 auch für das Thema Recycling. Die DERA analysiert die internationalen Rohstoffmärkte und zeigt mit ihren Studien Potenziale und Risiken für die Rohstoffversorgung des Landes auf.

Das Rohstoffwissen der BGR ist von großem Wert, wie Bundeskanzler Olaf Scholz bei seinem Besuch der BGR deutlich machte. So nannte er die BGR bei seinen Gesprächen zu Fragen der künftigen Rohstoffversorgung ein „Know-how-Zentrum“, das in engem Austausch mit der Bundesregierung und der Wirtschaft stehe. Vom Gastgeber, BGR-Präsident Prof. Dr. Ralph Watzel, erfuhr der Kanzler, wie die BGR die ihr gestellten Aufgaben meistert.

„Das Leistungsspektrum der BGR fußt auf drei Säulen. Wir bieten eine adressatengerechte, wissensbasierte Beratung auf Grundlage umfangreicher Daten und Informationen zur weltweiten Rohstoffsituation. Diese werden ergänzt durch Ergebnisse unserer innovativen Rohstoffforschung, die auf speziell entwickelten, hochtechnologischen Methoden basiert“, erläuterte Ralph Watzel.

Einen Eindruck von der Arbeit im geowissenschaftlichen und rohstoffwirtschaftlichen Kompetenzzentrum des Bundes bekam der Kanzler bei einem Rundgang durch



Bei einem Rundgang vermittelten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler dem Bundeskanzler einen Eindruck von ihrer Arbeit.

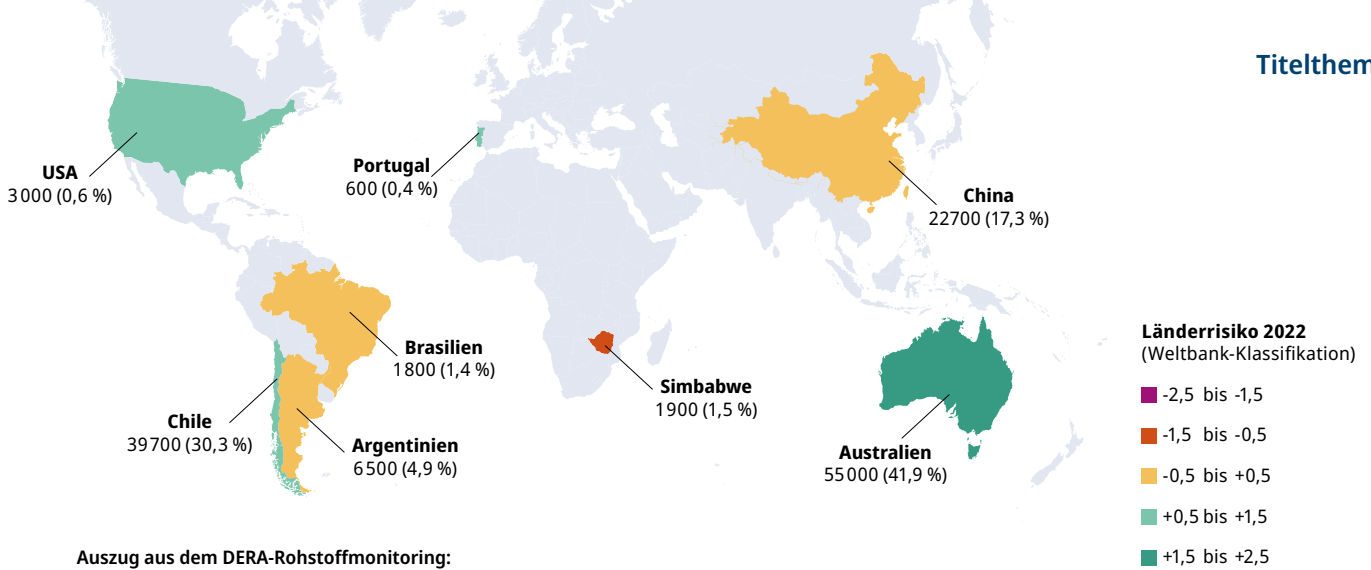
die BGR. Die Fachleute der DERA in der BGR gaben dem Kanzler einen Einblick in das von ihnen entwickelte Rohstoffmonitoring – bei seiner Einführung das erste System dieser Art in Europa. Es beinhaltet die regelmäßige Beobachtung wichtiger Märkte von mineralischen Rohstoffen, Zwischenprodukten und Recyclingrohstoffen. Erfasst werden mit dem System Preisentwicklungen sowie Angebots- und Nachfragetrends. Auf Grundlage umfassender Marktanalysen bietet die DERA der Wirtschaft in Publikationen, Workshops oder Einzelberatung gezielte Informationen zu Fragen der Rohstoffversorgung an. „Mit unserem Informationssystem können wir Unternehmen frühzeitig auf potenzielle Preis- und Lieferrisiken sowie kritische Entwicklungen auf den Rohstoffmärkten hinweisen und sie dabei unterstützen, passende Ausweichstrategien zu entwickeln“, erläuterte DERA-Leiter Dr. Peter Buchholz dem Kanzler die Vorzüge des Rohstoffmonitorings.

So können Handelskonflikte wie aktuell zwischen den USA und China oder auch ein Krieg wie in der Ukraine auf den Weltmärkten zu erheblichen Versorgungs- und Preisrisiken führen. Selbst eine Störung in einer wichtigen Produktionsstätte oder ein Erdbeben in einer einzelnen Bergbauregion können Auswirkungen auf die Rohstoffversorgung oder Lieferketten haben. „Deshalb brauchen wir umfassende Informationen, um aktuelle Entwicklungen besser einschätzen und Versorgungsrisiken minimieren zu können“, sagt Peter Buchholz.

Aus diesem Grund beobachtet die BGR mit der DERA nicht nur die weltweite Entwicklung bei Bergbau- und Raffinadeprodukten. Der Berliner BGR-Fachbereich untersucht für Deutschland auch importierte Warengruppen und wertet die Handelsdaten monatsbasiert aus. „In einer Krise können sich Handelsdaten schnell ändern. Durch unser Monitoring sind wir in der Lage, etwaige Schwankungen und Änderungen von Warenströmen zeitnah zu analysieren und der Wirtschaft adressatenspezifisch zur Verfügung zu stellen“, erklärt Peter Buchholz. Aus seiner Sicht ist die Widerstandsfähigkeit von Lieferketten zu einer Schlüsselthematik geworden. „Das gilt sowohl für Fertigungsunternehmen als auch für Regierungen, die die stabile Versorgung wichtiger Güter sicherstellen müssen“, so der Wirtschaftsgeologe.

Um Risiken auf den Rohstoffmärkten frühzeitig erfassen zu können, beschäftigt sich die DERA inzwischen auch mit der Anwendung von Big-Data-Analysen und dem Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI). „Ein KI-gestütztes System kann lernen, ob ein Ereignis für die Rohstoffversorgung tatsächlich relevant ist oder nicht“, erklärt Peter Buchholz. Mit den neuen technischen Möglichkeiten möchte er „das Rohstoffmonitoring auf das nächste Level heben“.

Mit ihrer Arbeit sorgt die DERA für mehr Markttransparenz im Rohstoffsektor – ein Effekt, der auch EU-Binnen-



Auszug aus dem DERA-Rohstoffmonitoring:
Weltweite Bergwerksförderung von Lithium (in Tonnen) im Jahr 2022.
(Quelle: BGR 2023, CRU 2023)

marktkommissar Thierry Breton bei seinem Besuch in der BGR ein knappes halbes Jahr zuvor bereits überzeugt hatte. Der EU-Kommissar bezeichnete die Arbeit der DERA als Vorbild auch für andere EU-Staaten. Inzwischen hat Frankreich eine vergleichbare Institution eingerichtet. „Es ist wichtig, dass wir auf EU-Ebene zusammenarbeiten, um gemeinsam für Europa die Versorgung mit Rohstoffen besser zu gewährleisten“, sagt Peter Buchholz.



Auch EU-Kommissar Thierry Breton besuchte die BGR.

Von den Rohstoffinformationen der BGR profitiert die gesamte Gesellschaft. Als Ressortforschungseinrichtung des Bundes veröffentlicht die BGR neben aktuellen Marktanalysen eine Vielzahl von Studien und periodischen Berichten sowie aktuelle Stellungnahmen für Ministerien. Die Informationen basieren auf umfassenden Datenbanken zu allen mineralischen Rohstoffen und Energierohstoffen. Sie sind auch Grundlage für die Arbeit der BGR-Rohstofffachleute in zahlreichen nationalen und internationalen Beratungs- und Expertengremien, bei Anhörungen im Deutschen Bundestag, wissenschaftlichen Konferenzen und Vorträgen in öffentlichen Veranstaltungen. „Auf diese Weise erarbeitet die BGR in großer Breite wichtige fachliche Grundlagen zur Sicherung der Rohstoff- und Energieversorgung. Wir unterstützen damit politische Entscheidungsprozesse bei Themen von

hoher gesellschaftlicher Relevanz“, wie BGR-Präsident Ralph Watzel beim Kanzler-Rundgang erläuterte.

Dazu gehört auch der intelligente und sparsame Einsatz von Rohstoffen durch Recycling oder Ressourceneffizienz – Themen, mit denen sich die BGR ebenfalls intensiv beschäftigt. „Wir müssen heute schon als Gesellschaft darüber nachdenken, wie wir die Primärrohstoffe, die wir im Augenblick dringend benötigen, später im Rahmen einer nachhaltigen Rohstoffversorgung recyceln können“, weist BGR-Vizepräsident Prof. Dr. Volker Steinbach auf eine zentrale Anforderung der aktuellen Rohstoffstrategie der Bundesregierung hin.

So beteiligt sich die BGR an der Entwicklung von Methoden für ein effizientes Recycling, wie Bundeskanzler Olaf Scholz bei seinem Rundgang erfuhr. In einem Forschungslabor präsentierte ihm die BGR die Ergebnisse aus einem Projekt zum Recycling von Batterieschlacken. Konkret ging es in dem Vorhaben um die Rückgewinnung von Lithium. „Die BGR hat eine Methode entwickelt, mit der sich das Mineral schnell identifizieren lässt“, wie BGR-Chemikerin Dr. Hildegard Wilken dem Kanzler erläuterte. Die Grundlage dafür bildeten mineralogische Forschungen. „Aus den Ergebnissen umfassender Gesteinsuntersuchungen mit dem Rasterelektronenmikroskop haben wir eine Analysemethode abgeleitet, die eine Identifikation des Minerals beim Prozess der Rückgewinnung ermöglicht“, so Hildegard Wilken. Gemeinsam mit ihrem Laborteam demonstrierte sie dem Kanzler die Anwendung der Untersuchungsmethode. Dass ein einzelnes Lithiummineral mit einem Lichtsignal sofort identifiziert werden kann, beeindruckte Olaf Scholz ebenso wie die mit modernster Technologie ausgestattete Mikroanalytik.

Untersuchungen wie diese im gesteinsanalytischen Labor sind neben den Feldarbeiten bei Expeditionen die zweite Säule der Lagerstättenforschung. Die aus eigenen Forschungsprojekten und Laboranalysen generierten Informationen werden in der BGR in Probenarchiven und Sammlungen vorgehalten. Sie bilden gemeinsam mit den

umfangreichen und in langjährigen Zeitreihen gesammelten Daten zur Rohstoffverfügbarkeit und Rohstoffwirtschaft einen riesigen Datenschatz, der eine wesentliche Grundlage für die Rohstoffexpertise der BGR ist. „Wir untermauern unser Wissen mit Forschung und müssen das für unseren Beratungsauftrag miteinander koppeln“, sagt Hildegard Wilken, die bei der BGR den Fachbereich „Geologie der mineralischen Rohstoffe“ leitet.

Die geologischen Untersuchungen der BGR basieren auf skalenübergreifenden Methoden. Das Spektrum der in der Rohstoffforschung eingesetzten Verfahren reicht von der Mikroanalytik und Mikroskopie mit Darstellungen nano- bis mikrometerkleiner Strukturen über Hubschrauber- und drohnengestützte Untersuchungen mit einer Hyperspektralkamera im Auflösungsbereich weniger Zentimeter bis Dezimeter bis hin zu flächendeckenden, viele Meter umfassenden Messungen auf Grundlage von Aufnahmen aus dem All.

„Zwischen diesen Extremen braucht man die Zwischentöne, um alles zusammenzubringen“, erklärt Dr. Michaela Frei, die dem Bundeskanzler beim Rundgang Ergebnisse der Fernerkundung präsentierte. Auch in diesem Bereich setzt die BGR auf eine Kombination unterschiedlichster skalenübergreifender Technologien, um Methoden zur nachhaltigen Gewinnung von Rohstoffen zu erforschen. Die Palette der Technologien umfasst sowohl geophysikalische Untersuchungen am Boden als auch luft- und satellitengestützte Messmethoden. „Die Fernerkundung ist eine besonders herausfordernde wissenschaftliche Disziplin“, so Michaela Frei.

Im Unterschied zu Laboruntersuchungen liegen die Ergebnisse von Messungen aus der Luft oder dem All in unterschiedlichen Auflösungen und Wellenlängenbereichen vor. „Wenn spektrale Aufnahmen der Fernerkundung auf potenzielle Lagerstätten hinweisen, muss neben physikalischen Besonderheiten der Daten aufgrund der unterschiedlichen Messumgebungen auch die räumliche

Auflösung berücksichtigt werden – wir haben es also mit einem Gemisch aus unterschiedlichen Informationen zu tun, die es entsprechend der unterschiedlichen Minerale in den Gesteinen aufzulösen gilt“, erklärt die Expertin für Fernerkundung.

Das Team von Michaela Frei setzt bei dieser Arbeit ebenfalls auf Künstliche Intelligenz und nutzt dazu spektrale Datenbanken. Darin enthalten sind die Signale von Mineralen sowie chemisch-mineralogische Zusatzinformationen, ergänzt durch eigene Geländeerhebungen. „Die KI wird trainiert, aus dem Mischsignal den prozentualen Anteil der Minerale zu extrahieren und entwickelt die weiterführenden Berechnungen aus diesen „In-situ“-Daten“, so Michaela Frei. Damit dabei keine systematischen Fehler auftreten, werden Genauigkeitsanalysen gemacht – etwa durch eine Validierung im Gelände oder Plausibilitätsabfragen. Denn, so die Expertin für Fernerkundung, bestimmte Ressourcen könnten in einigen Umgebungen gar nicht vorkommen. „Hier fließt unser Fachwissen über die weit entwickelte Lagerstättenforschung mit ein“, sagt sie. Zur wissenschaftlichen Arbeit in der Rohstoffforschung gehören heute auch Untersuchungen zu ökologischen und sozialen Fragestellungen. „Verantwortungsvoller Bergbau ist nicht nur wirtschaftlich nachhaltig. Er berücksichtigt auch wichtige Fragen zum Umweltschutz und soziale Kriterien wie z. B. den Arbeitsschutz im Bergbau – Aspekte, die wir ebenfalls wissenschaftlich untersuchen“, sagt Hildegard Wilken. „Die nötige Fachexpertise entwickeln wir in Projekten auf Grundlage von Erfahrungswissen sowie durch die Verknüpfung von verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen regelmäßig weiter“, beschreibt sie die Arbeit.

Auf die Rohstoffexpertise der BGR wird die Bundesregierung weiter verstärkt setzen. Die BGR leiste großartige Wissenschaft und Forschung – in der Einrichtung werde sehr viel Know-how entwickelt, die für die Zukunft des Landes von allergrößter Bedeutung sei, erklärte Bundeskanzler Olaf Scholz zum Abschluss seines Besuches.



Abschließend erhielt der Bundeskanzler einen Einblick in die innovative Rohstoffforschung der BGR mit speziell entwickelten Methoden.

Interview



Prof. Dr. Volker Steinbach

Abteilungsleiter für Rohstoffe
und Vize-Präsident der BGR

Die Transformation der Wirtschaft stellt Deutschlands Rohstoffversorgung vor große Herausforderungen. Die BGR unterstützt, indem sie die deutsche Industrie, Politik und Gesellschaft gezielt und adressatenspezifisch berät. Was zeichnet die BGR dabei aus?

Die BGR-Rohstoffberatung ist sowohl praxisnah als auch wissenschaftsbasiert. Grundlage bilden eigene Rohstoffinformationssysteme, die Auswertung internationaler Rohstoffinformationen und die Analyse der globalen Rohstoffmärkte sowie Forschungsergebnisse aus Geländearbeiten und Expeditionen mit anschließender Analytik in unseren Speziallaboren. Unsere Beratungstätigkeit zeichnet sich dadurch aus, dass wir tagesaktuell Rohstoffdaten für die Beantwortung der Fragen aus Wirtschaft, Politik und Gesellschaft bereitstellen können. Basis dafür ist der langfristige und kontinuierliche Betrieb unserer Rohstoffdatenbanken. Viele dieser Rohstoffdatenreihen reichen über 50 Jahre und mehr zurück. Eine weitere Voraussetzung ist die kontinuierliche Weiterentwicklung unserer wissenschaftlichen Expertise. Neben der täglichen Beratung ist es wichtig, die Forschungsplanung langfristig, d. h. für die kommenden Jahrzehnte auszurichten und Forschungsprojekte zukunftsgerichtet zu initiieren.

Welche Informationen zu Rohstoffen hält die BGR vor?

In Bezug auf Metalle, Industriemineralien, Baurohstoffe und Energierohstoffe verfügen wir sowohl über nationale als auch globale Daten. Konkret betrifft dies Informationen zu Rohstoffpotenzialen, Lagerstättenvorräten, zur Bergbau- und Raffinadeproduktion sowie zum Rohstoffimport und -export. Seit ca. zehn Jahren erfassen und analysieren wir ebenfalls verstärkt die Produkte der ersten Verarbeitungsstufe sowie Handelsprodukte. Diese Erweiterung war wichtig, da heute deutsche Firmen – insbesondere die verarbeitende Industrie – nicht nur Erze und Konzentrate, sondern zu einem Großteil Metalle und Produkte der ersten Wertschöpfungsstufe benötigen. Eine weitere wichtige Erweiterung ist die Erfassung und Analyse zu den ESG-Kriterien, also zu Umwelt-, Sozial- und Governance-Aspekten der Rohstoffgewinnung und der Rohstofflieferketten. Zudem haben wir mit dem „Recyclingatlas für die Metallerzeugung“ erstmals Daten zu Recyclingrohstoffen erfasst.

Warum sind internationale Kooperationen wichtig für die Beratungsaufgaben?

Die Rohstoffbilanz Deutschlands setzt sich aktuell zu rund 80 Prozent aus Importen, zu 5 Prozent aus heimischer Rohstoffgewinnung und zu 15 Prozent aus heimischem Recycling zusammen. Bei Metallrohstoffen, die für den Ausbau der erneuerbaren Energietechnologien eine entscheidende Rolle spielen, sind wir vollständig auf Importe und das Recycling angewiesen. Diese hohe Importabhängigkeit zeigt, wie wichtig internationale Kooperationen sind.

Wie können wir in Deutschland künftig die Versorgung mit den Rohstoffen sichern, die wir für die Energie- und Mobilitätswende brauchen?

Wir müssen die heimische Rohstoffgewinnung sowohl in Deutschland als auch in Europa stärken und die Kreislaufwirtschaft konsequent ausbauen. Eine wichtige Basis für die Kreislaufwirtschaft ist der Erhalt und der Ausbau der Metallurgiestandorte. Wir müssen Wertschöpfungsketten von der primären Rohstoffgewinnung über die Metallurgie bis hin zu den Endprodukten und dem Recycling – insbesondere für erneuerbare Energietechnologien – in Deutschland und Europa schließen. Zudem gilt es, die Länderkooperationen im Rohstoffsektor zu stärken. Deutsche Unternehmen sollten sich außerdem international stärker an Bergbauprojekten beteiligen. Dringend notwendig sind auch der Ausbau der Forschungskompetenz und die Stärkung der Akzeptanz in unserer Gesellschaft für Rohstoffprojekte.

Neuer digitaler Atlas: Wo Metalle in Deutschland recycelt werden

Zukunftstechnologien erfordern auch eine sichere Rohstoffversorgung mit Metallen. Recycling könnte die Importabhängigkeit Deutschlands deutlich verringern. Wo und wie Metalle recycelt werden, verrät jetzt ein umfassender interaktiver Atlas der Deutschen Rohstoffagentur (DERA) in der BGR.

Metallische Rohstoffe stehen am Anfang vieler industrieller Wertschöpfungen; sie bestimmen nachgelagerte Wirtschaftsbereiche und sind für die Energiewende unerlässlich. Ohne eine sichere Rohstoffversorgung droht Deutschland bei wichtigen Zukunftstechnologien wie Elektromobilität oder Digitalisierung an Wettbewerbsfähigkeit zu verlieren. Deswegen ist neben Rohstoffimporten eine gut funktionierende Kreislaufwirtschaft mit einem effektiven Recycling wichtig.

In einem Smartphone stecken z. B. über 50 verschiedene Metalle, die aber nicht alle wiedergewonnen werden können. „Das Recycling von Metallen beinhaltet komplexe Prozesse, ist aber ein wichtiger Faktor, um unsere Ressourcen zu schonen“, sagt Dr. Britta Bookhagen von der DERA. Zudem sei Recycling auch gelebter Umweltschutz. „Hinsichtlich der CO₂-Bilanz gilt für die meisten Metalle, dass bei der Wiederverwertung deutlich weniger CO₂ emittiert wird als bei der Neuproduktion“, erläutert die Rohstoffgeologin. In Deutschland werden seit Jahrzehnten keine Metalle mehr abgebaut. „Daher ist das Recycling ein wichtiger Schritt, um uns mit den Rohstoffen

abzusichern, die wir sonst nur durch Importe erhalten“, erklärt Britta Bookhagen.

Wie man die Recyclingwirtschaft in Deutschland stärken kann, ist Gegenstand der wissenschaftlichen Untersuchungen im neu gegründeten Arbeitsbereich „Recyclingrohstoffe“ der DERA, den Britta Bookhagen leitet. Gemeinsam mit ihrem Kollegen Dr. Michael Liesegang hat sie den ersten deutschen „**Recyclingatlas für die Metall-erzeugung**“ erstellt. Das neue digitale Produkt soll eine gezielte Datengrundlage für die Beratung von Wirtschaft und Politik zum Thema Metallrecycling ermöglichen.

Der Recyclingatlas besteht aus drei zusammenhängenden Teilen: Einer Begleitstudie, den stoffstrombezogenen Factsheets und einer interaktiven Kartendarstellung zu den Standorten der bearbeiteten Metallrohstoffe. In der Studie werden sämtliche Methoden und Hintergrundinformationen zu den Daten erläutert, die Ergebnisse diskutiert und Hemmnisse für das Metallrecycling



Auszug aus dem neuen interaktiven „Recyclingatlas für die Metall-erzeugung“ im Geoportal der BGR. Hier können metallische Recyclingrohstoffe unter verschiedenen Aspekten betrachtet werden.



Metallerzeugung aus Recyclingmaterialien in Deutschland.

genannt. Die 14 Factsheets beinhalten prägnant aufbereitet rohstoffspezifische Informationen und element- bzw. stoffstrombezogene Fakten zur Produktion, der Anwendung, den Recyclingraten und zum Handel der Rohstoffe. Die wesentlichen Standortdaten und Tabellen zu Produktionsanlagen stehen als Kartenanwendung im Geoportal der BGR der interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung.

Mit dem Recyclingatlas werden erstmals zusammengefasst Daten über bestehende Recyclinganlagen, deren Kapazitäten und verwendete Technologien für die bearbeiteten Metalle veröffentlicht. Ein zweiter Teil mit weiteren bis zu 35 Metallen soll im Jahr 2024 folgen.

Für die Erstellung des neuen Werks durchforsteten die DERA-Fachleute Datenbanken und spezielle Kataster, um zunächst rudimentäre Standortdaten zu erhalten. Sie recherchierten in einer Vielzahl öffentlich verfügbarer Quellen wie z. B. Internetauftritten von Firmen oder wissenschaftlichen Veröffentlichungen in Fachmagazinen und führten Gespräche mit der Wirtschaft.

Der Recyclingatlas umfasst Standorte für die Metallerzeugung aus Primärrohstoffen und Recyclingmaterialien sowie Standorte der reinen Metallverarbeitung in Deutschland. Bei der Verarbeitung werden nur „sekundär“ eingesetzte Vormaterialien betrachtet, also Materialien, die bereits ein Vorleben in Produkten gehabt haben oder als Produktionsschrotte anfallen, und nicht direkt (primär) aus Erz erstmalig gewonnen wurden.

Insgesamt wurden etwa 280 Unternehmen in Deutschland erfasst. Dies stellt eine besondere Herausforderung

dar, denn die entsprechenden Daten müssen regelmäßig gepflegt und aktualisiert werden, um nachhaltig genutzt zu werden. „Es ist eine lebendige Industrielandschaft“, sagt Michael Liesegang. „Veränderungen in der Industrie spiegeln wir in regelmäßigen Aktualisierungen so weit wie möglich wider. Dennoch bleibt das Monitoring der Recyclingstandorte in Deutschland ein komplexer Prozess“, betont der Metallurge.

So erwartet Michael Liesegang für die Metallrecycling-Branche in Zukunft einen Zuwachs im „Multimetall-Recycling“, wo es z. B. um Batterien und Elektromobilität geht. Oder eben darum, wie die in Smartphones benutzten Rohstoffe wieder zurückgewonnen werden können. Resümierend hebt die Rohstoffgeologin Britta Bookhagen den besonderen Wert des neuen Recyclingatlases für die künftigen Beratungsaufgaben hervor: „Aus dem Status quo des Metallrecyclings in Deutschland lassen sich auch Rückschlüsse auf Potenziale für zukünftige Recyclinginvestitionen ziehen.“



Dr. Britta Bookhagen
B1.1 Deutsche Rohstoffagentur (DERA)
✉ britta.bookhagen@bgr.de



Dr.-Ing. Michael Liesegang
B1.1 Deutsche Rohstoffagentur (DERA)
✉ michael.liesegang@bgr.de

Was Rohstoffgewinnung nachhaltig macht

Für die Nachhaltigkeit von Lieferketten gewinnen freiwillige „Standardinitiativen“ an Bedeutung. Doch deren soziale und ökologische Anforderungen sowie ihre Umsetzung unterscheiden sich teilweise erheblich. Die BGR hat die relevantesten Systeme für mineralische Rohstoffe analysiert.



Ein Kupfer-Kobalt-Tagebau in der Demokratischen Republik Kongo.

Insbesondere im Zuge der Energiewende und dem damit steigenden Bedarf an mineralischen Rohstoffen wird eine sichere und bezahlbare Rohstoffversorgung gefordert – ohne Vernachlässigung der Nachhaltigkeit im Sinne einer sozial und umweltverträglichen Gewinnung unter Bedingungen, die fair und transparent sind. Doch wer und in welcher Form prüft und zertifiziert eigentlich die geforderten Nachhaltigkeitsstandards? Mit dieser Frage befasst



sich eine umfangreiche Übersichtsstudie der BGR („[Sustainability Standard Systems for Mineral Resources – A Comparative Overview, 2022](#)“), die bestehende Zertifizierungssysteme differenziert unter die Lupe genommen hat.

Sorgfaltspflichten werden zunehmend verbindlich vorgegeben, wie etwa im deutschen Lieferkettengesetz oder in EU-Vorgaben, z. B. im Rahmen einer Batterieverordnung. Im Gegenzug nimmt seit Jahren v. a. in der Industrie die globale Bedeutung von freiwilligen Standardinitiativen

zu, die u. a. Umwelt- und Sozialstandards im Bergbau und in Rohstofflieferketten prüfen und teilweise zertifizieren. Sie dienen Endproduzenten zur Prüfung von Risiken in der Lieferkette und unterstützen ihre Maßnahmen zur Sorgfaltspflicht.

Allerdings ist die stetig wachsende internationale Zertifizierungslandschaft schwer zu überblicken. „Die Entwicklung im Bereich der verantwortungsvollen Rohstoffgewinnung ist sehr dynamisch und geschieht auf verschiedensten Ebenen“, sagt Dr. Martin Erdmann, einer der beiden Autoren der BGR-Studie. So gibt es die politisch-gesetzgeberische Seite und die der Unternehmen mit freiwilligen Initiativen. „Alle Bereiche entwickeln sich ständig weiter, Initiativen passen ihre Standards auch neuen Regularien an“, erklärt der Nachhaltigkeitsexperte.

Nach welchen Standards sollen sich also um Nachhaltigkeit bemühte Unternehmen und Gesetzgeber richten? Das BGR-Team um Martin Erdmann analysierte international

verbreitete Standardinitiativen für mineralische Rohstoffe, verglich deren Anforderungen mit den „EU-Grundsätzen für nachhaltige Rohstoffe“ und zeigte in der Studie ihre globale Verbreitung auf. Als Vergleichsmaß dienten hierbei die sogenannten ESG-Kriterien (Environmental, Social, Governance) der EU-Grundsätze, die konkrete Anforderungen an Umwelt, Soziales und Unternehmensführung stellen.

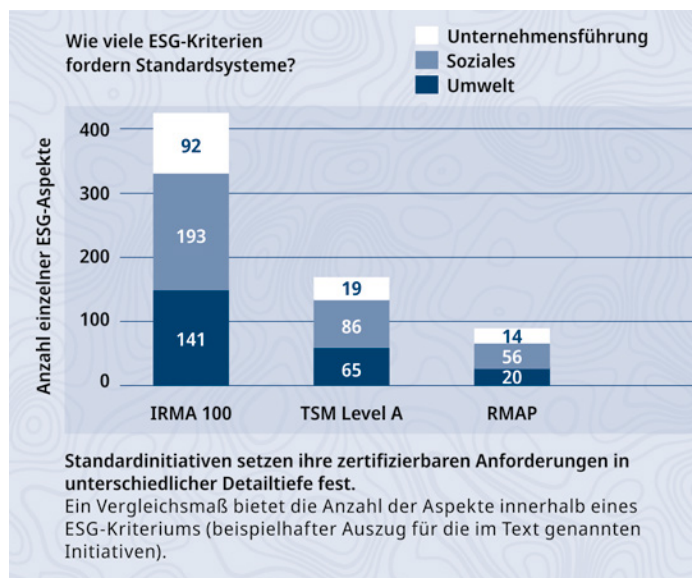
„Die Initiativen stehen teilweise in Konkurrenz zueinander, denn jede Standardinitiative will sich positionieren“, erklärt Martin Erdmann. So sei jede Initiative bestrebt, dass ihre Zertifizierung bei neuen Gesetzgebungen anerkannt wird. Aber im Hinblick auf die ESG-Themen beobachtet er auch eine fortschreitende Harmonisierung: Vor allem neue Standardsysteme treiben die gegenseitige Anerkennung anderer Systeme oder Standards voran, um etwa den Aufwand für „Audits“ – die unabhängigen Prüfungen durch Kontrolleure – zu reduzieren.

Ein Resümee der Studie: Allgemeine Ziele im Zusammenhang mit der gesellschaftlichen Entwicklung wie Innovationen, Kreislaufwirtschaft, Material- oder Produktverantwortung werden bislang wenig adressiert. Dennoch werden relevante soziale und ökologische Fragen im Zusammenhang mit den negativen Auswirkungen des Bergbaus wie etwa die Einhaltung von Menschenrechten, Arbeitsschutz und Schutz der Umwelt von den meisten Standardsystemen abgedeckt, wenn auch in unterschiedlicher Detailtiefe.

Die Standardinitiativen zeichnen sich durch verschiedene Besonderheiten aus. Die „Initiative for Responsible Mining Assurance (IRMA)“ etwa ist aktuell der Standard mit den höchsten ESG-Anforderungen. IRMA ist die einzige untersuchte Initiative, die nicht allein von der Industrie initiiert wurde: Hier ist der Multi-Stakeholder-Ansatz zur Einbindung vieler Interessengemeinschaften aus Industrie, lokaler Bevölkerung, Regierung und NGOs besonders ausgeprägt.

„Dies führt jedoch auch zu langwierigen Prozessen in der Standarderstellung und zu einer kostenintensiveren Prüfung“, sagt Martin Erdmann. „Die hohen Anforderungen für eine Zertifizierung konnte bisher noch kein Bergbaubetrieb vollumfänglich erfüllen. Daher wurde nur die teilweise Einhaltung zertifiziert“, so der BGR-Nachhaltigkeitsexperte. Dennoch geht Martin Erdmann davon aus, dass dieser Standard künftig breiter implementiert wird – allein aufgrund des Drucks von Automobilherstellern, die dort Mitglied sind, wie z. B. BMW, Mercedes-Benz, Volkswagen, Tesla und Ford.

In bestimmten Ländern geben Bergbauvereinigungen für ihre Mitglieder einen Standard vor: Der „TSM-Standard (Towards Sustainable Mining)“, initiiert von der kanadischen Bergbauvereinigung, ist derzeit von Bergbauvereinigungen in elf Ländern, darunter Finnland, Norwegen und Spanien, für die Mitglieder vorgegeben. Dort wird nach TSM-Standards auditiert und bewertet. „Die Anforderungstiefe



von TSM ist jedoch eher durchschnittlich“, bemerkt Martin Erdmann. „Eine wesentliche Motivation des TSM-Standards ist, alle Unternehmen des jeweiligen Landes zu adressieren und so in der Breite Verbesserungen zu erreichen“, sagt er. Standardinitiativen können aber auch v. a. auf die Umsetzung von Sorgfaltspflichten in der Lieferkette ausgerichtet sein, wie der „Responsible Minerals Assurance Process (RMAP)“ der „Responsible Minerals Initiative (RMI)“. RMAP zertifiziert auf Ebene der Hütten und wurde ursprünglich für die sogenannten Konfliktminerale etabliert.

Bei RMAP müssen die derzeit knapp 300 zertifizierten Hütten jeweils nachweisen, dass sie ein „risikobezogenes System“ zur Sorgfaltspflicht bezüglich der Unternehmen in ihrer Lieferkette etabliert haben. „RMAP ist die erste Initiative, die einen Antrag zur Anerkennung als konformes System für die EU-Konfliktrohstoffverordnung eingereicht hat. Die Kriterien der aktuellen Zertifizierungen erfüllen allerdings nur Mindeststandards mit Bezug auf Menschenrechte und die Sorgfaltspflichten in der Lieferkette und enthalten beispielsweise keine Umweltstandards“, bemerkt Martin Erdmann. Die RMI hat zwar inzwischen einen umfassenderen ESG-Standard verabschiedet, allerdings wird der bisher nur wenig angewendet.

Es gibt aktuell Bestrebungen nach einer vereinheitlichten Definition von Nachhaltigkeitsstandards für die Gewinnung mineralischer Rohstoffe durch die Internationale Organisation für Normung (ISO), um die globale Anerkennung dafür zu erhöhen. Martin Erdmann gehört zur internationalen Arbeitsgruppe für Nachhaltigkeit von Seltenen Erden und freut sich über den hohen Anklang, den die BGR-Studie in den ISO-Gremien gefunden hat – als Referenz für künftige Debatten.



Dr. Martin Erdmann
B1.2 Geologie der mineralischen Rohstoffe
✉ martin.erdmann@bgr.de



Die Außenanlagen des Geothermiekraftwerks in Rittershoffen im Oberrheingraben in Frankreich während einer Exkursion des Verbundprojekts im Juli 2022.

Für die Wärmewende: Wie man Geothermie fördert und Risiken beurteilt

Geothermie wird zum wichtigen Standbein der erneuerbaren Energien ausgebaut. Die BGR unterstützt die Erdwärmekampagne der Bundesregierung bei der Evaluation erfolgversprechender Explorations. Gleichzeitig entwickelt sie Methoden zur Überwachung und Eindämmung seismischer Einwirkungen.

Geothermale Badehäuser kultivierten bereits die Römer. Heute nutzen wir Erdwärme auch als Energiequelle zur Stromerzeugung und Wärmeversorgung. Ein geothermisches Kraftwerk pumpt heiße Tiefenwässer herauf, entzieht ihnen Wärme und injiziert das abgekühlte Wasser über ein anderes Bohrloch wieder zurück in die Tiefe. Was einige besorgt: Der dabei erzeugte zusätzliche Wasserdruck kann bei tiefen geothermischen Bohrungen u. U. Bruchprozesse und somit zumindest kleinere Erdbeben auslösen bzw. „Seismizität induzieren“. Andererseits soll die Geothermie zur Energieversorgung beitragen: Sie hat eine gute Ökobilanz und ist fast unendlich verfügbar, sogar ohne tages- oder jahreszeitliche Schwankungen. Daher soll Erdwärme einen größeren Beitrag zur regenerativen Wärmeversorgung leisten.

Doch welche Geothermie-Projekte sind erfolgversprechend und förderbar? Und wie lassen sich Folgen von induzierten Beben wie die Spürbarkeit für Menschen auf einem niedrigen und gesellschaftlich akzeptierten Niveau halten? Die BGR widmet sich diesen Fragen in zwei Projekten. Im Projekt „Seismisches Monitoring tiefer geothermischer Anlagen und mögliche seismische Einwirkungen (SEIGER)“

entwickelte eine Forschergruppe aus deutschen Universitäten, geologischen Diensten und Unternehmen unter der Leitung des Ingenieurseismologen Prof. Dr. Thomas Spies verschiedene Verfahren zur seismischen Überwachung tiefer geothermischer Anlagen weiter. Im Projekt „Geothermie für die Wärmewende: Flankierung des Rollouts der mitteltiefen Geothermie in Deutschland (Warm-Up)“ erstellt die Geologin und Geothermie-Expertin Dr. Simone Röhling wissenschaftlich gestützte, bundesweit gültige Kriterien für die Auswahl von Explorationsmaßnahmen und ermittelt dafür beispielhaft Standorte.

„Warm-Up“ unterstützt die Erdwärmekampagne „Geothermie für die Wärmewende“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Deutschland hat ein klares Ziel: Bis 2030 soll Geothermie hierzulande zumindest mit zehn Terawattstunden pro Jahr zur Wärmeversorgung beitragen. Dafür sollen 100 Geothermie-Projekte mit hoher Erfolgswahrscheinlichkeit ausgewählt und angestoßen werden. „Der Projektträger muss in die Lage versetzt werden, einen eingehenden Antrag fundiert danach zu bewerten, inwieweit eine Bewilligung infrage kommt“, erklärt Simone Röhling die Notwendigkeit des facettenreichen

Kriterienkatalogs, den sie mit den Partnerinstitutionen im Projekt „Warm-Up“ und in engem Austausch mit den Staatlichen Geologischen Diensten Deutschlands entwickelt.

Zu der von Simone Röhling und ihrem Team erarbeiteten „Bewertungsmatrix“ gehören obertägige, gesellschaftlich-technische Kriterien wie z. B. die Akzeptanz in der Bevölkerung oder das Vorhandensein von Wärmenetzen. Die untertägigen, geologisch-geotechnischen Kriterien beinhalten u. a. die Verbreitung, Mächtigkeit und Porosität der Gesteinskörper. Am Anfang eines Geothermie-Projektes sei die Kostenkurve sehr steil, erklärt die Geologin, denn Seismik und Bohrungen kosten Millionen von Euro. Ein notwendiges Bewilligungskriterium sei daher, dass bereits eine erste geologische Untersuchung mit positiver Einschätzung vorliegt. Ein Ausschlusskriterium sei hingegen, wenn bereits eine für die geothermische Erkundung geeignete 3D-Seismik sowie eine erste Aufschlussbohrung vorhanden sind, weil genau das letztlich gefördert werden soll.

Wer ein geothermisches Vorhaben plant, kann mit dem Katalog seine Förderungschancen prüfen. Das „Warm-Up“-Team evaluiert in einer Recherche zudem alte, nicht fortgesetzte Vorhaben, ob sie unter aktuellen politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und heutigem Stand der Technik erfolgversprechend sein könnten. Simone Röhlings Team untersucht die Standorte nach geologischen, technischen und wirtschaftlichen Kriterien und entwickelt Erschließungs- und Nutzungskonzepte. Die Geologin erfreut die geowissenschaftliche Methodenentwicklung zur Charakterisierung eines Reservoirs und Beurteilung seiner Fündigkeit: „Wir forschen nicht für die Schublade, sondern an einem Thema mit aktueller Relevanz und wichtigem Nutzen.“

Um die öffentliche Akzeptanz zu ermitteln und zu fördern, kontaktiert das Team Kommunen und sensibilisiert für das Thema. „Geothermie ist aufgrund ihrer Grundlastfähigkeit ein wichtiges Standbein für die erneuerbaren Energien, aber es gibt Bedenken und Vorurteile in der Bevölkerung“, sagt die Geothermie-Expertin. Die „induzierte Seismizität“ belastet das Image der Geothermie. „Dabei traten bisher keine spürbaren Beben durch Geothermie in Norddeutschland auf und sie werden auch in der Bayerischen Molasse selten beobachtet“, betont Thomas Spies. Anders sei das in tektonisch aktiven Gebieten wie dem Oberrheingraben, wo auch bisweilen natürliche Erdbeben auftreten würden. „Deshalb ist es ja so wichtig, dass sich in Deutschland das seismische Monitoring inzwischen als effiziente Überwachungsmethode bewährt hat“, erklärt Thomas Spies, der innerhalb der BGR für den Erdbebendienst des Bundes arbeitet.

Im Forschungsverbundprojekt „SEIGER“ entwickelten er und seine Kolleginnen und Kollegen neue Methoden, die in geothermischen Anlagen bereits kleinste Erschütterungen von nur zentimetergroßen Gesteinsbrüchen in



Seismische Messungen in der Nähe von Geothermiekraftwerken im Oberrheingraben.

großen Tiefen erfassen. Wenn sich diese mehren, kann der gewarnte Betrieb reagieren. „Bevor im unmittelbaren Bereich der Anlagen häufiger spürbare seismische Ereignisse – etwa über Magnitude 2 – auftreten, können Betriebsbedingungen wie etwa der Injektionsdruck verringert werden, bis induzierte Beben wieder abgenommen haben“, erläutert Thomas Spies.

Neben dem Monitoring beschäftigte sich das „SEIGER“-Projekt mit geomechanischen Modellierungen und führte Gefährdungsanalysen zu möglichen Auswirkungen der „induzierten Seismizität“ durch. „Entscheidend ist, was der Mensch spürt und was Schäden an Häusern bewirken kann“, so Thomas Spies. Das „SEIGER“-Team ermittelte für verschiedene Standorte, wie oft mit solchen Folgen beim Betrieb eines geothermischen Kraftwerks zu rechnen wäre. So erhalten Öffentlichkeit und Genehmigungsbehörden wichtige Anhaltspunkte für die Akzeptanz und Bewilligung eines Projektes.

„Beim Thema induzierte Seismizität muss die Kommunikation transparent sein und man muss wissen, wo Daten und Bewertungen einzusehen sind“, ist Thomas Spies überzeugt. Seine BGR-Kollegin Simone Röhling ermutigt deshalb alle Interessierten, sich bei der Umsetzung ihrer Geothermie-Vorhaben durch das Projekt „Warm-Up“ unterstützen zu lassen, um so die Wärmewende voranzubringen.



Dr. Simone Röhling
B3.1 Nutzungspotenziale des
geologischen Untergrundes
✉ simone.roehling@bgr.de



Prof. Dr. Thomas Spies
B4.3 Erdbebendienst des Bundes,
Kernwaffenteststopp
✉ thomas.spies@bgr.de

Energiesicherung in Krisenzeiten

Erdgas als Energiequelle ist klimaschädlich. Wie lange braucht Deutschland diesen Brennstoff noch? Die BGR schafft mit ihren Veröffentlichungen „Energiedaten“ und „Energiestudie“ die Grundlage für faktenbasierte Diskurse.

In dem Dreieck aus Versorgungssicherheit, Bezahlbarkeit und Umweltauswirkungen von Energierohstoffen sollte zwar jeder Aspekt die gleiche Wertigkeit haben, doch ist dies selten der Fall. So erhielt der Versorgungsaspekt vor dem russischen Angriffskrieg auf die Ukraine in der Öffentlichkeit eher wenig Aufmerksamkeit. Die Fachleute der BGR, die sich seit Jahrzehnten mit der Energiesicherheit in Deutschland befassen, haben stattdessen stets alle Fakten im Blick.

Wie gelingt es, den Klimawandel zu bremsen und den Wechsel zu erneuerbaren Energien effizient zu beschleunigen, ohne die Versorgungssicherheit zu gefährden? Die BGR liefert zur Beantwortung dieser zentralen Fragen wissenschaftsbasierte Daten sowohl zu den Energierohstoffen Erdgas, Erdöl und Kohle als auch zu Kernbrennstoffen, erneuerbaren Energien inklusive der Tiefengeothermie und Wasserstoff. „Die Herausforderung ist die Einordnung der Zahlen, die in jedem Land unterschiedlich erhoben werden“, erläutert der Geologe Dr. Rüdiger Lutz aus dem BGR-Energieteam.

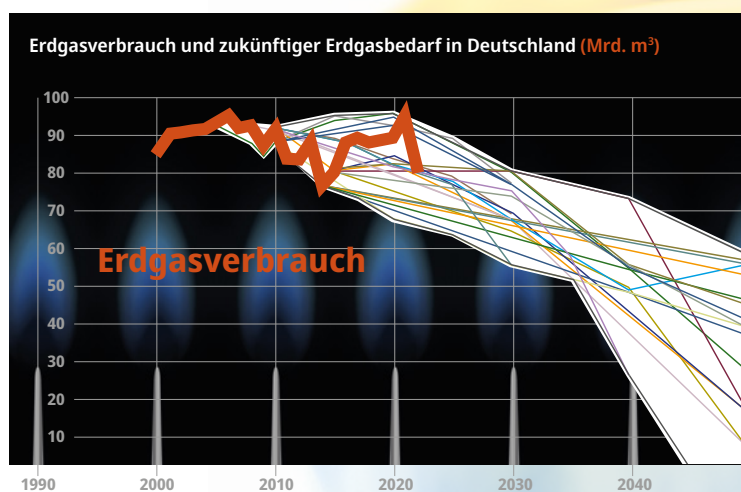
Alle zwei Jahre veröffentlicht die BGR ihre „Energiestudie“. Die Publikation fasst Daten und Entwicklungen der

deutschen und globalen Energieversorgung zusammen. Mit dieser Studie sowie der Veröffentlichung der alljährlich erscheinenden „Energiedaten“ und ihrem Beratungsdienst für Politik und Wirtschaft trägt die BGR zu einer faktenbasierten energiepolitischen Diskussion bei.

Es ist unstrittig, dass die erneuerbaren Energien zügig ausgebaut werden müssen. Bisher deckt Deutschland seinen Primärenergiebedarf noch immer zu 80 Prozent mit fossilen Brennstoffen. Davon stammen 23 Prozent aus der Versorgung mit Erdgas. Beim Übergang zur vollständigen Umstellung des Energiesystems ist Erdgas hierzulande ein zentraler Faktor. Es ist der emissionsärmste fossile Energieträger. Zudem sind Gaskraftwerke flexibel für die Stromerzeugung zuschaltbar und – noch wichtiger – ein Teil der Erdgas-Infrastruktur kann für die zukünftige Wasserstoffnutzung verwendet werden.

Häufig werden die BGR-Fachleute gefragt, wie lange Deutschland noch auf die Erdgasversorgung angewiesen sein wird. Rüdiger Lutz hat für solche Fälle ein Diagramm vorbereitet. Darin hat er die Prognosen und Szenarien aus zahlreichen Studien zusammengefasst. In der Grafik (s. Abbildung) ist zwar eine große Spannweite zwischen den einzelnen Kurven erkennbar. „Dennoch zeigt sich eines ganz deutlich: Selbst die optimistischsten Prognosen gehen davon aus, dass bis Mitte 2030 ein immer noch hoher Bedarf an Erdgas besteht“, sagt der Geologe.

Für Rüdiger Lutz steht daher fest: „Wir brauchen einen Puffer! Wir wissen nicht, wie schnell Wasserstoff hochläuft oder die Erneuerbaren ausgebaut sein werden. Zudem müssen wir die europäische Energiesolidarität mitbedenken, denn die Energienetze sind eng miteinander verknüpft.“



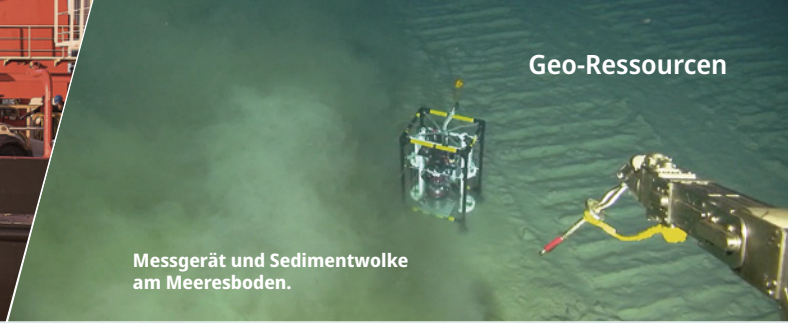
Übersicht über den zukünftigen deutschen Erdgasbedarf. Die rot markierte Kurve zeigt den tatsächlichen Verbrauch bis 2022.



Dr. Rüdiger Lutz
B1.3 Geologie der
Energierohstoffe,
Polargeologie
✉ ruediger.lutz@bgr.de



Einsatz eines Tauchroboters.



Messgerät und Sedimentwolke am Meeresboden.

Der Tiefseebergbau und seine Folgen

2021 wurde erstmals im Pazifik ein industrieller Prototyp zum Manganknollen-Abbau am Meeresboden der Tiefsee getestet. Auf einer von der BGR geleiteten Expedition untersuchte ein europäisches Konsortium die ökologischen Folgen.

Zentralpazifik, Arbeitsschiff „Island Pride“. Im Kontrollraum blicken viele Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler namhafter europäischer Institute gebannt auf knapp 20 Monitore, unter ihnen auch BGR-Fahrtleiterin Dr. Annemiek Vink. Das Geschehen am Meeresgrund in über 4 000 Metern Tiefe wird live über Kamerasysteme eines Tauchroboters übertragen. Gleich geht's los auf dem vom belgischen Unternehmen Global Sea Mineral Resources (GSR) gecharterten Nachbarschiff: Der Manganknollenkollektor-Prototyp „Patania II“, eine Art Erntemaschine auf Raupenketten, startet im sogenannten Manganknollengürtel seine Jungfernfahrt auf einer Testfläche, die so groß ist wie fünf Fußballfelder.

Manganknollen wuchsen hier über Millionen Jahre durch Ausfällung von im Wasser gelösten Metallionen zu faustgroßen Gemischen aus Mangan, Eisen, Nickel, Kupfer und Kobalt heran. Die BGR hat an dieser Stelle eines von 17 Lizenzgebieten, die die Internationale Meeresbodenbehörde (ISA) an staatliche Einrichtungen und Privatfirmen zur Erkundung vergeben hat.



Eine Manganknolle aus dem Pazifik.

Gemeinsam mit dem europäischen Forschungskonsortium „MiningImpact“ wird ein unabhängiges Monitoring durchgeführt, um eine wissenschaftlich fundierte Grundlage für die Analyse und Modellierung der Umweltauswirkungen, z. B. auf die am Boden lebenden Tiere zu erarbeiten. Plötzlich verdunkeln sich innerhalb weniger Minuten fast alle Monitore im Kontrollraum durch die aufgewirbelte Sedimentwolke der „Patania“. Das Forscherteam überwacht die nächsten Tage die Umgebung und misst mit am Boden installierten Sensoren und Kamerasystemen, wie sich die Wolke entwickelt, ausbreitet und absetzt.

Das enorme Rohstoffpotenzial der Manganknollenfelder im Pazifik weckt Begehrlichkeiten. Gegnerinnen und Gegner kritisieren fehlende Kenntnisse über betroffene

Tiefseeökosysteme. Befürchtet werden eine jahrelang schwebende, sich weit verbreitende Sedimentwolke und unumkehrbare negative Auswirkungen auf die sensiblen, artenreichen Faunengemeinschaften am Meeresboden und in der Wassersäule. Das Forscherteam wird aber positiv überrascht: Wenige Meter oberhalb des Meeresbodens klart die Sicht auf den Monitoren schlagartig auf. Die Wolke liegt durch ihre hohe Dichte wie eine Decke auf dem Meeresboden. Nachfolgende Untersuchungen zeigen, dass sich etwa 90 Prozent der Sedimente innerhalb von 500 Metern vom Testgebiet abgesetzt haben, was viele Spekulationen zur großräumigen physikalischen Ausbreitung widerlegt.

„Es sagt aber noch nichts über die Auswirkungen auf die Organismen am Meeresboden aus“, sagt Biologin Annemiek Vink. Die Biomasse pro Fläche ist in diesen Meerestiefen zwar viel kleiner als an Land, doch die Diversität zuweilen höher. Fragestellungen, ob etwa Sedimente und daraus herausgelöste Metalle toxisch auf Tiere wirken könnten, untersucht nun die BGR.

Es gibt zwar weltweit noch keine Abbaugenehmigungen, aber Fachleuten zufolge wird Tiefseebergbau früher oder später Realität. Dann gilt es, Rohstoffversorgung und Umweltauswirkungen gegeneinander abzuwägen, sagt Annemiek Vink: „Der Tiefseebergbau kann umweltschonender sein als an Land, wenn effektive Umweltmanagementpläne entwickelt werden und der Abbau so umgesetzt wird, dass große Teile des Meeresbodens unbeeinflusst bleiben.“



Dr. Annemiek Vink
B1.4 Marine Rohstofferkundung
✉ annemiek.vink@bgr.de

Probenahme aus einer Grundwassermessstelle.

Wie alt ist unser Grundwasser?

Das Wissen um das Alter des Grundwassers ist von zentraler Bedeutung für dessen Schutz. Auch für die Standortsuche eines Endlagers für radioaktive Abfälle ist es von Relevanz. Ein BGR-Team sammelt Messwerte zum Grundwasseralter und wertet diese in einem ersten Schritt für Norddeutschland aus.

Die genaue Kenntnis des Grundwasseralters ist für viele wasserwirtschaftliche Fragestellungen wichtig. Es zeigt, wie schnell sich Wasser und darin gelöste Stoffe durch den Untergrund bewegen. Droht z. B. eine Kontamination unseres Grundwassers, ist es ganz entscheidend zu wissen, wie lange Schadstoffe wie etwa Nitrat oder Pestizide gebraucht haben, um vom Ort der Versickerung zu einem Brunnen zu gelangen. Daraus lassen sich Fließbewegungen ermitteln und die Ergebnisse von mathematischen Strömungs- und Transportmodellen verifizieren. Die Modelle sind erforderlich, um die Grundwasserbewegung im Untergrund besser verstehen zu können.

Großräumige Betrachtungen der Grundwasserströmung erfordern flächendeckende Datensätze, die vom BGR-Forschungsteam um Annika Desens und Prof. Dr. Georg Houben in mühevoller Kleinarbeit für ganz Deutschland zusammengestellt wurden. Dabei haben die Expertinnen und Experten der BGR im Wesentlichen auf Daten von Landesämtern, Universitäten, Forschungszentren, Wasserversorgern und Consultingunternehmen zurückgegriffen.

Daten zum Grundwasseralter sind in den vergangenen Jahrzehnten an vielen Stellen erhoben worden, wurden aber nie zentral erfasst. „Wir haben diesen Datenschatz endlich gehoben und können jetzt bisher nicht mögliche regionale Untersuchungen zur Grundwasserbewegung durchführen“, sagt Hydrogeologe Georg Houben, bei der BGR Fachbereichsleiter für Grundwasserressourcen. Als

erstes haben die Forscherinnen und Forscher die Datensätze für die Norddeutsche Tiefebene ausgewertet und in einer wissenschaftlichen **Publikation** veröffentlicht. Aus den dort flächendeckend vorhandenen Lockergesteinsablagerungen wird ein großer Teil der Wasserversorgung gedeckt.

Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass in Gebieten mit größerer Grundwasserneubildungsrate wie etwa nahe der Nordseeküste jüngerer Grundwasser in größere Tiefen vordringt. „Dort steht also mehr Grundwasser zur Verfügung als z. B. im trockenen Brandenburg“, erklärt der Hydrogeologe. Doch Ausnahmen bestätigen die Regel: Die küstennahen Marschböden sind aufgrund ihres Tongehalts so undurchlässig, dass Regenwasser kaum durchdringt und sich nur langsam in den Untergrund weiterbewegt. „Aufgrund des langsamen Versickerns sind dort nur höhere Grundwasseralter nachweisbar“, erläutert Georg Houben. Auch Berlin tanzt mit auffällig jungem Grundwasser aus der Reihe. Dort entnehmen viele Trinkwasserbrunnen Uferfiltrat – eine Mischung aus Grundwasser und dem aus jungem Regenwasser gespeisten Wasser der Flüsse.

Zur Bestimmung des Grundwasseralters werden Isotopendaten u. a. von Tritium (^3H), Tritium-Helium ($^3\text{H}/^3\text{He}$) und Kohlenstoff-14 (^{14}C) herangezogen. Tritium, das radioaktive Isotop des Wasserstoffs, bildet sich kontinuierlich in der oberen Atmosphäre auf natürliche Weise. Daneben wurden die Tritium-Konzentrationen in den

Die Schwindequelle im Heidedorf Schwindebeck – nach der Rhumequelle im Harz der zweiergiebigste Grundwasseraustritt in Norddeutschland.

1960er Jahren durch die weltweiten Kernwaffentests stark erhöht. Diese erhöhten Konzentrationen („Tritium-Peak“) konnten im Grundwasser über einige Jahrzehnte noch nachgewiesen werden.

Das atmosphärische Tritium gelangt über Niederschlag ins Grundwasser. Dort zerfällt es mit einer Halbwertszeit von 12,3 Jahren zu Helium. „Das Verhältnis zwischen Tritium und Helium nutzen wir für die Altersdatierung des Grundwassers“, sagt Georg Houben. Ein vereinfachtes Beispiel beschreibt wie das geht. „Wenn z. B. ein Wasserpaket beim Versickern 1000 tritiumhaltige Wassermoleküle aus der Atmosphäre mitbringt, sind davon nach 12,5 Jahren im Grundwasser nur noch 500 übrig. Dafür sind aber 500 Moleküle Helium entstanden, die wie das Tritium bestimmt werden können“, erklärt der BGR-Experte. Die Messung des Tritium-Helium-Verhältnisses in einem Grundwasser verrät daher dessen Alter. Allerdings ist die Altersbestimmung nur für eine Zeitspanne von ca. 70 Jahren möglich, da danach der analytische Nachweis schwierig wird. „Für ältere Wässer wird z. B. die Kohlenstoff-14-Methode angewendet, die eine Altersdatierung sogar bis ca. 35000 Jahren zulässt, aber schwieriger anzuwenden und zu interpretieren ist“, erläutert Hydrogeologe Georg Houben.

Bei der Suche nach einem Endlager für hochradioaktive Abfälle spielt das Grundwasseralter auch eine große Rolle. Das Standortauswahlgesetz schreibt vor, dass in dem Einlagerungshorizont kein junges Grundwasser vorhanden sein darf. Dies würde nämlich bedeuten, dass das dort vorhandene Wasser am aktiven Wasserkreislauf teilnimmt und umgekehrt auch Radionuklide aus dem Endlager in diesen hineingelangen könnten. Wird also in den Wässern eines Gesteins Tritium oder Kohlenstoff-14 nachgewiesen, muss es für die Endlagerung ausgeschlossen werden.

Die meisten der bundesweit vorliegenden Messdaten stammen aus eher flachen Tiefen oberhalb von 300 Metern, die für die Endlagerung nicht unmittelbar relevant sind, da die gesetzlich vorgeschriebene Mindestdiefe für ein Endlager 300 Meter beträgt. „Daher müssen für die gezielte Endlagersuche weitere Daten erhoben werden“, so Georg Houben. Die vorliegenden Daten aus den

flachen Grundwassermessstellen sind aber dennoch wichtig, um das Deckgebirge eines potenziellen Endlagerstandortes beurteilen zu können.

Im norddeutschen Lockergestein findet man in bis zu 500 Meter Tiefe die sogenannten subglazialen Rinnen. Diese geologischen Strukturen entstanden am Ende der Eiszeit durch riesige Mengen von Schmelzwasser, das sich in das Gestein einschnitt. Sie füllten sich später mit Lockermaterial und dienen heute zum Teil der Wasserversorgung. Lokal haben diese Rinnen aber abdichtende Tonformationen durchschnitten, so dass dort junges Grundwasser in größere Tiefen vordringen bzw. umgekehrt salziges Tiefenwasser aufsteigen kann, was wiederum eine Endlagerung dort ausschließt.

In den kommenden Jahren wollen die Forscherinnen und Forscher die Untersuchungen auf weitere Regionen in Deutschland ausdehnen und dabei auch Festgesteine untersuchen wie z. B. den Karst und das kristalline Grundgebirge in Süddeutschland. „Wir vermuten, dass dort junges Grundwasser an tektonischen Störungen in den tieferen Untergrund vordringen kann und sich mit altem Grundwasser vermischt“, sagt Georg Houben, der sich über die neuen wissenschaftlichen Herausforderungen freut.



Auslesen der Daten einer Grundwassermessstelle.



Prof. Dr. Georg Houben
B2.3 Grundwasserressourcen –
Beschaffenheit und Dynamik
✉ georg.houben@bgr.de



Vorbereitung zur Befliegung im Strahlenschutzbereich in Mailuu Suu, Kirgisistan.

Das drohnengestützte Erkundungssystem untersucht eine Uranverarbeitungsanlage in Yangiabad, Usbekistan.

Im Tiefflug über Zentralasien: Suche nach radioaktiven Hotspots

Radioaktive Altlasten aus dem ehemaligen Uranbergbau und der Verarbeitung von Uranerz bedrohen in Zentralasien die Umwelt. Die BGR entwickelt ein drohnengestütztes Erkundungssystem für Sanierungsarbeiten an kontaminierten Altstandorten.

Ein ehemaliges Zentrum der Uranproduktion am Fuß des Tien-Shan-Gebirges in Kirgisistan. Ohne angemessene Sanierung ist es weiter eine Quelle für die Verbreitung radioaktiver und toxischer Schadstoffe. „An allen Ecken und Enden sieht man das Gelände arbeiten – die Gegend zerfließt langsam“, umschreibt Dr. Sven Altfelder die braune Landschaft aus instabilen, unkonsolidierten Sedimenten. Sven Altfelder ist bei der BGR Arbeitsbereichsleiter für „Altlasten und Umweltmonitoring“. Der Hydrogeologe und Bodenkundler hat im Forschungsvorhaben „Entwicklung einer UAV-basierten Gammaskpektrometrie zur Erkundung und Überwachung von Uranbergbaualtlasten (DUB-GEM)“ mit einem internationalen Team wiederholt in diesem Teil des zentralasiatischen Hochgebirges wissenschaftlich gearbeitet.

„Aufgrund der geologischen und klimatischen Bedingungen ist die Region sehr anfällig für Hangrutschungen“, erklärt Sven Altfelder. Diese gefährden akut auch die Integrität der Abraumhalden aus der Uranproduktion sowie die Tailings – feinkörnige, meist schlammartige Rückstände der Erzaufbereitung. „Eine Sanierung des Standortes kann daher nicht als „Walk-away“-Lösung erfolgen. Eine spätere Langzeitüberwachung der Bergbaufolgen muss bereits bei der Planung solcher Projekte berücksichtigt

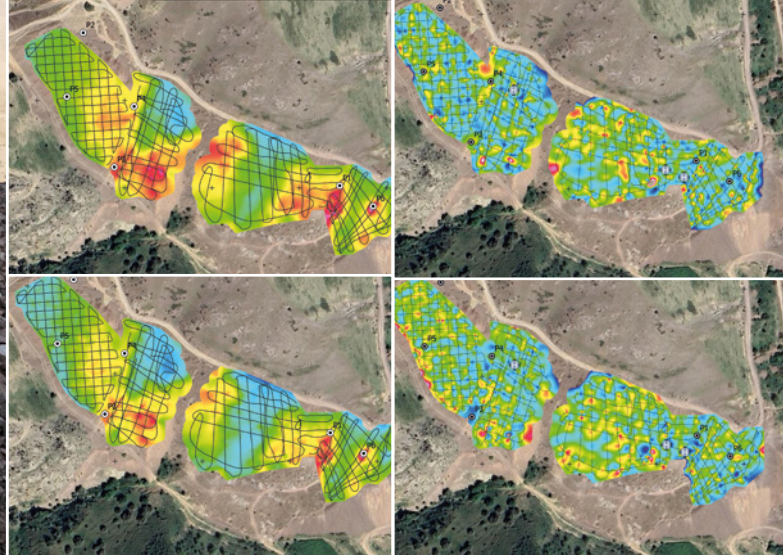
werden“, sagt Sven Altfelder. Um eine für die Umwelt nachhaltige Sanierung zu planen und die radiologischen Risiken der Altlasten auch während und nach den jeweiligen Maßnahmen zu bewerten, ist ein regelmäßiges Monitoring des Sanierungsgebietes erforderlich. Dies geschieht z. B. mithilfe von Kartierungen der Radionuklidverteilung. Damit diese Arbeiten mit der bestmöglichen Genauigkeit durchgeführt werden können, entwickelte ein Konsortium unter Leitung der BGR im Projekt DUB-GEM ein drohnengestütztes Gammaskpektrometrie-System, mit dem präzise Kartierungen aus der Luft ermöglicht werden. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) förderte das Vorhaben, an dem zwei deutsche Unternehmen beteiligt waren.



Gemeinsam mit Partnerbehörden aus Kirgisistan, Tadschikistan, Usbekistan und Kasachstan wurde das Projekt DUB-GEM nach einem Systemtest in Deutschland schließlich in Zentralasien erfolgreich eingesetzt. Das Fernerkundungssystem besteht aus einer Schwerlastdrohne, die das sieben Kilogramm schwere Gammaskpektrometer sicher durch die Luft transportieren kann. „Bei einer Flughöhe von zehn Metern und einer Fluggeschwindigkeit von drei Metern pro Sekunde kartiert das System problemlos große Flächen“, sagt Benedikt



Ein Mitglied aus dem Projekt-Team steuert die Drohne im Untersuchungsgebiet in Usbekistan.



Ergebnisse der Befliegung eines Untersuchungsstandortes in Usbekistan: Gesamtzählraten (oben links) sowie spezifische Äquivalentaktivitäten von Uran (unten links), Thorium (oben rechts) und Kalium (unten rechts).

Preugschat, der das Projekt leitet und verantwortlich für die wissenschaftliche Forschung ist. „Aus Salzkristallen bestehende Detektoren im Gammaskontrometer messen dabei die ionisierende Strahlung der Radionuklide“, erläutert der BGR-Geotechnologe. Die Datenkommunikation zwischen Detektor-Drohne und Bodenstation ermöglicht eine Echtzeitvisualisierung der Messdaten während der Befliegung, bei der die Zerfallsreihen von Uran-238, Thorium-232 und Kalium-40 genau bestimmt werden können.

Altlasten aus dem Uranbergbau sind zwar deutlich weniger radioaktiv als Abfälle aus der Atomindustrie, ihr Volumen ist jedoch um ein Vielfaches größer. So hat das Degmay-Tailing-Becken in Tadschikistan beispielsweise eine Fläche von 90 Hektar und enthält 36 Millionen Tonnen Rückstände. „Im Rahmen der Sanierung kapselt man die Altlasten gewöhnlich ab – z. B. mit einer aufgeschütteten Erdschicht“, erklärt Sven Altfelder, der im Projekt die Arbeit mit den zentralasiatischen Partnern koordiniert. Ziel ist es, die Wechselwirkungen mit der Umwelt so weit zu reduzieren, sodass die Risiken für Mensch, Tier und Umwelt minimiert werden. Beim Projekt in Zentralasien stellte Sven Altfelder allerdings fest, dass die Abdeckungen der Tailings auf bereits zu Sowjetzeiten sanierten Flächen teilweise schon wieder erodiert waren.

Bei den Kartierarbeiten erfasste das drohnengestützte Gammaskontrometrie-System der BGR die fürs Auge nicht sichtbare radioaktive Strahlung der Rückstände aus dem Uranbergbau problemlos. Auf dem Tablet von Benedikt Preugschat, der die Drohne steuerte, leuchteten die Strahlungsanomalien rot. „Doch die eigentliche Herausforderung ist das Prozessieren der gewonnenen Daten“, sagt der BGR-Geotechnologe. „Durch die industrielle Abtrennung des Urans sind Tailings in einem radioaktiven Ungleichgewicht, da das Uran fehlt und das Tochterprodukt Radium die Zerfallskette dominiert“, erläutert

er. Deshalb muss Benedikt Preugschat für die Analyse erst spezielle Auswertungsmethoden entwickeln. Dabei gilt es auch die jeweilige Flughöhe zu berücksichtigen. „Je weiter das Gammaskontrometer von der Strahlungsquelle entfernt ist, desto geringer ist die räumliche Auflösung“, so Benedikt Preugschat. „Aber immerhin liefert die Drohne bei geringen Flughöhen in Relation zum Hubschrauber oder zur Satellitenmessung eine relativ hohe räumliche Auflösung“, sagt er.

Sven Altfelder und Benedikt Preugschat sind mit den bislang erreichten Zielen in ihrem Projekt zufrieden. Sie haben mit einem international vernetzten Konsortium und großem Einsatz in wenigen Jahren ein funktionierendes Drohnen-Detektor-System entwickelt, das zuverlässige, reproduzierbare Ergebnisse liefert. Die Methode eignet sich zur Begleitung von Bergbausanierungsvorhaben für die Charakterisierung von Standorten, die Inspektion von Sanierungsfortschritten und zur Überwachung der Altlasten. „Die Entwicklungsarbeit im Projekt DUB-GEM hat die Grundlagen für einen zukünftigen kommerziellen Einsatz einer drohnengestützten Erkundungsmethode geschaffen, die aktuelle Sanierungsarbeiten radioaktiv kontaminierter Standorte in Zentralasien erfolgreich unterstützen kann“, sagt Sven Altfelder.



Dr. Sven Altfelder
B2.3 Grundwasserressourcen – Beschaffenheit und Dynamik
✉ sven.altfelder@bgr.de



Benedikt Preugschat
B2.5 Forschungs- und Entwicklungszentrum Bergbaufolgen (FEZB)
✉ benedikt.preugschat@bgr.de

Forschung an Tonsteinen

Aufgrund ihrer Undurchlässigkeit sind Tonsteine natürliche Barrieren im geologischen Untergrund und eignen sich als Wirtsgestein für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle. Forschungsbohrungen der BGR entschlüsseln die Entstehung der Gesteine für eine zielgenauere Erkundung.



Mit diesem Bohrergerät (links) wurde ein Bohrkern mit einem Ammoniten (rechts) aus der Opalinuston-Formation gezogen.

Der nächste Satz Opalinuston-Bohrkerne aus einer süddeutschen Forschungsbohrung trifft im BGR-Dienstbereich in Berlin ein und wird in zwei Hälften gesägt: eine fürs Archiv, die andere zur Analyse. Dr. Thomas Mann will im BGR-Projekt „Sequenzstratigraphie des Aalenium in Süddeutschland (SEPIA)“ die Entstehung von Tonformationen beleuchten, denn „Ton ist nicht gleich Ton“.

Tonsteininformationen wie der Opalinuston eignen sich zwar wegen ihrer Wasserundurchlässigkeit potenziell als Wirtsgestein für die sichere Verwahrung hochradioaktiver Abfälle, allerdings unterscheiden sie sich aufgrund von Gesteinseigenschaften wie Korngröße, Porosität und Durchlässigkeit regional voneinander. „Die regionalen Unterschiede in der Zusammensetzung von Tongestein sind noch wenig erforscht“, sagt der BGR-Projekt Koordinator. „Angelegt werden die Unterschiede bereits bei der Entstehung der Gesteine als Schlamm im Meer. Die Ablagerungsbedingungen zu verstehen, ist die Grundvoraussetzung für eine Erkundung im Rahmen des Standortauswahlverfahrens“, erklärt Thomas Mann.

Bei der Untersuchung im Berliner Labor werden die Proben mit einem Bohrkernscanner untersucht. Er misst Zentimeter für Zentimeter die im Tongestein enthaltenen chemischen Elemente Silizium und Aluminium. Ihr Verhältnis zueinander bestimmt die Korngrößenverteilung im Gestein. Je mehr Silizium – ein Bestandteil von Quarzsand – vorliegt, desto gröber ist der Tonstein und desto größer können Porenräume und Durchlässigkeit sein. Als Thomas Mann die gescannten Bohrkern analysiert,

erlebt er eine Überraschung. Die Kerne weisen in mehreren Abschnitten, die einen geologischen Zeitraum von einer Million Jahre abbilden, regelmäßige Schwankungen der Korngrößen auf. „In Zyklen wechseln sich größere Einträge von Silizium mit stärkeren Aluminium-Anteilen ab“, so der Geologe.

Warum das so ist, darüber müssen jetzt weitere Forschungsarbeiten Aufschluss geben. Thomas Mann verfolgt dabei zwei Ansätze: So könnten die Zyklen auf Veränderungen des Klimas oder des Meeresspiegels zurückzuführen sein oder aber sie stehen möglicherweise im Zusammenhang mit tektonischen Bewegungen während der Ablagerung der Tone. Von der Klärung dieser Frage verspricht sich der Geologe generelle Erkenntnisse über die räumliche Verbreitung von Gesteinen mit unterschiedlichen Korngrößen im Untergrund.

Primär geht es beim „SEPIA“-Projekt um Grundlagenforschung, bei der geologische Schichten mit neuen Methoden untersucht werden. Gleichzeitig werden die Ergebnisse aber auch für die anwendungsbezogene Forschung genutzt. „Man kann unsere Ergebnisse extrapolieren, um Gebiete der Standorterkundung genauer unter die Lupe zu nehmen“, beschreibt Thomas Mann die Vorteile.



Dr. Thomas Mann
B3.2 Geologisch-geotechnische Erkundung
✉ thomas.mann@bgr.de

Wie Bäume die Bildung von Grundwasser beeinflussen

Für geoelektrische Messungen werden Elektroden, die an Zeltheringe erinnern, in den Boden gesteckt und miteinander verkabelt.

Der Klimawandel setzt vielen Bäumen zu. In welchem Maße die Grundwasserneubildung von den Baumarten abhängt, erforscht die BGR mit einem multimethodischen Ansatz.

Im Harz führte die Trockenheit und eine davon profitierende Borkenkäfer-Invasion bereits zum Sterben der meisten Fichten. Auch andernorts stellt der Klimawandel den Wald vor große Herausforderungen. Die Entwicklung erfordert neue Strategien. Zu ihnen gehört die Aufforstung mit klimaresilienteren Baumarten. Allerdings stellt sich bei der Baumauswahl neben forstwirtschaftlichen und ökologischen Überlegungen die Frage: Was wäre der Effekt auf unser Grundwasser? So hängt auch von der Baumart ab, wie viel Niederschlag in den Boden versickern kann und damit zur Grundwasserneubildung und zum künftigen Wasserdargebot beiträgt.

Zu den „Auswirkungen einer klimaangepassten Baumartenwahl auf die Grundwasserneubildung (KLIBW-GW) – so auch der Projektname – forscht die BGR gemeinsam mit der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA). „Bisher ist noch zu wenig über den Einfluss der Bäume auf den Bodenwasserhaushalt und das Grundwasser bekannt“, sagt BGR-Hydrogeologe Dr. habil. Christoph Neukum. Deshalb untersucht er mit dem Projektteam den gesamten Pfad des Wassers von der Atmosphäre über den Baumbestand bis in das Grundwasser.

Immerhin verdunstet ein Teil des Regenwassers bereits im Bereich von Blättern und Nadeln sowie am Boden. Was versickert, ist je nach Baumart unterschiedlich. Während Fichten das Wasser aus den oberen 50 Zentimetern des Bodens beziehen, können Douglasien oder Buchen, die besser an den Klimawandel angepasst sind, aufgrund ihres tieferen Wurzelwerks potenziell mehr Bodenwasser erschließen – mit entsprechenden Auswirkungen auf den Grundwassereintrag.

Am Beispiel ausgewählter Reinbestände, zu denen neben Fichte, Douglasie und Buche auch Kiefer sowie Rot- und Stieleiche gehören, registriert die BGR im Projekt mithilfe

gebohrter Messstellen die Grundwasserstände der Waldflächen. Zudem messen die Fachleute in „Tracer“-Versuchen mit isotopisch schwerem Wasser, wie schnell Niederschläge in größere Bodentiefen versickern können. „Die Daten dienen der Validierung von Modellen zur Prognose der Grundwasserneubildung“, erklärt Christoph Neukum.

Ergänzt werden die punktuellen hydrogeologischen Messungen durch flächenhafte geophysikalische Untersuchungen. Hierzu werden auf dem Waldboden verkabelte Elektroden-Reihen als Monitoring-Systeme ausgelegt, um ein Abbild der elektrischen Widerstandsverteilung im Untergrund zu liefern. Für die Vergleichbarkeit mit den hydrogeologischen Ergebnissen werden die elektrischen Widerstände in Wassergehalte übersetzt und in Hinblick auf Verteilung und Sickergeschwindigkeit analysiert. „Wir wollen so die Grundwasserneubildung besser quantifizieren, um die Entscheidungsgrundlage belastbarer zu machen, welche Baumarten sich für Neupflanzungen eignen“, beschreibt BGR-Geophysikerin Dr. Ursula Noell aus dem Projektteam das Forschungsziel.



Dr. habil. Christoph Neukum
B2.5 Forschungs- und
Entwicklungszentrum Bergbaufolgen
(FEZB)
✉ christoph.neukum@bgr.de



Dr. Ursula Noell
ehem. B2.1 Geophysikalische
Erkundung – Technische Mineralogie
✉ ursula.noell@bgr.de

Der Weg zu einheitlichen Messwerten

Messdaten müssen vergleichbar sein, um sie bewerten zu können. Um Untersuchungen zu Mikroplastik in Böden einordnen zu können, sind einheitliche Analyseschritte notwendig. Mit ihrer Arbeit trägt die BGR zur Normung von Methoden bei.

Hinter den Themen Normung und Standardisierung stecken komplexe Vorgänge, die einerseits Grundlagenwissenschaft und Fachexpertise erfordern, andererseits aber auch eine offene Debattenkultur und Engagement. Das wissen auch Dr. habil. Susanne Stadler und Dr. Kristof Dorau. Sie forschen für die BGR zu Böden – eine der wichtigsten natürlichen Ressourcen. Beide bringen die BGR-Fachexpertise auch in nationale und internationale Normungsprozesse ein. Dort bemühen sie sich um die Vereinheitlichung von Verfahren und suchen dazu den Konsens mit anderen unabhängigen Fachleuten. Für Susanne Stadler und Kristof Dorau müssen wissenschaftliche Messwerte nachvollziehbar, reproduzierbar und somit vergleichbar sein, damit sie z. B. für Umweltpolitik und Risikobewertungen als faktenbasierte Grundlage taugen.

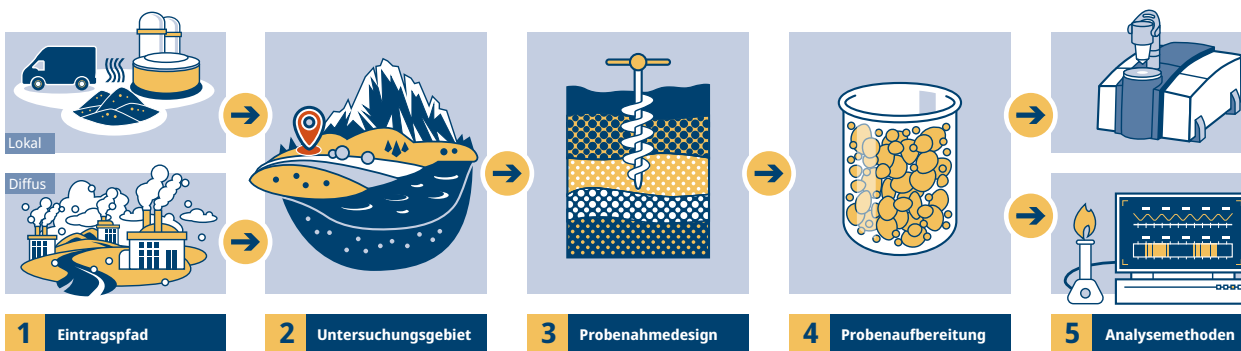
Das Beispiel Mikroplastik zeigt, wie schwierig diese Anforderung zuweilen umzusetzen ist. Auf der Bodenschutzagenda steht das Thema ziemlich weit oben: Der massive Eintrag von Plastik in Böden muss dringend reduziert werden. So kann Mikroplastik beispielsweise schon bei einer unzureichenden Trennung in privaten Haushalten über Bioabfälle in die Böden gelangen. Häufig landet der Kompost in Agrarböden, die ohnehin schon durch Partikel aus Klärschlämmen stark belastet sind. Womöglich bedarf es künftig einer Regulierung,

wieviel Plastik sich auf landwirtschaftlich genutzten Flächen befinden darf, um die Bodenfunktionen nicht zu gefährden. Ein solcher Schritt erfordert allerdings eine objektive Diskussionsgrundlage aus wissenschaftlichen Studien, die den Einfluss von Plastik auf Böden, Nahrungskette und Mensch analysieren – und letztlich einheitliche Bewertungskriterien.

„Verfahren zum Nachweis von Mikroplastik sind bisher noch sehr individuell und Studien zum Ausmaß der Kunststoffverschmutzung von Böden daher nur kaum miteinander zu vergleichen“, erläutert Kristof Dorau. Viele Labore haben ihre eigenen speziellen Geräte und Verfahren. So können sich – abgesehen von der Probenahme selbst – beispielsweise auch die Aufbereitung, Vorbehandlung und Analysemethoden unterscheiden. „Das muss nicht immer nur negativ sein“, sagt Kristof Dorau. So könnten gerade am Anfang einer Forschung wissenschaftliche Freiheit und Flexibilität für den Erkenntnisgewinn sehr wichtig sein, etwa um neue Methoden zu erproben. „Allerdings kann eine nicht einheitliche Probenahme bereits zu unterschiedlichen Ergebnissen und Schlussfolgerungen führen“, stellt er klar.

Die größte Herausforderung bei der Schaffung von einheitlichen Normen beim Thema Mikroplastik sieht

Arbeitsablauf mit Fragestellungen, die bei der Analyse von Mikroplastik berücksichtigt werden sollten:



- 1 Welcher **Emittent** verantwortet das Plastik?
- 2 Was ist über das **Untersuchungsgebiet/Bodeneigenschaften** bekannt?
- 3 Welches adaptierte **Probenahmedesign** passt zum Emittenten?
- 4 Welche **Aufbereitungsweise** ist relevant, ...
- 5 ... um extrahierte Polymere per **Spektroskopie** oder **Gaschromatographie** zu analysieren?

Die Probenahme-Punkte im „SOSMA“-Projekt sind georeferenziert, um mithilfe geostatistischer Methoden Aussagen über die räumliche Variabilität von Mikroplastik treffen zu können.

Kristof Dorau in der großen Unterschiedlichkeit der Böden sowie in der uneinheitlichen Verteilung der Partikel. „Die Schwierigkeit ist es, die Summe der daraus resultierenden, nicht vermeidbaren Fehler so weit zu minimieren, dass man das bestmögliche Ergebnis erzielt“, erklärt er. Der Boden-Experte entwickelt im Rahmen des vom Umweltbundesamt (UBA) finanzierten Projekts „Soil Sampling for Microplastic Analysis (SOSMA)“ ein Konzept für die Probenahme und Probenvorbehandlung zur Analytik von Mikroplastik. Ziel des Vorhabens ist die Erarbeitung einer Datengrundlage für den Entwurf einer Richtlinie für einen Normungsvorschlag. „Ein normiertes Verfahren ist wie eine akzeptierte Handlungsanleitung, die gewisse Qualitätsmerkmale sichert und auf die man sich berufen kann“, sagt Kristof Dorau.

So steht und fällt z. B. mit der richtigen Probenahme nicht nur das Messergebnis, sondern auch die darauf basierende künftige Norm – etwa für Einträge von Mikroplastik in Böden. Doch welches ist die beste Strategie, um ein repräsentatives Gesamtbild über Mikroplastik im Boden zu erhalten? Nur wenige auf den Emittenten und die Flächeneigenschaften angepasste Mischproben? Oder viele punktuell entnommene Einzelproben, die jedoch nicht die räumliche Variabilität berücksichtigen? Und wie viele Proben sind notwendig für ein verlässliches Bild? „Die Wahrheit wird irgendwo in der Mitte liegen, und solche Fragestellungen diskutieren wir auch in Normungsgremien mit anderen Fachleuten“, sagt Susanne Stadler. In Deutschland ist die wichtigste Institution das Deutsche Institut für Normung e. V. (DIN), aber es gibt auch zahlreiche weitere Institutionen und Organisationen, die Arbeitshilfen bereitstellen. Auf europäischer Ebene ist die normgebende Institution das Comité Européen de Normalisation (CEN) und auf globaler Ebene werden Normungsprozesse durch die International Organization for Standardization (ISO) gesteuert. DIN-Normen sind anerkannte Regeln der Technik, aber grundsätzlich freiwillig, auch ISO-Normen sind nicht verpflichtend. CEN-Normen müssen jedoch in nationale Standards überführt werden, widersprechende

nationale Regelungen dürfen hier nicht getroffen werden. Susanne Stadler leitet den Arbeitskreis „Physikalische Verfahren“ innerhalb des DIN-Normenausschusses Wasserwesen (NAW) sowie den CEN-Arbeitskreis des europäischen Äquivalents. Sie wirkt zudem im entsprechenden ISO-Gremium zu physikalischen Verfahren mit und ist somit auf nationaler und internationaler Ebene vertreten. So kann sie ihre Expertise in verschiedenen Gremien einbringen. Dort werden bestehende Normen auf ihren Aktualisierungsbedarf geprüft und wenn nötig überarbeitet. Oft wird auf eine Harmonisierung von ISO-, CEN- und DIN-Standards hingearbeitet. Aktuell haben bereits etwa 85 Prozent aller nationalen Norm-Projekte einen europäischen bzw. internationalen Hintergrund.

Susanne Stadler benötigt für ihre Arbeit in den verschiedenen Gremien zuweilen Fingerspitzengefühl. „Gerade, wenn einige ihr eigenes Süppchen kochen wollen, gehört es zum Diskussionsprozess dazu, Vor- und Nachteile von Methoden zu bewerten, gute Sachen beizubehalten und Ungeeignetes zu verwerfen“, erläutert die Boden-Expertin. Für den Normungsprozess, an dem auch Industrie und Öffentlichkeit mitwirken können, wünscht sich Susanne Stadler eine möglichst breite Beteiligung. „Es wäre gut, wenn sich noch mehr Menschen freiwillig und aktiv engagieren und ihre Meinungen einbringen, denn eine umfassende Bewertung möchte man immer nach bestem Wissen und Gewissen machen“, sagt sie.



Dr. Kristof Dorau
B2.4 Boden als Ressource –
Stoffeigenschaften und Dynamik
✉ kristof.dorau@bgr.de



Dr. habil. Susanne Stadler
B2.4 Boden als Ressource –
Stoffeigenschaften und Dynamik
✉ susanne.stadler@bgr.de

Künstliche Intelligenz erleichtert auch die Gesteinsforschung

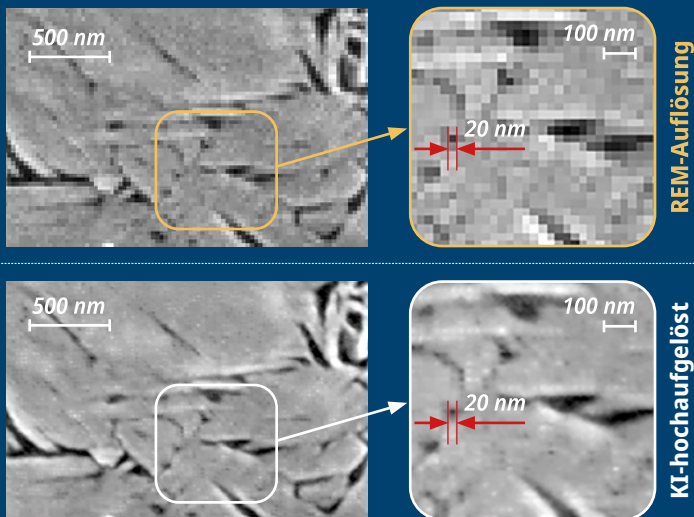
Die Eignung eines Wirtsgesteins zur Endlagerung von radioaktivem Abfall hängt u. a. von der Porenverteilung ab. Da dessen „händische“ Ermittlung nicht praktikabel und zeitaufwendig ist, entwickelt die BGR neue Verfahren mittels Künstlicher Intelligenz (KI).

Zwei Wochen verbrachte der BGR-Ingenieurmathematiker Marco Brysch bisher am Bildschirm, um alle Gesteinsporen einer Opalinustonprobe per Mausklick zu segmentieren. Der Opalinuston gehört zu den für die Endlagerung infrage kommenden Wirtsgesteinen. Für die Untersuchung der Proben verwendet Marco Brysch per Rasterelektronenmikroskopie (REM) gescannte Aufnahmen, auf denen Poren und Risse im Gestein sichtbar werden.

Konventionelle Methoden zur Porositätsbestimmung wie die Quecksilberporosimetrie und Gaspyknometrie geben lediglich Auskunft über die Größenverteilung der Poren, nicht aber über deren Form, Orientierung und räumliche Verteilung. Durch Ionenstrahl-polierte Probenoberflächen lassen sich Poren im REM zwar sehr fein auflösen. „Allerdings werden kleinste Poren unter 10 Nanometer Durchmesser, die in der Hauptsache für die Porosität der meisten Tonsteine verantwortlich sind, nicht erfasst,“ erklärt Marco Brysch. „Das tatsächliche REM-Bild ist zu verpixelt, um die winzigen Poren zu segmentieren,“ so der Ingenieurmathematiker.

Im BGR-Projekt „Entwicklung eines KI-gestützten Verfahrens zur automatisierten Detektion von Poren in Gesteinen (ITERATOR)“ bot sich Marco Brysch die Möglichkeit, mithilfe von maschinellem Lernen und „Deep Learning“ durch künstliche neuronale Netzwerke die Detektierbarkeit von Kleinstporen zu erhöhen. Gemeinsam mit Fachleuten aus der Mineralogie und dem REM-Labor in der BGR entwickelte er ein neues Untersuchungsverfahren, das auf KI-gestützte Bildverarbeitungs-Algorithmen setzt.

„Die Herausforderung bestand darin, ein System zu entwickeln, das nicht nur die Größe, sondern auch die Form und exakte Lage jeder Pore präzise bestimmt“, so Marco Brysch. Diese Informationen sind u. a. notwendig, um die Eignung von Gesteinsformationen für ein Endlager bewerten zu können. Die bisherigen Ergebnisse des Verfahrens sind äußerst positiv. Innerhalb weniger Minuten liefert das KI-Programm ein vollständig segmentiertes Abbild der Porenverteilung. „KI ermöglicht eine bisher nie dagewesene Detailtreue bei der Analyse“, sagt Marco Brysch. Der Ingenieurmathematiker sieht allerdings noch Verbesserungspotenzial. Im Rahmen seiner Doktorarbeit will er jetzt an der Weiterentwicklung des KI-gestützten Verfahrens arbeiten.



ITERATOR: Der KI-gestützte Bildverarbeitungsalgorithmus offenbart unentdeckte Porenräume (in schwarz): Oben die konventionelle REM-Auflösung, unten die mit neuronalen Netzwerken generierte Hochauflösung, die eine Detektion kleinster Strukturen im Nanometer-Bereich erlaubt.

Ziel der Forschungsarbeit ist es, Tausende nanometergroße Poren automatisiert zu segmentieren. Für die sichere unterirdische Lagerung hochradioaktiver Abfälle sind genaue Kenntnisse über die mikroskopischen Poren eines Wirtsgesteins von entscheidender Bedeutung. Die Porenstruktur beeinflusst die Materialeigenschaften. Zum Beispiel halten viele kleine, isolierte Poren in einem Tongestein Flüssigkeiten zuverlässiger zurück als größere, vernetzte Porenräume, die zu unerwünschten Durchlässigkeiten führen könnten.

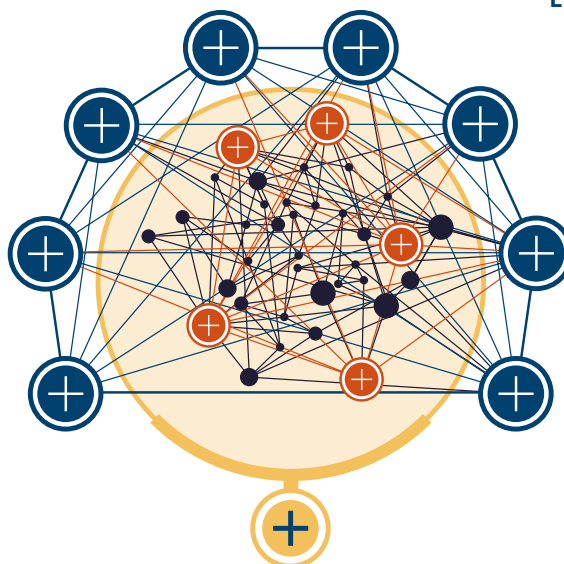


Marco Brysch
B4.2 Geoinformationen,
Stratigraphie, Bibliothek
✉ marco.brysch@bgr.de

- Geodateninfrastruktur
- Archiv
- Dokumentenmanagementsystem
- Datenfreigaben im Netzwerk
- Fachinformationssysteme
- Enterprise-Resource-Planning
- Bohrkerne
- Karten / Geodaten
- Berichte
- Bohrdaten
- Projektdaten
- Seismik
- WEB

Fachdaten (schwarz, rot) und etablierte Informationssysteme (blau) sind bei „DAMAST“ in vielfältiger Weise mit- und untereinander verbunden.

Das System ermöglicht den direkten Datenzugriff oder zeigt auf die jeweilige Datenquelle, die auch außerhalb der BGR im Internet (gelb) liegen kann.



Fachwissen besser nutzbar machen

Die Endlagersuche braucht Unterstützung: Geowissenschaftliche Daten müssen zugänglich und interpretierbar sein. BGR-Fachleute entwickeln zurzeit das universelle System „DAMAST“, das komplexe Daten in neuem Kontext managt und nutzbar macht.

Bei der Suche nach einem Standort zur Endlagerung hochradioaktiver Abfälle müssen für eine evidenzbasierte Entscheidung alle verfügbaren geowissenschaftlichen Informationen in die Bewertung einfließen können. Allerdings sind einige schwer zugänglich. Fachdaten und Schlüsselhinweise zu deren Verständnis schlummern teils in verstaubten Schubladen, vielzähligen Datenspeichern oder auch in klugen Köpfen an den unterschiedlichsten Orten.

Allein in der für die Endlagerung zuständigen BGR-Abteilung befinden sich mehr als vier Millionen Einzeldateien in über 5 000 verschiedenen Formaten, die in unterschiedlichen Systemen gespeichert sind. Dazu gibt es Informationen in Datenbanken und täglich kommen weitere neue Daten hinzu. Ein Archivsystem, das jetzt im Projekt „Datenmanagementsystem (DAMAST)“ entwickelt wird, soll helfen, diese Datenflut besser zu ordnen.

„Die spannende Herausforderung ist es, all die Daten, die von der Geologie über die Geochemie bis zur Geophysik verschiedene Domänen streifen, leicht auffindbar anzubieten und miteinander zu verbinden“, sagt Gerhard Arns-Krogmann aus dem Projektteam, das die Aufgabe zur Einrichtung des Datenmanagementsystems übernommen hat. Dort werden künftig Daten, die etwa beim Scannen von Bohrlöchern, der Untersuchung von Bohrkernen oder bei Messungen der natürlichen Radioaktivität von Gesteinen erhoben werden, gebündelt. „DAMAST ist als Metasystem konzipiert, das bestehende Fachinformationssysteme und lose Datensammlungen zu einem Netzwerk

verbindet und dieses managt“, erläutert Gerhard Arns-Krogmann. „Metadaten“ spielen dabei eine Schlüsselrolle: Sie sind Zusatzinformationen, die den zur Interpretation nötigen Kontext liefern – also vereinfacht gesagt: Wer hat wann wo was gemacht?

„Derzeit organisieren hier viele Gruppen ihre Forschungsdaten selbstverwaltet; doch ohne organisiertes Datenmanagement geht wichtiges Expertenwissen nach Ablauf von Projekten oder durch Personalabgänge verloren“, erklärt der Datenmanager das „Brain-Drain“-Problem. Als Schnittstelle zwischen IT-Technik und Fachseite interviewt er sein Umfeld, diagnostiziert Probleme. Er motiviert Fachwissensträger, Neues auszuprobieren, ihre Expertise im Metasystem zu teilen und dabei auch selbst zu profitieren. „Änderung alter Gewohnheiten führen zu einem besseren Arbeitsleben“, sagt Gerhard Arns-Krogmann und treibt zusammen mit Projektleiterin Dr. Simone Röhling die digitale Wende in der BGR weiter voran. Nach der Pilotphase von „DAMAST“ ist angedacht, das Werkzeug zur besseren Datennachnutzung BGR-weit auszurollen. Denn nicht nur die Daten zur Endlagersuche müssen zugänglich und nutzbar sein, das Wissen aller BGR-Fachbereiche soll künftigen Generationen verfügbar bleiben.



Gerhard Arns-Krogmann
B4.2 Geoinformationen,
Stratigraphie, Bibliothek
✉ gerd.arns-krogmann@bgr.de

Die fundierte Bewertung von Ungewissheiten

Die BGR entwickelt eine mathematisch fundierte Methodik für Sicherheitsuntersuchungen bei der Standortauswahl für ein Endlager: Sie analysiert, ob eine geologische Barriere mechanisch stabil bzw. undurchlässig bleibt und quantifiziert bei dieser Integritätsanalyse Ungewissheiten mit praktikablem Rechenaufwand.

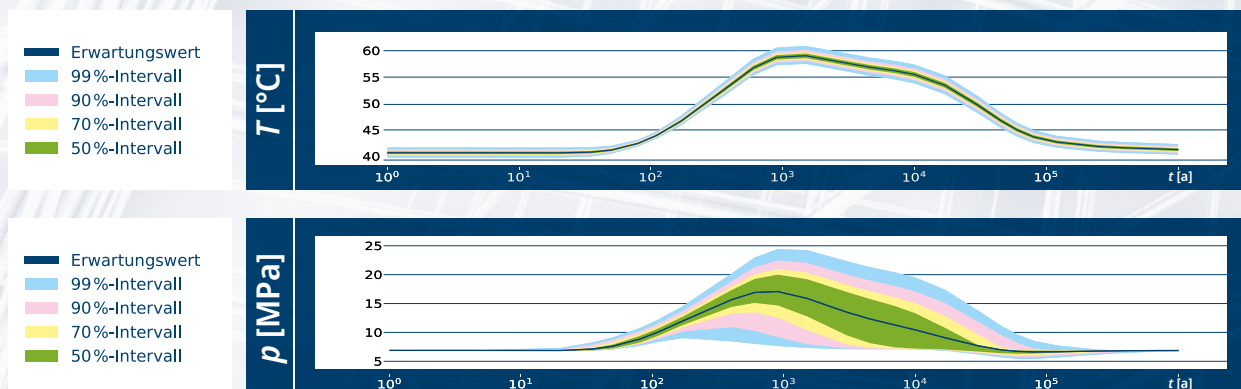
Bei der Suche eines Standortes zur sicheren Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen ist ein Sicherheitsaspekt essenziell: Die gesuchten Wirtsgesteinsformationen müssen Radionuklide sicher zurückhalten und einschließen – also keinen Transport erlauben. Doch ein gutes Einschlussermögen eines Gebirges kann sich unter langfristigen Belastungen ungünstig verändern: Etwa ausgelöst von der Zerfallswärme der hochradioaktiven Abfälle oder bei klimatisch bedingten Änderungen der Grundwasserflüsse – z. B. durch Vergletscherung. Zudem rufen die für ein Endlager konstruierten Hohlräume mechanische Spannungsänderungen im Untergrund hervor und können austrocknen.

So ergeben sich für die Sicherheitsuntersuchungen zwei Schlüsselfragen, denen das Team um den Mathematiker Dr. Jan Thiedau und die Geophysikerin Dr. Sibylle Mayr im Projekt „Methoden zur Quantifizierung von Unsicherheit und Robustheit (MeQUR)“ nachgeht: Erstens, inwieweit die günstigen Eigenschaften der geologischen Barriere – also dessen Integrität – unter veränderten Belastungen erhalten bleiben und insbesondere zweitens, welche Ungewissheiten an den Aussagen haften. „Man wird für die Undurchlässigkeit eines großen Gebirgsbereichs nie einen exakten Wert angeben können“, sagt Jan Thiedau. „Egal wie gut man einen Standort erkundet, es wird immer Ungewissheiten geben, aber wir können

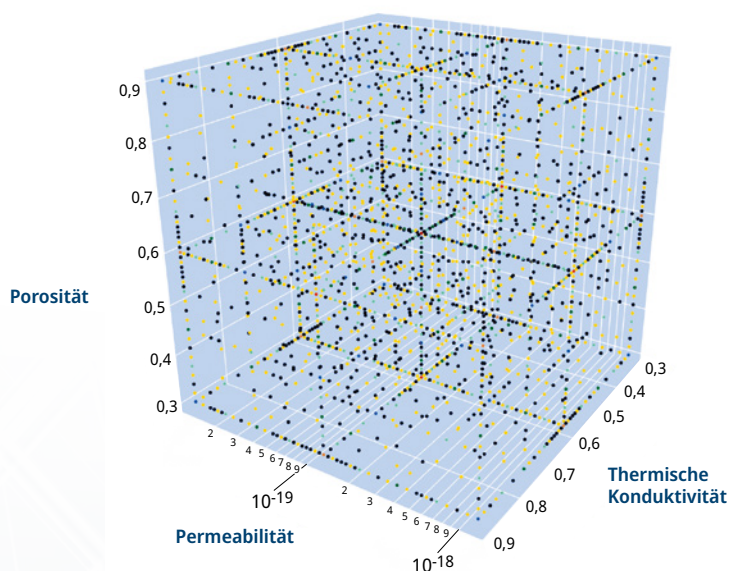
Ungewissheiten mathematisch fundiert einschätzen.“ Da das Thema „Datenunsicherheiten“ gesetzlich berücksichtigt werden muss, rief die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) als Vorhabenträgerin ein neues Forschungsprogramm ins Leben, mit dessen Hilfe Ungewissheiten in Sicherheitsuntersuchungen verstanden und quantifiziert werden sollen.

Hierbei spielen Simulationen die Schlüsselrolle. „Wir wollen mit Computermodellen zeigen, wie sich das gesamte Untergrundsystem über mehrere 100 000 Jahre verhält – unter Berücksichtigung der Ungewissheiten“, erklärt Jan Thiedau. Der Mathematiker vergleicht die Methode mit Wetter-Ensembleprognosen: „Wir variieren die mit Unsicherheiten behafteten Eingangsparameter wie Porosität, Wärmeleitfähigkeit und hydraulische Durchlässigkeit. Dann evaluieren wir, inwieweit sich jede Variation auf die geologische Barriere – in unserem Fall Tonstein – und damit auf die Sicherheit des Endlagers auswirkt. Wir gehen dabei der Frage nach, welche Relevanz dieser Eingangsparameter bzw. seine Unsicherheit hat.“ Seine Projektkollegin Sibylle Mayr ergänzt: „Die Integrität des Gesteins soll bei allen realistischen Parameterkombinationen gewahrt bleiben.“

Literaturwerte liefern hierbei Ober- und Untergrenzen für die experimentell bestimmbareren Eingangsparameter,



In den berechneten Verteilungen für Temperatur (oben) und Porendruck (unten) zeigt sich der unterschiedlich ausgeprägte Einfluss der Parametervariationen.



Um die Ungewissheiten in den Integritätsanalysen verstehen und quantifizieren zu können, müssen alle Eingangsparameter mit ihren Unschärfen berücksichtigt werden.

Jeder Punkt dieser Illustration visualisiert beispielhaft eine Parameterkombination, für die eine Berechnung zur Integritätsbewertung durchgeführt wird.

Eine technische Herausforderung entsteht durch exponentiell wachsende Kombinationsmöglichkeiten („Fluch der Dimensionen“).

mögliche Kombinationen gibt es aber viele. So ergeben sich bei nur sieben verschiedenen Eingangsparametern Hunderttausende Parameterkombinationen für die Computerrechnungen, der Aufwand steigt exponentiell. Fachleute sprechen vom „Fluch der Dimensionen“, weil sich so schnell Milliarden Rechenoperationen ergeben. Auf diese Weise entstehen unter Umständen Dutzende Terabyte an Daten pro Stunde.

Bis zu einem gewissen Grad lässt sich die Effizienz bei der Berechnung stochastischer Größen zwar verbessern, aber die Herausforderung für Jan Thiedau bleibt, „die Balance zu halten zwischen mathematischer Genauigkeit und einem Rechenaufwand, der sich noch handhaben lässt“. Sibylle Mayr hilft, den Fluch der Dimensionen zu bändigen, indem sie bei ihrer Arbeit unsinnige Berechnungen ausschließt. Die Geophysikerin: „Bei der Evaluation, welche Eingangsparameter wahrscheinlich, möglich oder relevant sind, gehen alle Labor- und Messergebnisse zu Gesteinseigenschaften der letzten Jahrzehnte ein.“ Doch nicht alles ist deterministisch bekannt und Literaturwerte sind aus vielen Gründen mit systematischen oder methodischen Fehlern behaftet – nicht zuletzt, weil verschiedene Menschen mit diversen Methoden messen.

Sibylle Mayr profitiert bei der Einordnung der Messwerte von ihrer langjährigen Erfahrung. Sie erkennt Zusammenhänge und kann einschätzen, woher die Variationen in den Daten kommen. „Bei der früheren Forschung zu Tonstein wurde nur sehr selten berücksichtigt, dass dieser seine Eigenschaften ändert, je nachdem, ob er vollgesättigt oder getrocknet ist. Die experimentelle Bestimmung der hydraulisch-mechanischen Kopplung der Prozesse ist noch relativ neu“, erläutert die Geophysikerin. Sibylle Mayr teilt ihre Ergebnisse mit dem Mathematiker, denn auch in numerischen Modellierungen sind thermische, hydraulische und mechanische Eigenschaften miteinander gekoppelt. Jan Thiedau weiß, welche Parameter bei der Modellierung wichtig sind, um die Gebirgsintegrität zu beschreiben. Er nutzt Sibylle Mayrs Wissen für sinnvolle Modellanpassungen, über deren

Ergebnis sich die Geophysikerin freut: „Durch seine Modellierungen verfeinert mein Projektkollege das Verständnis zu allen Prozessen weiter.“

Die Erkenntnisse der beiden helfen wiederum den anderen numerischen Modellentwicklern im Team des Verbundprojekts. Sibylle Mayr: „Wir profitieren von den Erfahrungen, Wissen und Anforderungen unserer Partnerinstitutionen in Freiberg, Chemnitz und Leipzig. Das ergänzt das an der BGR vorhandene, kondensierte und konservierte Wissen.“

Auf einige Laborexperimente könnte womöglich verzichtet werden, wenn die Modellierung keinen relevanten Einfluss auf die Barriere-Eigenschaften zeigt. Sie könnte aber bei anderen gekoppelten Gesteinseigenschaften eine wichtige Rolle für die Integrität aufdecken, die dann experimentell genauer zu bestimmen ist. Mit neuen, relevanten Messwerten kann wiederum die Modellierung verfeinert und so das Verständnis für das Systemverhalten vertieft werden.

Mit den entwickelten Methoden soll das gemeinsame Projekt zu Empfehlungen für die künftige Durchführung von effizienten Sicherheitsuntersuchungen und Erkundungsprogrammen beitragen.



Dr. habil. Sibylle Mayr
B3.3 Charakterisierung von Speicher- und Barrieregesteinen
✉ sibylle.mayr@bgr.de



Dr. Jan Thiedau
B3.5 Geotechnische Sicherheitsnachweise
✉ jan.thiedau@bgr.de

30 Jahre Technische Zusammenarbeit mit der Mongolei

Die BGR blickt auf eine langjährige und erfolgreiche geowissenschaftliche Partnerschaft mit der Mongolei zurück. Insbesondere im Bergbausektor wurden bisher zahlreiche beispielhafte Projekte initiiert.



Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer einer Rekultivierungskonferenz im Seifengoldabbaugebiet Zaamar im Jahr 2013.

Seit bereits mehr als 60 Jahren besteht eine intensive deutsch-mongolische Zusammenarbeit im Geosektor. Was der geologische Dienst der DDR im Jahre 1962 mit der Exploration von Goldvorkommen begann, setzte die BGR nach der Wiedervereinigung im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit mit neuen Schwerpunkten erfolgreich fort. 2022 feierte die BGR ihr 30-jähriges Jubiläum in der Technischen Zusammenarbeit (TZ) mit den mongolischen Partnerbehörden.

Zu Beginn dieser Zusammenarbeit stand die Bewertung neuer Lagerstätten im Vordergrund, später die nachhaltige Nutzung mineralischer Rohstoffe sowie die Organisationsentwicklung und der Umweltschutz. Seit 1992 wurden von der BGR und ihren mongolischen Partnerinstitutionen, zu denen aktuell das Bergbauministerium, die Bergbaubehörde und der Geologische Dienst gehören, 16 TZ-Projekte durchgeführt.

Die Mongolei gehört zu den rohstoffreichen Ländern mit einem der weltweit größten Vorkommen an Kupfer sowie erheblichen Mengen anderer wichtiger Rohstoffe wie Kohle, Gold, Flussspat, Eisen, Uran oder Wolfram. Der ostasiatische Binnenstaat zwischen Russland und China ist viereinhalbmal so groß wie Deutschland, hat aber nur 3,3 Millionen Einwohner und gilt als das „Land der Kontraste“: Extreme Klimaverhältnisse mit starken

tages- und jahreszeitlichen Temperaturschwankungen, unterschiedliche Landschaften mit grasbewachsenen Steppen und teils waldreichen Bergen im Norden und der Wüste Gobi im Süden sowie modernes Hauptstadt-Leben in Ulaanbaatar und im Gegensatz dazu Nomadentum auf dem Land.

Dr. Thekla Abel lebte viele Jahre in Ulaanbaatar. In der Mongolei war die BGR-Geowissenschaftlerin für eine Reihe von Projekten zuständig, so im Bereich des nachhaltigen Rohstoffmanagements, der Regulierung des Bergbausektors und des Umweltschutzes. Bei ihrer Arbeit mit den mongolischen Partnerbehörden nahm vor allem die Förderung der Digitalisierung eine wichtige Rolle ein. „Wir haben mit unseren Maßnahmen den Datenaustausch zwischen den Behörden, der Privatwirtschaft sowie der Öffentlichkeit verbessert und bürokratische Hürden abgebaut“, erzählt Thekla Abel, die heute als Länderkoordinatorin im TZ-Bereich der BGR arbeitet. So hat die BGR beispielsweise in der Mongolei den Ausbau des digitalen Bergbaukatasters unterstützt. Teil der Projektarbeit war auch die Neuentwicklung eines digitalen Berichterstattungssystems für den Bergbau.

Dies erleichterte den Unternehmen nicht nur während der Corona-Pandemie die Fortführung ihrer Bergbauaktivitäten. „Wer in der Mongolei in großer Entfernung



zur Hauptstadt lebt, profitiert generell von der Digitalisierung behördlicher Genehmigungsvorgänge, die eine weite Reise nach Ulaanbaatar erspart, Anfragen erleichtert und so letztlich für alle mehr Transparenz schafft“, erläutert Thekla Abel. Auch in Fällen von Nutzungskonflikten, die es zuweilen zwischen Bergbaufirmen und dem nomadisch lebenden Teil der Bevölkerung gibt, kann die Digitalisierung mehr rechtliche Sicherheit bieten. So wird auch in der Mongolei der Bergbau zunehmend von der lokalen Bevölkerung abgelehnt, weshalb die BGR aktuell gemeinsam mit den Partnerinstitutionen die sozioökonomischen Auswirkungen des Bergbaus stärker in den Fokus nimmt.

„Die kommunikative Arbeit in der Mongolei erfordert Gelassenheit, Feingefühl und Hartnäckigkeit“, sagt Thekla Abel. Etwas Langfristiges wie etwa die Verbesserung rechtlicher Regularien kann z. B. sehr herausfordernd sein. „Während der zum Teil mehrjährigen Arbeit an solchen Vorhaben kann es gut sein, dass im gleichen Zeitraum die zuständigen Behördenleiter mehrfach wechseln“, erzählt die Geowissenschaftlerin. Plötzliche Personalwechsel, Umstrukturierungen und Änderungen der politischen Rahmenbedingungen hätten zwar die Fortführung einiger Kooperationen mit mongolischen Partnerinstitutionen zuweilen erschwert. „Aber dann gilt es einfach dranzubleiben und die Dinge wieder zusammenzuführen“, sagt Thekla Abel.

Seit den 1990er Jahren, nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion, vollzog die Mongolei einen friedlichen Übergang vom kommunistischen zu einem demokratisch-parlamentarisches Regierungssystem. Die Erfahrungen mit der Marktwirtschaft brachten zunächst Schwierigkeiten mit sich. „Zu unseren damaligen Aufgaben in der Entwicklungszusammenarbeit gehörte deshalb vor allem die Begleitung der wirtschaftlichen und politischen Weiterentwicklung der Mongolei“, erzählt Thekla Abel.

Daher fokussierte sich die Technische Zusammenarbeit der BGR anfänglich vor allem auf das marktwirtschaftliche Management von mineralischen Rohstoffen. Im Rahmen der wirtschaftsgeologischen Beratung entstanden ein „Investor’s Guide“ sowie Marktstudien zu verschiedenen Rohstoffen.

Aber auch Umweltaspekte standen von Beginn an im Fokus. So erstellte die BGR mit den Partnerinstitutionen eine hydrogeologische Übersichtskarte der Mongolei, die das erste im Land selbst gedruckte geowissenschaftliche Kartenwerk wurde. Zudem schulte die BGR in mehreren Projekten staatliche Inspektoren in

modernen Methoden und Instrumenten der Bergaufsicht und baute ein Inspektionsinformationssystem auf. Inzwischen steht das Thema umweltverträglicher Bergbau im Fokus. Die BGR plant gerade mit dem mongolischen Umweltministerium dazu ein Vorhaben.



Umweltanalytik im Geologischen Zentrallabor in Ulaanbaatar.



Training im Gelände mit Bergbauinspektoren.

In der Zusammenarbeit wurden auch mehrere Projekte mit dem Geologischen Zentrallabor der Mongolei (CGL) erfolgreich durchgeführt. Themenbereiche waren Goldanalytik, Qualitätsmanagement und die Zertifizierung von Referenzmaterialien. Das Labor erhielt mit BGR-Unterstützung drei internationale Akkreditierungen. Was Thekla Abel hierbei besonders freut: „Nachdem die BGR-Unterstützung auslief, konnte das Labor diese Akkreditierungen regelmäßig selbstständig erneuern.“

Im Laufe der Jahrzehnte wurden auch viele Expertinnen und Experten aus der Mongolei an deutschen Hochschulen ausgebildet. Thekla Abel hat bereits festgestellt, dass Impulse aus dem Know-how-Transfer in der Mongolei ihre Wirkung entfaltet haben. So entwickelten sich z. B. aus der von der BGR organisierten jährlichen nationalen Konferenz zur „Rekultivierung und Minenschließung“ eigenständige regionale Treffen. „Durch die kontinuierliche Unterstützung schaffen wir positive Anreizsysteme und ein Bewusstsein, sodass Prozesse eine Eigendynamik bekommen“, zieht Thekla Abel eine positive Bilanz der bisherigen deutsch-mongolischen Zusammenarbeit.



Dr. Thekla Abel
B4.1 Internationale Zusammenarbeit
✉ thekla.abel@bgr.de

Verantwortungsvolle Lieferketten für den kongolesischen Bergbausektor

Hauptproduzent des Batterierohstoffs Kobalt ist die Demokratische Republik Kongo. Die BGR unterstützt die wirtschaftliche Entwicklung in dem zentralafrikanischen Bergbauland bei der Umsetzung verantwortungsvoller Lieferketten.



Eine Frau mit ihrem Kind wäscht in der Provinz Lualaba Erz in einem Baggersee.

Eine Kobaltmine in der Provinz Lualaba in der Demokratischen Republik (DR) Kongo: Steinige Bergbauhänge, Motorengeräusch von Pumpen, die Sauerstoff in die Tiefen der Minen befördern. Arbeiter in Blaumännern holen Erzklumpen aus der Mine, die von Frauen mit Netzen im Baggersee ausgewaschen werden.

Ulrike von Baggehufwudt und Moritz Michel von der BGR sind vor Ort mit Vertretern des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) verabredet. Die BGR führt in dem zentralafrikanischen Land im Auftrag des BMZ ein Projekt der Technischen Zusammenarbeit (TZ) durch. Mit ihrem aktuellen Vorhaben **„Wirtschaftliche Entwicklung und verantwortungsvolle Lieferketten im Bergbausektor“** unterstützt die BGR das kongolesische Bergbauministerium dabei, die international geforderten Sorgfaltspflichten bei Abbau und Handel von kritischen Rohstoffen zu erfüllen.

Im Fokus des Projekts ist auch Kobalt. Das Metall ist ein Schlüsselrohstoff für die Elektromobilität. Es wird für Akkus und Batterien gebraucht. Rund 60 Prozent des auf dem Weltmarkt gehandelten Kobalts stammen aus der DR Kongo.

„Wir alle brauchen Rohstoffe für die Energie- und Mobilitätswende“, sagt Ulrike von Baggehufwudt. „Doch genauso wichtig sind Auflagen und Kontrollen, die in der Lieferkette sicherstellen, dass beim Abbau Arbeits-, Sozial- und Umweltschutzstandards eingehalten sowie durch den Handel beförderte Konflikte vermieden werden“, erklärt die BGR-Expertin. Als Projektkoordinatorin steuert sie das TZ-Vorhaben in der DR Kongo von Deutschland aus. Ihr Kollege Moritz Michel arbeitet als Projektleiter vor Ort mit den kongolesischen Partnerbehörden zusammen. Beide können an diesem Tag im Gespräch mit den Beamten des BMZ anschaulich über weitere Fortschritte ihrer Projektarbeit berichten, die in der DR Kongo eine wichtige Funktion erfüllt. So ist der Bergbausektor aufgrund des dortigen Rohstoffreichtums von herausragender Bedeutung für die Wirtschaft des Landes.

Die Kobaltförderung ist in der DR Kongo ein Nebenprodukt des Kupferabbaus. Von der Gesamtproduktion des Metalls entfallen hier circa 80 Prozent auf den industriell betriebenen Großbergbau. Die übrige Menge wird im sogenannten Kleinbergbau in Handarbeit gefördert. Während der industrielle Bergbau sich in der Regel an internationale Standards hält, haftet dem Kleinbergbau der



Kleinbergbau auf Kobalt in der Provinz Lualaba.

schlechte Ruf von Menschenrechtsverletzungen, Kinderarbeit und illegalem Milizen-Handel für Waffenkäufe an. „Der Motor der kongolesischen Wirtschaft ist der industrielle Bergbau. Doch der ‚artisanale‘ Bergbau ist wichtig für die Armutsbekämpfung. Er ermöglicht vielen Menschen im Land eine Einkommensmöglichkeit“, erläutert Moritz Michel.

In der DR Kongo gibt es bis zu einer Million Menschen im Kleinbergbau. Rechnet man die maximal acht Millionen hinzu, die indirekt vom Kleinbergbau abhängen, leben bis zu zehn Prozent der Bevölkerung von der Arbeit in den Gruben. Der Fokus des BGR-Projekts liegt deshalb vorrangig auf diesem Bereich. Gemeinsam mit kongolesischen Institutionen werden Mineninspektionen durchgeführt, um die Einhaltung der geforderten Abbaustandards und den Weg des Rohstoffs in den Handel zu überprüfen. Ein weiterer wichtiger Teil des Projekts ist die Schulung des Personals der Partnerbehörden für diese Einsätze.

Seit 2009 engagiert sich die BGR bereits in der DR Kongo für eine verantwortungsvolle Gewinnung von Rohstoffen im Kleinbergbau – zunächst im Bereich der sogenannten Konfliktminerale Zinn, Tantal, Wolfram sowie Gold und jetzt auch bei Kobalt. Gemeinsam mit den lokalen Behörden wurde in den Projekten ein Zertifizierungssystem für Rohstofflieferketten etabliert. Von den Erfahrungen im Projekt profitiert heute auch die Deutsche Kontrollstelle für EU-Sorgfaltspflichten in Rohstofflieferketten (DEKSOR) in der BGR.

Verbunden mit der Arbeit im Projekt ist das Ziel, die Lebensbedingungen der Kleinbergleute zu verbessern. Um eine breitere Bewertungsgrundlage für die wirtschaftliche und soziale Situation der Menschen im Kobaltsektor zu erhalten, führte die BGR – unterstützt von zivilgesellschaftlichen Organisationen – Untersuchungen durch. „Die Quintessenz ist, dass der Kleinbergbau sehr unterschiedliche Formen hat. Einerseits gibt es für den Kleinbergbau ausgewiesene Minen, andererseits industrielle Konzessionen. Diese werden den Kleinbergleuten teilweise von den Unternehmen zur Verfügung gestellt. Die Produkte müssen anschließend an die Firmen verkauft werden“,

schildert Ulrike von Baggehufwudt. „Umgekehrt gibt es den illegalen, unregulierten Abbau mit Kinderarbeit. Doch auch hier muss man differenzieren. So ist die inakzeptable Tätigkeit eines Kindes unter Tage nicht gleichzusetzen mit dem Verkauf von Snacks durch Kinder im Umfeld solcher Gruben“, sagt sie.

Die Studien sollen ein breiteres Wissen über die Situation im Bergbau vermitteln. „Gleichzeitig unterstützt das BGR-Projekt engagierte Menschen, die diese Verhältnisse ändern wollen“, erklärt Moritz Michel. Ein Beispiel dafür ist die gemeinnützige Organisation zur Unterstützung von Frauen im Bergbau „Women in Mining DRC“. Sie kümmert sich um Kongolesinnen, die neben Kindererziehung und Haushalt im Klein- oder Großbergbau Geld verdienen, dort aber selten als gleichberechtigt angesehen werden. Die BGR fördert für diese Frauen Bildungsangebote und unterstützt mit Aufklärungsarbeit die Bewusstseinsbildung für die Gleichstellung.

Aufklärungsarbeit leistet die BGR auch an anderer Stelle. Das Vorhaben berät unter anderem die im Kongo stationierte UN-Friedenstruppe MONUSCO. Ein Experte unterstützt die Blauhelme mit Informationen zur aktuellen Situation in den Minen, die in der jüngeren Vergangenheit schon häufiger Finanzierungsquelle für regionale Konflikte im Land waren. Auch in dieser Funktion sieht das BGR-Projektteam eine wichtige Beratungsaufgabe zur Etablierung eines verantwortungsvollen Bergbaus in der DR Kongo.



Ulrike von Baggehufwudt
B4.1 Internationale Zusammenarbeit
✉ ulrike.vonbaggehufwudt@bgr.de



Moritz Michel
B4.1 Internationale Zusammenarbeit
✉ moritz.michel@bgr.de



Ein schwimmender Markt im Mekong-Delta. Der Fluss ist die Lebensader in der wichtigsten landwirtschaftlichen Region Vietnams.

Das Grundwasserproblem in Vietnam

Im Mekong-Delta ist die Grundwasserversorgung stark bedroht. Die BGR unterstützt in der vietnamesischen Küstenzone eine nachhaltige Wasserbewirtschaftung.

Das Mekong-Delta in Südvietnam ernährt über 17 Millionen Menschen. Es ist intensiv mit Reis, Früchten und Aquakultur bewirtschaftet und zählt zu den weltweit am stärksten vom Klimawandel betroffenen Regionen. Regelmäßig wird das tiefliegende Küstengebiet überschwemmt und Dürren werden häufiger. Meerwasser dringt entlang der Wasserarme immer tiefer in das Delta vor und bedroht die Wasserversorgung. Im gleichen Maße steigt der Grundwasserverbrauch. Die übermäßigen Grundwasserentnahmen sowie der Mangel an Sedimenten durch Sandabbau und den Bau von Dämmen im Oberlauf des Flussdeltas begünstigen flächendeckende Landabsenkungen.

„Das Delta sinkt schneller unter den Meeresspiegel, als dieser ansteigt, womit der Lebens- und Wirtschaftsraum am Delta massiv bedroht sind“, beschreibt Andreas Renck die Lage. Der Geoökologe leitet vor Ort im Rahmen der Technischen Zusammenarbeit (TZ) mit Vietnam das BGR-Projekt „Klimaresilientes Management von Grundwasser und Geofahren (CRMGG)“.

Gemeinsam mit der vietnamesischen Partnerbehörde, dem National Center for Water Resources Planning and Investigation (NAWAPI), arbeitet die BGR an verschiedenen Maßnahmen zum Grundwasserschutz. Dazu gehören praktische Lösungen für das Grundwasseranreicherung die Klimaresilienz erhöht werden. „In der Regenzeit wird ein überschüssiger Teil des aufbereiteten Wassers nicht ins Versorgungsnetz eingespeist, sondern dem Grundwasser für spätere Entnahmen in Dürre- und Trockenzeiten wieder zugeführt“, erklärt Andreas Renck. Gleichzeitig arbeitet das deutsch-vietnamesische Projektteam an einer Weiterentwicklung eines Systems für eine automatisierte Überwachung und Vorhersage der Wasserressourcen und sorgt für eine verbesserte zentrale

Datenspeicherung. Flankiert werden die Maßnahmen durch die Fortbildung von Fachkräften sowie öffentliche Informationskampagnen.

„Die Projektarbeit ähnelt einer Schifffahrt, die stets auf Kurs gehalten werden muss“, sagt Andreas Renck. Das aus immer größeren Tiefen entnommene Grundwasser sei Tausende Jahre alt und als Ressource begrenzt, so der Geoökologe. „Deshalb ist es wichtig, dass die Ressourcen künftig nachhaltiger bewirtschaftet werden. Sonst kann das Mekong-Delta seine Aufgabe als eine der wichtigsten Kornkammern Asiens nicht mehr erfüllen“, mahnt Andreas Renck.

Von Hannover aus wird er von seinem Kollegen Dr. Wolfgang Schröder unterstützt. Der Geologe koordiniert für die BGR das vom Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) geförderte Vorhaben. „Die integrierte Ressourcenbewirtschaftung verfolgt einen ganzheitlichen Ansatz, der sowohl die Entnahme und die Rückführung als auch den Schutz des Grundwassers beinhaltet“, erläutert Wolfgang Schröder das übergeordnete Projektziel.



Andreas Renck
B4.1 Internationale
Zusammenarbeit
✉ andreas.renck@bgr.de



Dr. Wolfgang Schröder
B4.1 Internationale
Zusammenarbeit
✉ wolfgang.schroeder@bgr.de



Auf ihrem Tagungsstand präsentiert die BGR ihre vielfältigen Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Geophysik.

IUGG Berlin 2023: Ein Forum für die Forschung

Die BGR war an der größten Generalversammlung in der Geschichte der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG) beteiligt. 5 000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus aller Welt nutzten in Berlin das Forum für den fachlichen Austausch.

Die IUGG ist einer der wichtigsten geowissenschaftlichen Dachverbände der Welt. Ihre Generalversammlung findet nur alle vier Jahre statt. 2023 wurde sie erstmals seit 40 Jahren wieder in Deutschland ausgetragen. Gemeinsam mit dem Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ) organisierte die BGR ein umfangreiches Programm aus Fachkonferenzen, Poster-Sessions, fachübergreifenden Symposien und Tagungsständen für die „IUGG Berlin 2023“. Über eine Woche diskutierten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im „CityCube“ der Messe Berlin über aktuelle geodätische und geophysikalische Themen und Innovationen in der Forschung.

„Bei der IUGG finden Geowissenschaftlerinnen und Geowissenschaftler unterschiedlichster Fachrichtungen zusammen, um sich über ihre Forschungsarbeit auszutauschen – es ist ein guter Weg, um vielschichtige Zusammenhänge zu beleuchten und auf diese Weise das komplexe Erdsystem besser zu verstehen“, erklärt BGR-Geophysiker Dr. Thomas Plenefisch, der wie sein Kollege Dr. Uwe Meyer zum Organisationsteam der „IUGG Berlin 2023“ gehörte.

So umfassen die acht fachlichen Assoziationen der IUGG so unterschiedliche geowissenschaftliche Teilgebiete wie Geodäsie, Geomagnetismus, Hydrologie, Meteorologie, Seismologie, Vulkanologie, Physik der Ozeane und Eisforschung. Hauptaufgabe der 1919 gegründeten IUGG ist die Förderung und Koordination der Forschung zur Erde und dem erdnahen Weltraum.

Auch zahlreiche Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der BGR nutzten die „IUGG Berlin 2023“, um ihre aktuellen Forschungsarbeiten in Vorträgen, Paneldiskussionen und auf Postern zu präsentieren. Zudem war die BGR mit einem eigenen Tagungsstand vertreten. Hier präsentierte die BGR ein breites Spektrum von Forschungsthemen. Dazu gehörten Filmbeiträge zu aerogeophysikalischen Forschungsmethoden, Gesteins- und Meteoritenschätze oder interaktive Kartenwerke, die auf der BGR-Webseite auch der Öffentlichkeit online zur Verfügung stehen.

Am Ende der Veranstaltung konnte Uwe Meyer, Leiter des BGR-Fachbereichs „Geophysikalische Erkundung – Technische Mineralogie“, zufrieden Bilanz ziehen: „Die ‚IUGG Berlin 2023‘ war für alle ein großer Gewinn. Der wissenschaftliche Austausch war hochinteressant, die Organisation hat prima funktioniert und wir von der BGR haben zu unserem Auftritt ein sehr positives Feedback erhalten.“



Dr. Uwe Meyer
B2.1 Geophysikalische Erkundung –
Technische Mineralogie
✉ uwe.meyer@bgr.de



Dr. Thomas Plenefisch
B4.3 Erdbebendienst des Bundes,
Kernwaffenteststopp
✉ thomas.plenefisch@bgr.de

Mit ihrer Expertise unterstützt die BGR die Endlagersuche maßgeblich

Interview mit Steffen Kanitz, Geschäftsführer der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) — seit Juni 2023 RWE Power AG

Welche Bedeutung haben die wissenschaftlichen Arbeiten der BGR bei der Suche nach einem Endlager für radioaktive Abfälle in Deutschland?

Die BGR ist der geowissenschaftliche Sachverstand des Bundes. Damit ist die BGR schon qua Expertise ein wesentlicher Akteur im Verfahren zur Suche eines Endlagerstandortes in Deutschland. Darüber hinaus hat die BGR in den letzten Jahrzehnten umfangreiches Wissen über potenziell interessante Wirtsgesteinsformationen in Deutschland erworben und kann die Arbeiten der BGE dadurch zielführend begleiten.

Wie beurteilen Sie die bisherige Zusammenarbeit von BGE und BGR?

Die Zusammenarbeit mit der BGR ist ausgesprochen konstruktiv und zielführend. Die fachlichen Diskussionen finden auf einem hohen Niveau statt und der Austausch zwischen den Expertinnen und Experten ist durchaus kontrovers. Aber genau diese Auseinandersetzung hilft am Ende, den besten Weg zu finden. Die Geologie ist nicht schwarz oder weiß, sie ist bunt. Deshalb geht es in diesem Schritt der Endlagersuche nicht um absolute Wahrheiten, sondern um gute und fachlich belastbare Indikationen. Wir erstellen kein 3D-Modell der tieferen Geologie von Deutschland, sondern müssen treffsicher beschreiben, welche Gebiete wir in den nächsten Verfahrensschritten selbstständig erkunden möchten.

Die Geologie ist nicht schwarz oder weiß, sie ist bunt. Deshalb geht es in diesem Schritt der Endlagersuche nicht um absolute Wahrheiten, sondern um gute und fachlich belastbare Indikationen.

Bei welchen Aufgaben kann die BGR die Endlagersuche in Zukunft unterstützen?

Die BGR kann mit ihrem umfangreichen Wissen dabei unterstützen, unsere Arbeiten qualitätssichernd zu begleiten. Es reicht nicht aus, wenn wir als BGE ein Gebiet als potenziell untersuchungswürdig einschätzen. Dafür braucht es einen fachlichen Qualitätscheck, bei dem die BGR mithelfen kann. Die abschließende Überprüfung erfolgt dann am Ende einer jeden Phase durch das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung.

Daneben gibt es zahlreiche anwendungsorientierte Forschungsfragen, bei der die BGR uns unterstützt. Dabei geht es häufig um die Prognose von zukünftigen Entwicklungen und deren Auswirkungen auf ein potenzielles Endlager. Beispielsweise gehen wir der Frage nach, wie tief sich Rinnen in zukünftigen Eiszeiten maximal ausprägen können, wenn das Eis eines Tages wieder zurückgeht. Unser Endlager sollte in jedem Fall tiefer liegen und über eine ausreichende Schutzschicht verfügen. Ebenfalls gehen wir gemeinsam der Frage nach, wie der Internbau von Salzstöcken gut prognostiziert werden kann. Dabei begegnen wir der Herausforderung, dass ein Salzstock tendenziell umso besser geeignet ist, je unzerstörter er sich darstellt. Ein Salzstock ohne Bohrungen wäre unter sonst gleichen Bedingungen folglich einem stark durchlöcherten Salzstock vorzuziehen. Jedoch wissen wir dann aber auch wenig über den Aufbau. In einem aktuellen Forschungsprojekt wird untersucht, ob es Proxys wie Lage, Aufstiegs geschwindigkeit und Volumen geben könnte, die uns eine näherungsweise Auskunft über den Aufbau eines Salzstockes geben können.



Steffen Kanitz

verantwortete zwischen 2017 und 2023 als Geschäftsführer der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) die Bereiche Standortauswahl, Produktkontrolle, IT sowie Forschung und Entwicklung. Der Diplom-Kaufmann leitet seit Juni 2023 das Ressort Kernenergie und ist Mitglied des Vorstands der RWE Power AG.

Wie wichtig ist bei der Endlagersuche der Austausch mit Institutionen auf internationaler Ebene?

Weltweit besteht in der Fachcommunity Konsens über den Weg der tiefeingeologischen Endlagerung hochradioaktiver Abfälle. Daher gibt es einen intensiven Austausch auf Ebene der Endlagerbetreiber sowie mit internationalen Forschungseinrichtungen. Als BGE sind wir z. B. an den Felslaboren Mont Terri und Grimsel beteiligt und sind Projektpartner im Projekt GeoLaB – Geothermie-Labor im Bergwerk – der Helmholtz Gesellschaft. Unsere Forschungsaufträge richten sich bewusst an die internationale Gemeinschaft und wir kooperieren schon heute national und international mit zahlreichen Universitäten. Gerade weil die Endlagerbranche verglichen mit anderen Branchen relativ klein ist, ist ein kontinuierlicher Austausch auf nationaler und internationaler Ebene essentiell.

Wann steht ein Endlager für hochradioaktive Abfälle in Deutschland zur Verfügung und welches sind aus Ihrer Sicht die größten Herausforderungen bei der Standortsuche?

Die BGE hat im Herbst letzten Jahres einen Rahmenterminplan bis zur Übermittlung des Vorschlags der Standortregionen für die übertägige Erkundung an das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung übersandt. Die Erarbeitung dieser Rahmenterminplanung fand auf Basis von Erfahrungen, vor allem aus der Methodenentwicklung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen, statt. Die Übermittlung des Vorschlags der übertägig zu erkundenden Standortregionen plant die BGE für das Jahr 2027. Um diesen Zeitplan einhalten zu können, ist eine Fokussierung der Arbeiten notwendig, mit dem Ziel die Teilgebiete auf aussichtsreiche Standortregionen einzugrenzen.

Eine zentrale Herausforderung bei der Standortsuche ist die rechtzeitige Beschaffung der erforderlichen Daten von den Bundes- und Landesbehörden sowie zum Teil auch von der Industrie. Die häufig nur in analoger Form vorliegenden Daten stellen dabei eine weitere Herausforderung dar, denn sie müssen erst aufwendig digitalisiert werden. Daher verfolgt die BGE auch bei der Datenbeschaffung einen zielfokussierten Ansatz. Das bedeutet, dass Datenabfragen mit der schrittweisen Eingrenzung auf aufsichtsreiche Gebiete gezielt erfolgen und bei analog vorliegenden Datenbeständen konkrete Digitalisierungen durchgeführt werden können.

Die Zusammenarbeit mit der BGR ist ausgesprochen konstruktiv und zielführend. Die fachlichen Diskussionen finden auf einem hohen Niveau statt.

Organisieren, strukturieren und fokussieren – das Erfolgsrezept von Gesa Ziefle



Gesa Ziefle bei der Dokumentation im Felslabor Mont Terri in der Schweiz.

Dr.-Ing Gesa Ziefle behält stets den Überblick. Beruflich ist die engagierte BGR-Wissenschaftlerin gleich in zwei großen internationalen Vorhaben der Endlagerforschung tätig. Privat organisiert sie gemeinsam mit ihrem Ehemann den Alltag einer sechsköpfigen Familie.

Seit 2014 ist die promovierte Bauingenieurin bei der BGR beschäftigt. Hier fand Gesa Ziefle nach einigen anderen beruflichen Stationen ein für sie „passendes Arbeitsumfeld mit anspruchsvollen und herausfordernden Aufgaben“, die es ihr zugleich ermöglichten, „Beruf und Familie dank effizienter Zeiteinteilung und flexibler Arbeitszeiten miteinander zu vereinen“.

So gelingt es Gesa Ziefle, für die BGR gleich zwei wichtige Forschungsvorhaben zu managen. Zum einen leitet sie das „CD-A-Experiment“, eines der großen Experimente im untertägigen Felslabor von Mont Terri. Das internationale Forschungsprojekt im Herzen des Schweizer Berges beschäftigt sich mit hydrogeologischen, geochemischen und geotechnischen Charakterisierungen von Opalinuston als potenzielles Wirtsgestein für radioaktive Abfälle. Zum anderen koordiniert die Endlagerforscherin die BGR-Arbeiten im internationalen „EURAD“-Programm, in dem sichere, nachhaltige und gesellschaftlich akzeptierte Lösungen für Europas radioaktive Abfälle erarbeitet werden.

Die Endlagerforscherin hält in beiden Vorhaben stets alle Fäden zusammen, vermittelt und koordiniert zwischen

unterschiedlichen Gruppen. Im Langzeitexperiment in der Schweiz koordiniert sie ein multidisziplinäres Forschungsteam. Die Aufgabe besteht darin, gekoppelte physikalische Prozesse in zwei nahezu identischen Felsnischen des Tongesteins zu untersuchen, die sich nur durch ihren Feuchtigkeitsgehalt unterscheiden. „Wir wollen die Interaktion zwischen mechanischen Spannungen, klimatischen Bedingungen und Wasserbewegungen verstehen“, sagt Gesa Ziefle. Hierzu übersetzt das Team physikalische Effekte in mathematische Formulierungen. Die Messungen in den Nischen werden mit den Modellergebnissen verglichen und interpretiert. „Auf diese Weise können wir Aussagen über die Gebirgsintegrität der nächsten Jahrhunderttausende und über den sicheren Einschluss von Radionukliden treffen“, erklärt die Endlagerforscherin.

Gesa Ziefle kommt beim Zusammenführen der verschiedenen Themenkomplexe zugute, dass sie numerische Berechnungen bereits im Studium an der Uni Hannover vertieft hatte. Weitere wichtige Grundlagen ihrer Expertise erwarb sie in dem sich anschließenden Promotions-Stipendium, das sie über das Graduiertenkolleg der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) erhielt. Schwerpunkt ihrer damaligen Arbeit war die „Interaktion von Modellbildung, Numerik und Software-Konzepten für technisch-wissenschaftliche Problemstellungen“ – essenzielles Wissen für die heutige Forschungstätigkeit bei der BGR. Passend

EURAD ist eine europäische Initiative zur effizienteren Finanzierung der Forschung und Entwicklung im Bereich des Managements von radioaktivem Abfall in Europa.

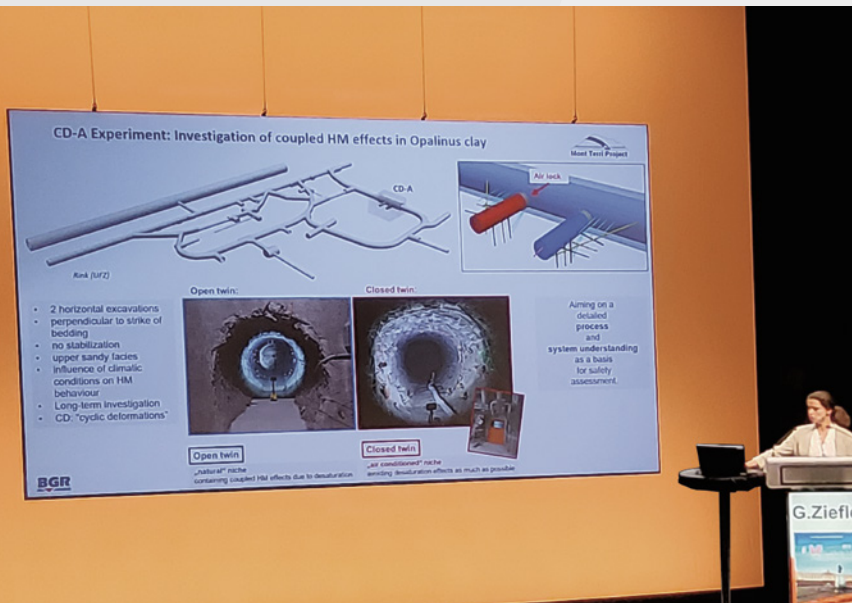
Sie fördert die Zusammenarbeit zwischen Mitgliedsstaaten und setzt ein gemeinsames Strategieprogramm auf europäischer Ebene um. Ziel: Die Entwicklung sicherer, nachhaltiger und gesellschaftlich akzeptierter Lösungen für Europas radioaktive Abfälle.

Drei Gruppen von Institutionen beteiligen sich an EURAD:

1. Waste Management Organisations (WMOs) sind verantwortlich für die Umsetzung der geologischen Endlagerung.
2. Technical Support Organisations (TSOs) liefern die technische und wissenschaftliche Grundlage für Entscheidungen von nationalen Regulierungsbehörden.
3. Research Entities (REs) führen wissenschaftliche Forschung durch.

Die BGR gehört zur RE-Gruppe und engagiert sich mit mehreren Forschungsarbeiten.

Dazu gehören die experimentelle Charakterisierung und numerische Beschreibung von Bentoniten sowie Tonstein. Zudem befasst sich die BGR mit der Weiterentwicklung numerischer Methoden zur Simulation eines Endlagers mit dem Schwerpunkt auf der Untersuchung von Gastransportprozessen.



In einem Vortrag bei der Clay Conference in Nancy erläutert die Wissenschaftlerin die Ergebnisse Ihrer Forschungsarbeit.

zum Thema arbeitete sie danach am Institut für Strömungsmechanik und elektronisches Rechnen im Bauwesen (ISEB) der Uni Hannover und promovierte über „Aspekte der Modellierung von hydraulisch-mechanischen Prozessen in Tongestein.“ Auch diese fachliche Vertiefung prädestinierte sie für ihre aktuellen BGR-Aufgaben in der Endlagerforschung.

Nach der Promotion 2008 machte sich Gesa Ziefle zunächst selbstständig. Sie erwartete damals ihr zweites Kind und wollte volle Flexibilität: Acht Jahre lang erstellte sie als Sachverständige Gutachten für die oberflächen-nahe Geothermie. Sie berechnete mit ihrem während der Doktorarbeit entwickelten Simulationsprogramm, welchen Einfluss unterirdische Anlagen und die durch sie hervorgerufenen gekoppelten physikalischen Prozesse auf ihr Umfeld haben – Fragestellungen, die auch an ein Endlager gerichtet werden. Im Laufe der Selbstständigkeit bekam sie ihr drittes Kind. Dank eines Programms des Leibniz-Instituts für Angewandte Geophysik (LIAG) für Wissenschaftlerinnen nach der Elternzeit schaffte sie den Wiedereinstieg in die Academia: 2013 setzte sie am LIAG eigene Forschungsideen als Postdoc um.

Doch erst bei der BGR sieht sich Gesa Ziefle beruflich richtig angekommen. „Die Zusammenarbeit, Unterstützung, der offene Austausch und das strukturelle Umfeld sind in meinem Fachbereich bei der BGR einfach exzellent“, sagt sie. 2018 übernahm sie, kurz nach Geburt ihres vierten

Kindes, die Leitung des Experimentes in Mont Terri. Seit 2019 koordiniert sie für die BGR darüber hinaus die Beteiligung im EURAD-Programm. Die BGR unterstützt die europäische Initiative sowohl mit technisch-wissenschaftlicher Expertise als auch mit Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Ein Thema der BGR-Arbeiten ist der Gastransport in einem möglichen Wirtsgestein Ton. „Uns interessiert, welchen Einfluss die Gasbildung in einem Endlager auf die Integrität der geologischen und geotechnischen Barriere hat“, erläutert Gesa Ziefle.

Oft wird die Wissenschaftlerin gefragt, wie sie alles unter einen Hut bekommt. Ihre Antwort: „Neben der Unterstützung durch meine Familie und meine Kolleginnen und Kollegen bei der BGR hilft mir meine Freude am Organisieren, Strukturieren und Fokussieren“. Sie ist ein Fan der 80/20-Regel („Pareto-Prinzip“). Gesa Ziefle: „80 Prozent der Ergebnisse erreicht man in 20 Prozent der Zeit. Auf diese 80 Prozent konzentriere ich mich.“ Aber vor allem habe sie Glück, dass die BGR aufgrund von Homeoffice-Optionen und Teilzeitbeschäftigung ein familienfreundlicher Arbeitgeber sei. „Das gibt mir die nötige Freiheit für meine Arbeit als Wissenschaftlerin“, sagt Gesa Ziefle.



Dr.-Ing. Gesa Ziefle
B3.5 Geotechnische
Sicherheitsnachweise
✉ gesa.ziefle@bgr.de

Fachkompetenz von morgen – der wissenschaftliche Nachwuchs der BGR

Junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Anfang ihrer akademischen Karriere finden in der BGR vielfältige Perspektiven, um sich weiterzuentwickeln.



Sebastian Jordan bei einem Fachvortrag in Wien (links) und beim Forschungseinsatz im Gelände (rechts).

Neben einer breiten Unterstützung im Arbeitsalltag und bestens ausgestatteten Laboren bietet die BGR dem wissenschaftlichen Nachwuchs die Möglichkeit, sich im „Early Career Scientists Club (ECS)“ des Geozentrums Hannover mit Menschen aus anderen Fachrichtungen zu vernetzen. Hier tauschen sich Promovierende und Postdocs u. a. über Karriereoptionen aus und diskutieren wissenschaftliche Themen.

Zu diesem Netzwerk gehört der Geomikrobiologe Dr. Sebastian Jordan, der nach seiner Doktorarbeit am Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) und der Universität Rostock jetzt bei der BGR im Fachbereich „Geochemie der Rohstoffe“ seine erste Postdoc-Stelle angetreten hat. Hier untersucht der junge Wissenschaftler potenzielle Methanemissionen von tiefen Altbohrungen auf dem Festland. Da Methan das zweitwichtigste Treibhausgas im Klimageschehen ist (aktuell 1,9 ppm in der Atmosphäre), kann eine Reduzierung der anthropogenen Einträge in die Atmosphäre große Effekte erzielen – wenn man die Quellen kennt. „Um die Klimakrise in den Griff zu bekommen, müssen wir alle Methanquellen und Senken, sowie die dazugehörigen Prozesse verstehen. So haben wir eine Chance einzugreifen“, betont Sebastian Jordan.

Für seine Doktorarbeit untersuchte er bereits die Methanfilternden Eigenschaften der Wassersäule, der letzten Barriere vor der Atmosphäre. „Der Großteil des im Meeresboden gebildeten Methans wird im Sediment und im Wasser mikrobiell abgebaut, bevor es in die Atmosphäre entweicht“, erklärt Sebastian Jordan. Seine Untersuchungen konzentrierten sich daher auf die Charakterisierung

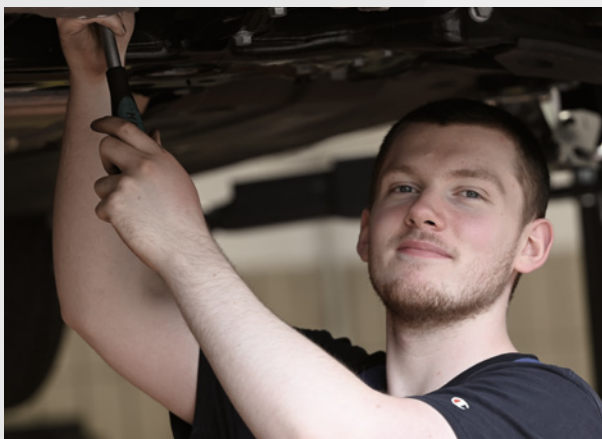
von Methan-fressenden Bakterien, sogenannten Methanotrophen, die aus dem Sediment mittels Gasblasen ins Wasser transportiert werden. Dafür nahm er an einer Expedition in die Nordsee teil und forschte mehrere Monate an der Universität von Kalifornien in Los Angeles. Bei der BGR hat Sebastian Jordan seine Forschung an Land verlegt. Der Postdoc untersucht derzeit, ob und wieviel Methan zurückgebaute Öl- und Erdgasbohrungen hierzulande emittieren. Eine wissenschaftliche Herausforderung, denn in Deutschland gibt es rund 20 000 solcher Altbohrungen. Zur Bestimmung der Methanemissionen setzt Sebastian Jordan einen hochsensitiven Spurengasanalysator, sowie eine programmierbare Messkammer ein. Zusätzlich nimmt er für spätere Laboranalysen Proben zur Bestimmung des Methans im Bodengas und zur mikrobiologischen Charakterisierung des Bodens.

Der junge Wissenschaftler profitiert bei seiner Forschung nicht nur von der großen fachlichen Expertise innerhalb der BGR, sondern ebenso vom guten Arbeitsklima: „Hier herrscht ein richtig kollegiales Miteinander, ohne sich profilieren zu müssen“, sagt Sebastian Jordan. So freut er sich auch immer wieder auf den Austausch im ECS-Club und im BGR-Nachwuchskreis mit Kolleginnen und Kollegen aus Verwaltung, Wissenschaft und Technik. Für die Zukunft hat sich Sebastian Jordan zum Ziel gesetzt, unser Verständnis der Methanquellen und Senken zu erweitern, um so Wissenslücken zu schließen. Auf die Frage hin, wo er sich gerne in zehn Jahren sähe, sagt er: „In einer Welt mit einem deutlich geringeren Anteil von Methan in der Atmosphäre als heute.“

- Chemielaborant/in (3 ½ Jahre)
- Kaufmann / Kauffrau für Büromanagement (3 Jahre)
- Fachangestellte/r für Medien- und Informationsdienste (3 Jahre)
- Fachinformatiker/in (3 Jahre)
- Feinwerkmechaniker/in (3 ½ Jahre)
- Geomatiker/in (3 Jahre)
- Kraftfahrzeugmechatroniker/in (3 ½ Jahre)

Ausbildung – die vielfältigen Möglichkeiten in der BGR

Derzeit bildet die BGR in sieben unterschiedlichen Berufen aus, dazu zählen u. a. die Fachrichtungen Büromanagement, Chemie, Fachinformatik, Geomatik und Kraftfahrzeugmechatronik.



Joel Lepschies (Foto) hat es in seiner Ausbildung mit unterschiedlichen Aufgaben zu tun. Sie reichen vom klassischen Öl- und Reifenwechsel bis hin zu komplexen Elektronikproblemen. Joel Lepschies ist bei der BGR im dritten Ausbildungsjahr zum Kraftfahrzeugmechatroniker. Er hält mit dem Werkstatt-Team den BGR-Fuhrpark am Laufen. Vor allem die zunehmende Elektronik in den Fahrzeugen bedeutet immer wieder eine Herausforderung: „Manchmal sind digitale Anzeigen in Auslesegeräten nur ein Indiz, und man sucht lange nach dem eigentlichen Fehler.“ Darauf folgende Funktionstests kämen manchmal dem Lösen eines Puzzles gleich, so der Auszubildende. Doch sollte Joel Lepschies mal keine Lösung finden, dann sind ja noch die erfahrenen Kollegen da. Der Auszubildende ist froh über das breite Fachwissen in der Werkstatt: „Man wird hier gut auf die Zukunft vorbereitet.“ Seine Ausbildungsstelle vermittelte die Agentur für Arbeit. Beim Probearbeitstermin verstand er sich auf Antrieb mit allen: „Die Chemie stimmt einfach.“ So freut er sich auch schon auf sein Gesellenjahr an der BGR.



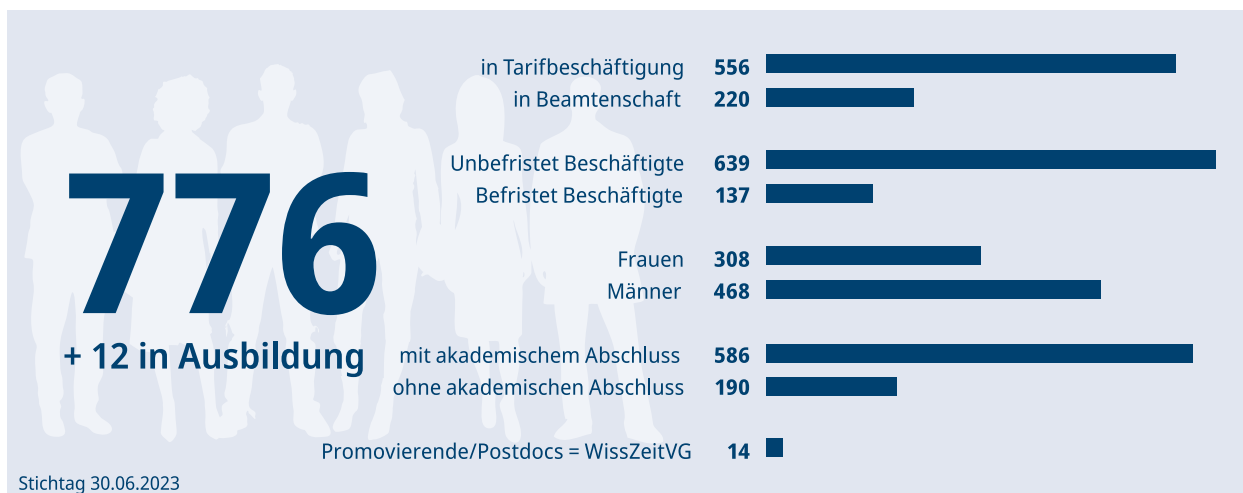
Milena Helms (Foto) erlernte in ihrer Ausbildung zur Chemielaborantin verschiedene Untersuchungsmethoden in unterschiedlichen geowissenschaftlichen Arbeitsbereichen. „Dazu gehörten das Grundwasser- und das Bodenvorbereitung, die Gasgeochemie und die Mikrobiologie“, erzählt sie. „Da gibt es alle erdenklichen Messgeräte und eine riesige Palette an Analysemethoden. Die Laboranalytik bei der BGR ist einfach hervorragend – hier kann man alles erlernen, was eine Chemielaborantin für ihren Beruf benötigt“, schwärmt Milena Helms. Sie habe von einem professionellen Umfeld mit weitreichender Betreuung und großer Hilfsbereitschaft profitiert. „Wir konnten uns mit jeder Frage an die Auszubildenden wenden und wurden auf die harten Prüfungen optimal vorbereitet“, sagt sie. Nach ihrer bestandenen Prüfung als eine der Jahrgangsbesten mit der Note „sehr gut“ erhält sie jetzt vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) in Berlin eine Auszeichnung. Im Augenblick arbeitet sie bei der BGR in flexibler Teilzeit, um ein Chemie-Lehramtsstudium beginnen zu können.

Die BGR

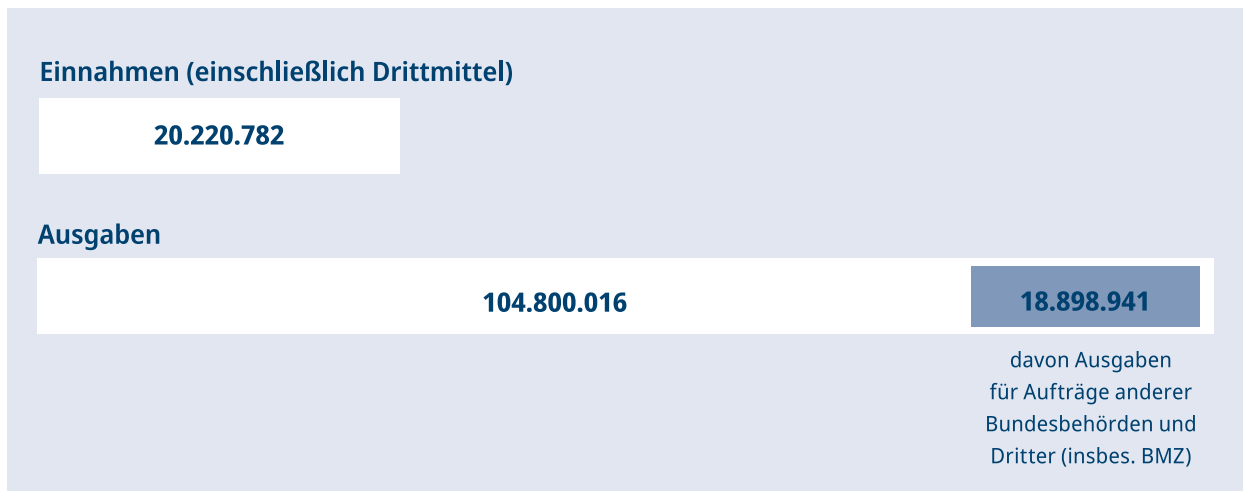
Dienstbereiche der BGR



Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der BGR



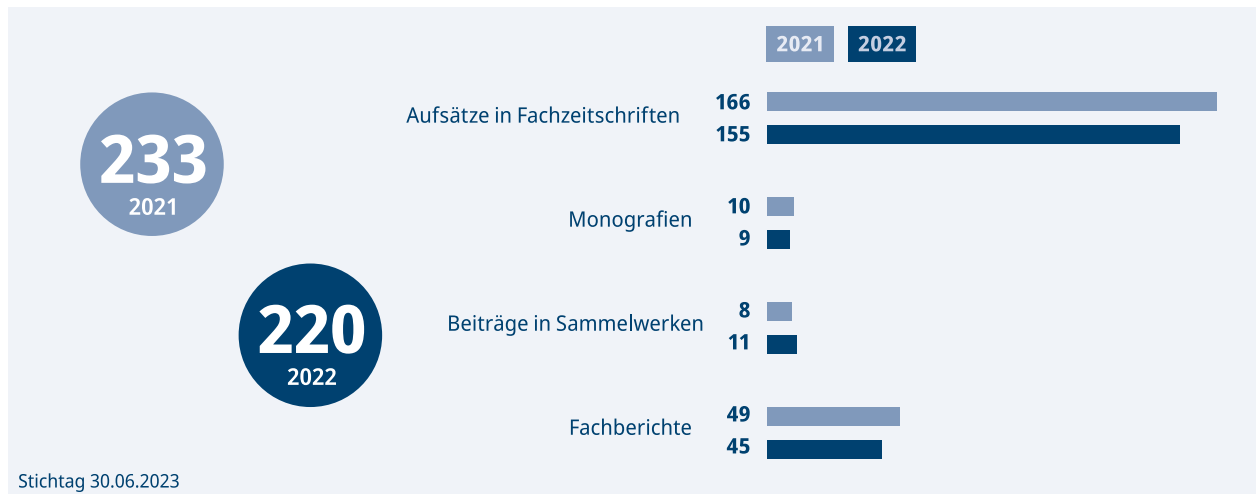
Haushalt 2022



Publikationen

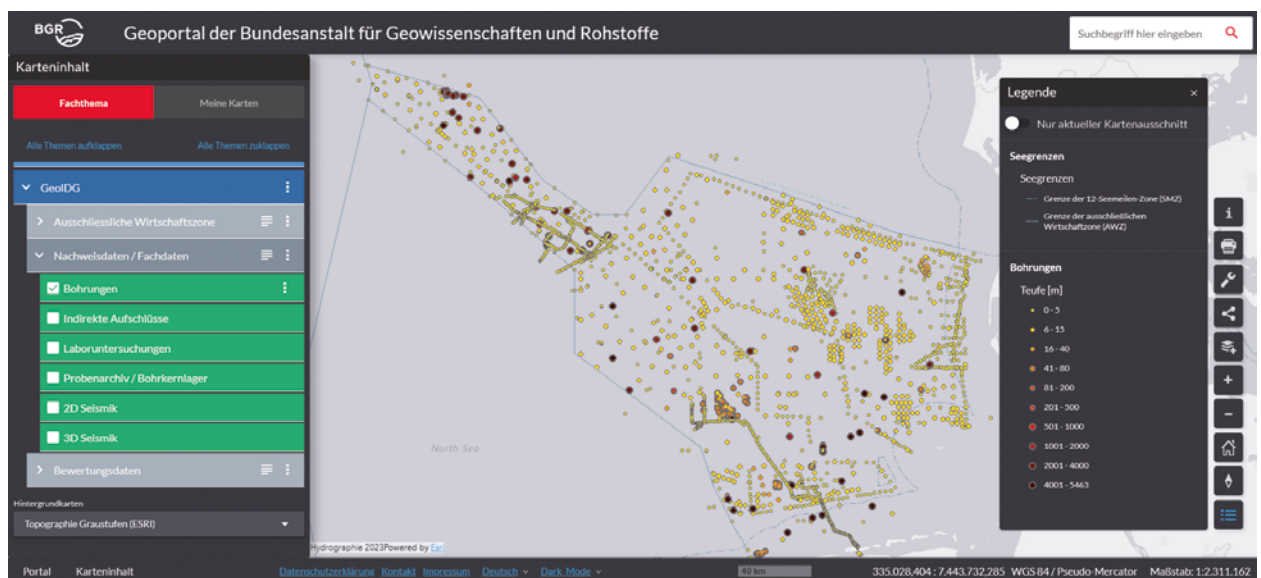
Wissenschaftliche Publikationen der BGR

(von bzw. unter Mitwirkung von BGR-Mitarbeiterinnen und -Mitarbeitern)



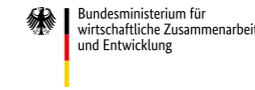
Geoportal

Das bisherige „Produktcenter“ und der „Geoviewer“ wurden als „Geoportal“ zu einer Webanwendung zusammengefasst. Nutzerinnen und Nutzer können über dieses Portal jetzt nach Produkten der BGR recherchieren und diese gleichzeitig visualisieren. Aktuell erschließt das Geoportal rund 930 geowissenschaftliche und rohstoffwirtschaftliche Fachdatensätze, insbesondere Karten(-blätter) und Kartenserien. Zusätzlich zum bisherigen Angebot gehören zum Bestand des Geoportals auch geowissenschaftliche Daten von Firmen und Forschungseinrichtungen sowie zugehörige Webdienste aus der Ausschließlichen Wirtschaftszone Deutschlands (AWZ) auf Grundlage des Geologiedatengesetzes (GeolDG).



Ein Beispiel für das Produktangebot: Visualisierung der Bohrlokationen in der deutschen AWZ nach dem Geologiedatengesetz.

Internationale Einsatz- und Forschungsgebiete der BGR



Deutsche Rohstoffagentur
 DERA-Projekte

Kernwaffenteststopp
 CTBTO und IAEA

Technische Zusammenarbeit
Regionale Projekte
 Grundwasser
 ABN - Nigerbecken
 CBLT - Tschadseebecken
 CUVECOM - Cuvelaibecken

Mineralische Rohstoffe
 CEPAL - Andenländer
 ICGLR - Region Große Seen

Geothermie
 SICA - Zentralamerika

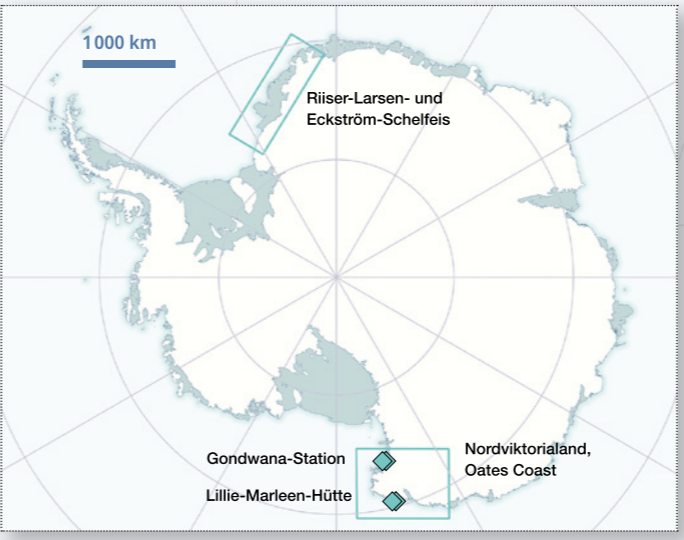
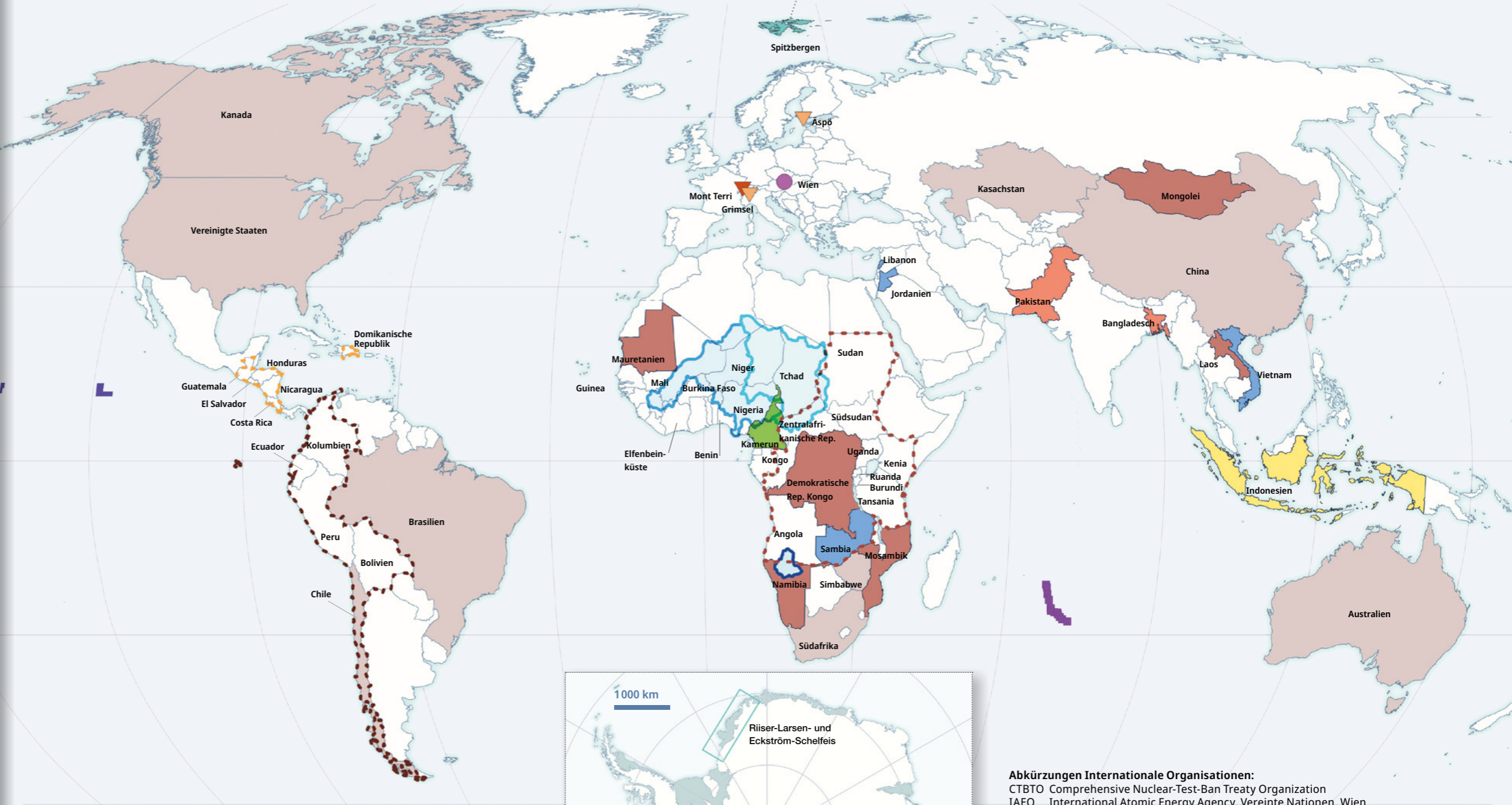
Bilaterale Projekte
 Boden
 Georisiken
 Geothermie
 Grundwasser
 Mineralische Rohstoffe

Endlagerforschung
Internationale Untertage-Labore
 Kristallin
 Ton

Marine Rohstoffforschung
Lizenzgebiet
 Manganknollen
 Massivsulfide

Polarforschung
Antarktis
 Zielgebiete Antarktisexpeditionen
 Forschungsstationen der BGR

Arktis
 Zielgebiete Arktisexpeditionen



Abkürzungen Internationale Organisationen:
 CTBTO Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization
 IAEA International Atomic Energy Agency, Vereinte Nationen, Wien

Abkürzungen Regionalorganisationen der Technischen Zusammenarbeit:
 ABN Autorité du Bassin du Niger, Nigerbeckenkommission
 CBLT Commission du Bassin du Lac Tchad, Tschadseebeckenkommission
 CEPAL Comisión Económica para América Latina y el Caribe, UN-Wirtschaftskommission für Lateinamerika und die Karibik
 ICGLR International Conference on the Great Lakes Region, Internationale Konferenz der Großen Seen in Afrika
 SICA Sistema de Integración Centroamericana, Zentralamerikanisches Integrationssystem

Beratung

Die BGR ist die zentrale Forschungs- und Beratungseinrichtung der Bundesregierung auf den Gebieten der Geowissenschaften und Rohstoffe. Sie informiert Politik, Wirtschaft und Öffentlichkeit zu den Themen der langfristigen Sicherung der Rohstoff- und Energieversorgung der Bundesrepublik Deutschland, der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle und des nachhaltigen Georessourcenmanagements.

Auf Grundlage von Forschung und Entwicklung sowie unter Einbindung institutioneller und wissenschaftlicher Netzwerke berät die BGR auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene. Zu den Adressaten gehören auch Akteure in den Partnerländern der Entwicklungszusammenarbeit. Die BGR veröffentlicht Studien,

Stellungnahmen und Mitteilungen. Ihre Expertinnen und Experten treten als Sachverständige in Parlamentsausschüssen auf, beantworten Anfragen des Deutschen Bundestages und unterstützen Institutionen wie die Vereinten Nationen, die EU-Kommission, die Weltbank oder die Kreditanstalt für Wiederaufbau.



Deutsche Rohstoffagentur (DERA)

Mit ihrem Rohstoffmonitoring leistet die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der BGR einen substanziellen Beitrag zur Erhöhung der Markttransparenz im Rohstoffsektor und berät die deutsche Wirtschaft und die Politik zu Preis-, Angebots- und Nachfrageentwicklungen auf den Rohstoffmärkten. Das Beratungsangebot umfasst mehr als 60 mineralische Rohstoffe und über 200 Zwischenprodukte der ersten Wertschöpfungsstufen sowie seit dem Jahr 2022 auch Recyclingrohstoffe. Kritische Entwicklungen auf den internationalen Rohstoffmärkten können auf diese Weise frühzeitig identifiziert und Unternehmen bei der Optimierung ihrer Strategien für eine sichere und planbare Rohstoffbeschaffung unterstützt werden. Insbesondere für die kleinen und mittleren Unternehmen ist es von großer Bedeutung, einen unabhängigen

Ansprechpartner an ihrer Seite zu haben, der die komplexen Trends auf den internationalen Rohstoffmärkten zeitnah verfolgt und bei Bedarf konkrete Vorschläge zur Diversifizierung der Rohstoffversorgung unterbreiten kann. Die DERA leistet eine wissenschaftsbasierte Beratung mit detaillierten Rohstoffrisikobewertungen zu ausgewählten Rohstoffen. Diese umfassen auch Analysen zu rohstoffspezifischen Beschaffungsrisiken und Ausweichstrategien. Die Anfragen aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft haben sich seit Beginn des russischen Angriffskrieges auf die Ukraine und durch die global zunehmenden geopolitischen Spannungen stark erhöht. Sie betreffen insbesondere auch Themen, die sich mit den Diversifizierungsmöglichkeiten Deutschlands bei zahlreichen Rohstoffen beschäftigen.



Sektorvorhaben Rohstoffe und Entwicklung

Das Sektorvorhaben „Rohstoffe und Entwicklung“ der BGR unterstützt die strategische Ausrichtung der rohstoffbezogenen Entwicklungszusammenarbeit des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ). Neben der Bereitstellung wissenschaftlich fundierter Politikberatung führt das Sektorvorhaben entwicklungspolitische Analysen durch und entwickelt u. a. effektive Instrumente für Aufsichtsbehörden in Partnerländern sowie Handlungsempfehlungen für verschiedene Akteure im Rohstoffsektor. Das Sektorvorhaben leistet für das BMZ Beiträge im internationalen Politikdialog, z. B.

beim European Partnership for Responsible Minerals (EPRM) und dem Intergovernmental Forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development (IGF). So organisiert das Sektorvorhaben Veranstaltungen für Industrie, Wissenschaft, Zivilgesellschaft und Entwicklungszusammenarbeit. Dazu gehört das ‚Forum Verantwortungsvolles Gold‘ für Fachleute der Edelmetallbranche. Zudem unterstützt das Sektorvorhaben im Rahmen zivilgesellschaftlicher Dialogplattformen Diskussionen zu Risiken der Rohstoffwirtschaft für eine nachhaltige Entwicklung in Partnerländern.



Sektorvorhaben Grundwasser

Viele Regionen in Subsahara-Afrika sind häufig von Dürren und Hungersnöten betroffen. Landwirtschaftliche Bewässerung mit Grundwasser könnte einen wichtigen Beitrag leisten, um Erträge zu erhöhen und die Resilienz gegenüber Dürren zu steigern. Bisher werden dort durchschnittlich weniger als 25 Prozent der erneuerbaren Ressourcen genutzt. Das Sektorvorhaben „Politikberatung Grundwasser“ der BGR entwickelt im Auftrag des BMZ im Rahmen der deutschen Entwicklungszusammenarbeit Strategien und Konzepte für ein nachhaltiges Grundwassermanagement, mit dem die Ernährungssicherung in Subsahara-Afrika verbessert werden kann.

So wurden Regionen mit einem hohen Potenzial zur Nutzung erneuerbarer Grundwasserressourcen für eine landwirtschaftliche Produktionssteigerung und Dürre-resilienz identifiziert und eine Systematik entwickelt, mit der geeignete Betriebsstrukturen für den jeweiligen lokalen Kontext ausgewählt werden können. Passende Management- und Governancemechanismen sollen eine nachhaltige Nutzung der Ressource gewährleisten. Mithilfe dieser Instrumente können afrikanische Partnerländer das Potenzial ihrer Grundwasserressourcen für die Landwirtschaft nachhaltig nutzen.



BodenBewegungsdienst Deutschland

Bodenbewegungen, verursacht durch natürliche und anthropogene Prozesse, können Gebäude und Infrastruktur beschädigen und die Sicherheit gefährden. Der BodenBewegungsdienst Deutschland (BBD) der BGR nutzt aktuelle Satellitendaten der Copernicus Sentinel-1 Mission, um bundesweit Bodenbewegungen zu detektieren. Aus dem All werden Deformationen der Erdoberfläche vermessen, mit Big-Data-Technologie aufbereitet und in einer Web-Anwendung bereitgestellt. Sie enthält insgesamt über 100 Millionen Messpunkte – verteilt über ganz Deutschland. Jeder dieser Messpunkte besitzt eine Zeitreihe der Bewegung, die durch einen „Klick“ auf

den Messpunkt dargestellt werden kann. Zur weiteren Nutzung werden Funktionen wie z. B. Filterung nach Bewegungsrate, Überlagerung mit bundesweiten geologischen Karten, Transektdarstellung, Download und Web-Mapping-Dienste angeboten. Der BodenBewegungsdienst Deutschland wird jedes Jahr durch neue Messdaten ergänzt. Auf diese Weise hilft der BBD beim Erkennen möglicher Gefahren aus dem Untergrund. Aktuell unterstützt die BGR so Staatliche Geologische Dienste, Bundesbehörden, Berg- sowie Vermessungsämter, Unternehmen und Forschungsinstitute.



Endlagerung

Als Ressortforschungseinrichtung des Bundes berät die BGR die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) im Auswahlverfahren für einen Endlagerstandort für wärmeentwickelnde hochradioaktive Abfälle. Für das Standortauswahlverfahren stellt die BGR geowissenschaftliche Untersuchungsmethoden für die übertägige Standorterkundung zusammen. Sie hat dafür Erkundungsziele erarbeitet und Untersuchungsmethoden zusammengestellt und bewertet. Im Auftrag der BGE forscht die BGR zudem zu subglazialen Rinnen. Daneben führt die BGR eigenständige Projekte zur Endlagerforschung u. a. im Untertagelabor Mont Terri in der Schweiz durch. Sie beteiligt sich mit ihrer Expertise auch am nationalen Entsorgungsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz,

nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV). Darüber hinaus erfüllt die BGR weitere Beratungsaufgaben zu den Endlagerstandorten des Bundes. Zu ihnen gehören das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM), die „Schachanlage Asse II“ sowie „Schacht Konrad“. Im Auftrag der BGE führt die BGR zu diesen Standorten geowissenschaftliche und geotechnische Untersuchungen und Bewertungen durch. Im Projekt „Schachanlage Asse II“ begleitet die BGR auch die übertägigen seismischen Untersuchungen. Mithilfe der gewonnenen Daten leistet die BGR einen wichtigen Beitrag zur Charakterisierung der Salzstruktur im Bereich des geplanten Schachtes zur Rückholung der radioaktiven Abfälle.



Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) ist eine wissenschaftlich-technische Oberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Als geowissenschaftliches Kompetenzzentrum berät und informiert sie die Bundesregierung und die deutsche Wirtschaft in allen geowissenschaftlichen und rohstoffwirtschaftlichen Fragen. Ihre Arbeit dient einer ökonomisch und ökologisch vertretbaren Nutzung und Sicherung natürlicher Ressourcen und somit der Daseinsvorsorge. Die BGR ist nationaler Geologischer Dienst von Deutschland mit überwiegend koordinierenden Funktionen im Inland sowie zahlreichen internationalen Aufgaben.

◀ Organisationsplan der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

BGR Report
als PDF zum Download:



www.bgr.bund.de/Report2023

Organisationsplan der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

PRÄSIDIALER STAB, PRESSESTELLE⁴⁾ C. Blume ☎ 2835 Pressesprecher: A. Beuge ☎ 2679 ✉ praesidialerstab@bgr.de		PRÄSIDENT Prof. Dr. R. Watzel ☎ 2101 ✉ buero.praesident@bgr.de		INTERNE REVISION K. Krämer ☎ 3840 ✉ interne.revision@bgr.de	
		VIZEPRÄSIDENT Prof. Dr. V. Steinbach ☎ 2352 ✉ vizepraesident-bgr@bgr.de		DEUTSCHE KONTROLLSTELLE EU-SORGFALTPFLICHTEN IN ROHSTOFFLIEFERKETTEN (DEKSOR) M. Baier ☎ 2069 ✉ deksor@bgr.de	
ABTEILUNG Z Zentrale Dienste F. Sieling ☎ 2494 ✉ postfach-z@bgr.de Vertr.: F. Lichtenberg ☎ 2303 ----- Abteilungscontrolling A.-C. Woodyard ☎ 2279	ABTEILUNG 1 Rohstoffe Prof. Dr. V. Steinbach ☎ 2352 ✉ postfach-b1@bgr.de Vertr.: Dr. H. Wilken ☎ 2362 ----- Abteilungscontrolling Dr. I. Heyde ☎ 2782	ABTEILUNG 2 Grundwasser und Boden N.N. ✉ postfach-b2@bgr.de Vertr.: Dr. U. Meyer ☎ 3212 ----- Abteilungscontrolling T. Hiller ☎ +49 30 36993-327	ABTEILUNG 3 Unterirdischer Speicher- und Wirtschaftsraum N. N. ✉ postfach-b3@bgr.de Vertr.: N. Schubarth-Engelschall ☎ 2436 ----- Abteilungscontr.: C. Löschner ☎ 3892	ABTEILUNG 4 Geowissenschaftliche Informationen, Internationale Zusammenarbeit Dr. C. Bönemann ☎ 3134 ✉ postfach-b4@bgr.de Vertr.: Dr.-Ing. T. Lege ☎ 3001 ----- Abteilungscontr.: Dr. C. Pilger ☎ 2878	Ansprechperson für Korruptionsprävention A. Hiller ☎ 2282 Datenschutzbeauftragte A. Schenk ☎ 3688 ✉ datenschutz@bgr.de Fachkraft für Arbeitssicherheit gem. § 5 ASiG D. Reinert ☎ 2248 Gleichstellungsbeauftragte R. Altmann ☎ 2340 ✉ gleichstellungsbeauftragte@bgr.de Personalrat Vorsitz: N. N. ✉ prbgr@bgr.de Vertrauensperson der schwerbehinderten Menschen P. Abend ☎ 2421 ✉ vertrauensperson.schwbh@bgr.de Ombudsperson zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis M. Fahle ☎ 0355-35550 209
REFERAT Z.1 Personal T. Margenfeld ²⁾ ☎ 3923 ✉ postfach-z1@bgr.de	FACHBEREICH 1.1 Deutsche Rohstoffagentur (DERA) Dr. P. Buchholz ☎ +49 30 36993-228 ✉ postfach-b11@bgr.de Vertr.: Dr.-Ing. S.-U. Schulz ☎ +49 30 36993-235	FACHBEREICH 2.1 Geophysikalische Erkundung - Technische Mineralogie Dr. U. Meyer ☎ 3212 ✉ postfach-b21@bgr.de Vertr.: Dr. B. Siemon ☎ 3488	FACHBEREICH 3.1 Nutzungspotenziale des geologischen Untergrundes Dr. G. von Goerne ☎ 3101 ✉ postfach-b31@bgr.de Vertr.: Dr. S. Röhling ☎ +49 30 36993-256	FACHBEREICH 4.1 Internationale Zusammenarbeit N. N. ✉ postfach-b41@bgr.de Vertr.: Dr. A. Hoffmann-Rothe ☎ 2651	
REFERAT Z.2³⁾ Betriebstechnik, Innerer Dienst R. Schwier ☎ 3042 ✉ postfach-z2@bgr.de	FACHBEREICH 1.2 Geologie der mineralischen Rohstoffe Dr. H. Wilken ☎ 2362 ✉ postfach-b12@bgr.de Vertr.: Dr. G. Franken ☎ 2370	FACHBEREICH 2.2 Informationsgrundlagen Grundwasser und Boden N. N. ✉ postfach-b22@bgr.de Vertr.: Dr. E. Eberhardt ☎ 3733	FACHBEREICH 3.2 Geologisch-geotechnische Erkundung N. Schubarth-Engelschall ☎ 2436 ✉ postfach-b32@bgr.de Vertr.: L. Pollok ☎ 2666	FACHBEREICH 4.2 Geoinformationen, Stratigraphie, Bibliothek¹⁾ N. N. ✉ postfach-b42@bgr.de Vertr.: Prof. Dr. J. Erbacher ☎ 2795	
REFERAT Z.3 Organisation K. Fischer ☎ 2500 ✉ postfach-z3@bgr.de	FACHBEREICH 1.3 Geologie der Energierohstoffe, Polargeologie Dr. D. Franke ²⁾ ☎ 3235 ✉ postfach-b13@bgr.de Vertr.: Dr. A. Läufer ☎ 3137	FACHBEREICH 2.3 Grundwasserressourcen - Beschaffenheit und Dynamik Prof. Dr. G. Houben ☎ 2373 ✉ postfach-b23@bgr.de Vertr.: N. N.	FACHBEREICH 3.3 Charakterisierung von Speicher- und Barrieregesteinen Dr. J. Lippmann-Pipke ☎ 2848 ✉ postfach-b33@bgr.de Vertr.: Dr.-Ing. J. Hesser ☎ 3736	FACHBEREICH 4.3 Erdbebendienst des Bundes, Kernwaffenteststopp Dr. L. Ceranna ☎ 2252 ✉ postfach-b43@bgr.de Vertr.: Dr. S. Donner ☎ 3904	
REFERAT Z.4 Haushalt und Finanzmanagement F. Lichtenberg ☎ 2303 ✉ postfach-z4@bgr.de	FACHBEREICH 1.4 Marine Rohstofferkundung Dr. C. Müller ☎ 3129 ✉ postfach-b14@bgr.de Vertr.: Dr. habil. U. Barckhausen ☎ 3239	FACHBEREICH 2.4 Boden als Ressource - Stoffeigenschaften und Dynamik Dr. habil. E. Fries ☎ 2814 ✉ postfach-b24@bgr.de Vertr.: Dr. habil. F. Stange ☎ 3071	FACHBEREICH 3.4 Langzeitsicherheit Dr.-Ing. J. R. Weber ☎ 2438 ✉ postfach-b34@bgr.de Vertr.: A. C. Bebiolka ☎ +49 30 36993-248	FACHBEREICH 4.4 Gefährdungsanalysen, Fernerkundung Dr.-Ing. T. Lege ☎ 3001 ✉ postfach-b44@bgr.de Vertr.: Dr. D. Balzer ☎ 2742	
REFERAT Z.5⁵⁾ Beschaffung, Materialwirtschaft C. Jahn ☎ 2155 ✉ postfach-z5@bgr.de	FACHBEREICH 1.5 Geochemie der Rohstoffe Dr. K. Beckmann ☎ 2053 ✉ postfach-b15@bgr.de Vertr.: Dr. M. Blumenberg ☎ 2853	FACHBEREICH 2.5 Forschungs- und Entwicklungszentrum Bergbaufolgen (FEZB) Dr. habil. C. Neukum ²⁾ ☎ 2223 ✉ postfach-b25@bgr.de Vertr.: N. N.	FACHBEREICH 3.5 Geotechnische Sicherheitsnachweise N. N. ✉ postfach-b35@bgr.de Vertr.: Dr.-Ing. J. Maßmann ☎ 2474		Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) Postanschrift: Stilleweg 2, 30655 Hannover Postfach 51 01 53, 30631 Hannover Telefon: +49 511 643-0 bzw. Durchwahl Telefax: +49 511 643-2304 Internet: https://www.bgr.bund.de Dienstbereich Berlin mit Deutscher Rohstoffagentur (DERA) Postanschrift: Wilhelmstr. 25-30, 13593 Berlin Telefon: +49 30 36993-0 bzw. Durchwahl Dienstbereich Cottbus Forschungs- und Entwicklungszentrum Bergbaufolgen (FEZB) Postanschrift: Gaglower Straße 17-18, 03048 Cottbus Telefon: +49 355 35550-0 bzw. Durchwahl
REFERAT Z.6¹⁾ Zentrale Informationstechnik O. Steege ☎ 3181 ✉ postfach-z6@bgr.de					
REFERAT Z.7 Interne Kommunikation, Service-Z-Management, Publikationen A.-C. Woodyard ☎ 2279 ✉ postfach-z7@bgr.de					
REFERAT Z.8⁶⁾ Zentrales Controlling G. Lopez Wismer ☎ 2156 ✉ postfach-z8@bgr.de					

¹⁾ auf Grundlage des Verwaltungsabkommens zum 01.01.2021 auch für das LBEG zuständig
²⁾ kommissarisch / auf Probe
³⁾ mit der Wahrnehmung der Geschäfte beauftragt
⁴⁾ zuständig für das Risikomanagement
⁵⁾ zuständig für die Exportkontrolle für materielle Güter
⁶⁾ zuständig für die Exportkontrolle für immaterielle Güter
 Stand: 29.02.2024



Die BGR ist eine wissenschaftlich-technische Oberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).



Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
Stilleweg 2
30655 Hannover



www.bgr.bund.de