

BGR Report

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE DEZEMBER 2022

Erschließung von Grundwasser für die weitere Entwicklung in Subsahara-Afrika



GeoERA

Gemeinsames Geo-Wissen
für Europa, S. 6

BIOMINING

Mit Bakterien Bergbaurückstände
sanieren und Metalle schürfen, S. 14

JAHRHUNDERTKNALL

Druckwellen umrunden den
Globus, S. 28

Impressum

© Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2022)

Kontakt

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
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, Sina Vollbrecht, Anna Woodyard

Redaktionelle Mitarbeit

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

Texte

Tim Kalvelage

Gestaltung

René Winkler Grafik Design

Druck

Gutenberg Beuys Feindruckerei GmbH

Diese Publikation wurde auf 100 % Recyclingpapier gedruckt, das FSC-zertifiziert ist. Der gesamte Herstellungsprozess erfolgte klimaneutral.

Bildquellen

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

Autorenfotos: [https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004871](http://berlin-event-foto.de/Peter-Paul>Weiler, Ausnahmen: Matthias Baier, Dr. Michael Eichholz, Sina Hesse, Dr. Philip Schütte (BILDKRAFTWERK/Weiler), Dr. Christine Asch, Achim Constantin, Dr. Thomas Kuhn, Andreas Läufer, Johannes Münch, Martin Schodlok, Dr.-Ing. Sven-Uwe Schulz (privat); Titelbild: © mauritius images / Adobe Stock / Riccardo Niels Mayer; S. 3: Stocktrek Images/Getty Images; S. 6: Foto Zinnwald: © Mitteldeutsche Zeitung; S. 10: © mauritius images / Adobe Stock / Parilov; S. 11: © mauritius images / Adobe Stock / monsitj; S. 14: Ruiyong Zhang, Sabrina Hedrich, Decai Jin, Anja Breuker, Axel Schippers (2021), <a href=), Supplementary Fig. S2, CC-BY 4.0; S. 16: © mauritius images / Adobe Stock / petovarga; S. 20: © Boris Hahn; S. 24/25: © Sina Hesse; S. 28: Quelle: Jean-Marie Lalonde, Meteo France; S. 29, Satellitenbild oben: Sentinel Playground, <https://apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground>, Sinergise Ltd. (contains modified Copernicus Sentinel data 2021 processed by Sentinel Hub); Satellitenbild unten: Sentinel Playground, <https://apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground>, Sinergise Ltd. (contains modified Copernicus Sentinel data 2022 processed by Sentinel Hub); S. 36: © Dr. Thomas Himmelsbach; S. 37: Infografiken, Daten: World Water Development Report 2022; S. 39, oben rechts: © mauritius images / BSIP; S. 47: © Wirtschaftsvereinigung Metalle; S. 49, Infokasten Deksor: © mauritius images / Erberto Zani / Alamy; S. 57, Icon links: flaticon.com

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

Erscheinungsmonat

Dezember 2022

Der vorliegende BGR Report stellt Projekte und Arbeiten der BGR aus den Jahren 2021 bis 2022 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 GeoERA – gemeinsames Geo-Wissen für Europa

Projekte

Geo-Ressourcen

- 10 Vom Ausland lernen: Wie deutsche Firmen ihre Rohstoffversorgung sichern können
- 12 40 Jahre Rohstoffsituationsbericht: Der Rohstoff-Datenschatz der BGR
- 14 Wie sich mit Bakterien Bergbaurückstände sanieren und Metalle schürfen lassen
- 16 Heute schon an morgen denken: Recycling von Lithium-Ionen-Akkus
- 17 Water Risk Filter: Ein neues Tool zur Risikoabschätzung im Bergbau
- 18 Metalle am Meeresboden – eine Option zur Rohstoffversorgung?

Geo-Wissen

- 20 Seismische Erkundungen für eine mögliche CO₂-Speicherung im Untergrund der Nordsee
- 21 Gemeinsame Karten zur Geologie von Europas Meeresböden
- 22 Hyperspektrale Fernerkundung von Böden und Rohstoffvorkommen
- 24 Klimawandel im Boden: BGR hilft bei der Verbesserung des Bodenfeuchtemonitors
- 26 Lithiumgewinnung aus hydrothermalen Fluiden
- 27 Die Umwandlung von Nitrat in Boden und Grundwasser
- 28 Druckwellen des Unterseevulkans vor Tonga umrunden den Globus

Endlagerung

- 30 Wohin mit den strahlenden Abfällen? Forschung im Tonstein des Schweizer Jura
- 32 Eignung von Salzgrus zur Abdichtung von Endlagern für radioaktive Abfälle
- 33 Der Einfluss von Bentonit auf die Korrosion von Endlagerbehältern
- 34 Wie lassen sich die radioaktiven Abfälle aus der Asse zurückholen?

Internationale Kooperationen

- 36 Gesicherte Grundwasservorkommen für die Entwicklung in Subsahara-Afrika
- 40 Nachhaltiger Bergbau in der Andenregion
- 41 Der Einfluss von Windrädern auf Infraschall-Messungen
- 42 Wenn der Regen ausbleibt: Anpassung an den Klimawandel im Tschadseebecken
- 44 Geowissenschaftliche Spurensuche liefert Einblicke in die Entstehung der Polargebiete

Perspektive

- 46 Die Rohstoffberatung der BGR bietet einen hohen Mehrwert – Interview mit Franziska Erdle, Hauptgeschäftsführerin der Wirtschaftsvereinigung Metalle

Karriere in der BGR

- 48 Matthias Baier verbindet ökonomische Expertise mit entwicklungspolitischer Erfahrung
- 50 Fachkompetenz von morgen – der wissenschaftliche Nachwuchs der BGR
- 51 Azubi und Azubine – die vielfältigen Ausbildungsmöglichkeiten in der BGR

Zahlen, Daten, Fakten

- 52 Die BGR
- 53 Publikationen, Produktcenter
- 54 Internationale Einsatz- und Forschungsgebiete der BGR
- 56 Beratung
- 59 Organisationsplan der BGR



Editorial



Prof. Dr. Ralph Watzel

Präsident der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Liebe Leserinnen und Leser,

Europa steht vor zahlreichen Herausforderungen, die eng mit Rohstofffragen sowie den Themen Geo-Energie und Grundwasser verknüpft sind. Das europäische Verbundprojekt GeoERA hat mit harmonisierten und standardisierten Geo-Informationen den Grundstein dafür gelegt, dass Europas natürliche Ressourcen des Untergrunds künftig noch nachhaltiger genutzt werden können. Welchen Anteil die BGR an diesem Erfolg hat, erfahren Sie im Beitrag „GeoERA – gemeinsames Geo-Wissen für Europa“ (Seite 6 ff.).

Der globale Wettbewerb um Rohstoffe für Schlüssel- und Zukunftstechnologien nimmt zu. Starke Preisschwankungen und Lieferengpässe beherrschen derzeit die internationalen Märkte. Eine Studie der Deutschen Rohstoffagentur (DERA) in der BGR hat am Beispiel internationaler Unternehmen untersucht, welche Strategien bei der Rohstoffversorgung für die heimische Industrie erfolgversprechend sein können. Über die Ergebnisse berichten wir auf den Seiten 10 und 11.

Weltweit lagern Milliarden Tonnen von Bergbauabfällen auf Halden und in Bergeteichen. Die Rückstände stellen häufig ein großes Umweltrisiko dar, enthalten aber auch wertvolle Metalle. Die BGR erforscht, wie diese Bergbaufolgen mithilfe von Mikroorganismen saniert und zugleich auch als Rohstoffquelle genutzt werden können. Mit Erfolg – wie der Beitrag über das sogenannte „Biomining“ zeigt (S. 14 f.).

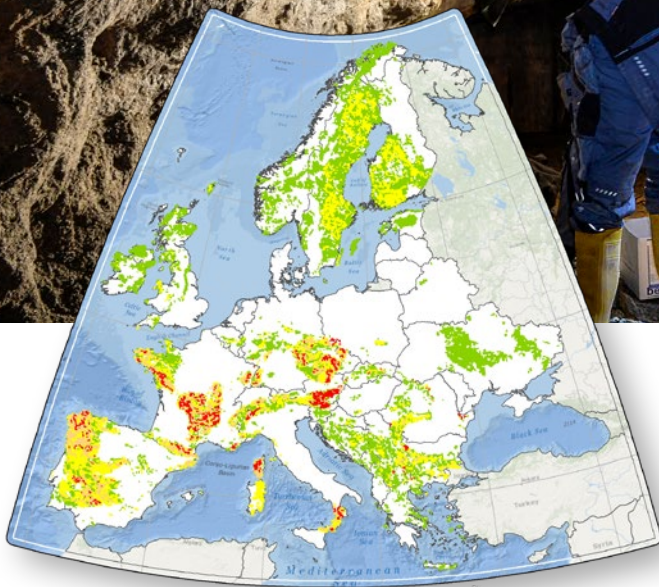
Böden erfüllen eine Vielzahl wichtiger Funktionen für Mensch und Natur. Der Klimawandel beeinträchtigt jedoch zunehmend wichtige Bodenfunktionen. Anwendungsbezogene Forschung hilft bei der Bewertung von Veränderungen, wie beispielsweise eine interaktive Kartenanwendung des Deutschen Wetterdienstes. Sie liefert der Landwirtschaft tagesaktuelle Informationen zur Bodenfeuchte in Bezug auf verschiedene Kulturpflanzen. Lesen Sie im Beitrag auf den Seiten 24 und 25, wie dieses Werkzeug mit der Expertise der BGR weiterentwickelt werden soll.

Anfang 2022 brach im Südpazifik der Unterseevulkan Hunga aus. Es war die gewaltigste Eruption, die je von Satelliten und weiteren digitalen Messinstrumenten erfasst wurde. Auch die Infraschall-Anlagen der BGR im Bayerischen Wald und in der Antarktis registrierten das Jahrhundertereignis. Dabei umrundete die Druckwelle mehrmals den Globus, wie der Beitrag auf den Seiten 28 und 29 schildert.

Deutschland sucht nach einem Standort für die sichere Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen. Mit ihrer wissenschaftlichen Expertise unterstützt die BGR die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) im Auswahlverfahren. Wie die BGR im Untertagelabor Mont Terri in der Schweiz untersucht, ob Ton als Wirtsgestein die Endlager-Kriterien erfüllen kann, beschreibt unser Bericht auf den Seiten 30 und 31.

Grundwasservorkommen werden vielerorts stark übernutzt. In Afrika südlich der Sahara hat die Georessource hingegen ein großes, bislang kaum ausgeschöpftes Potenzial, um die Menschen mit sauberem Wasser und ausreichend Nahrung zu versorgen sowie einen nachhaltigen Beitrag zur wirtschaftlichen Entwicklung zu leisten. Wie die BGR Regierungsbehörden und internationale Organisationen dabei unterstützt, Subsahara-Afrika eine neue Perspektive zu geben, erfahren Sie in der Titelgeschichte dieses Reports (S. 36 ff.).

Ich wünsche Ihnen viel Spaß bei der Lektüre!



Kritische Rohstoffe kommen auch in Europa vor, wie die Wahrscheinlichkeitsverteilungskarte für Lithium des GeoERA-Projekts FRAME zeigt. Eine große Wahrscheinlichkeit für relativ hohe Anteile an Lithium ist durch Rottöne gekennzeichnet.

Wahrscheinlichkeit von Lithiumvorkommen

	sehr gering
	gering
	mittel
	hoch
	sehr hoch

GeoERA – GEMEINSAMES GEO-WISSEN FÜR EUROPA

Europa steht vor zahlreichen Herausforderungen, die eng mit Rohstofffragen und den Themen Geo-Energie und Grundwasser verknüpft sind. Die optimale Bewirtschaftung und das nachhaltige Management des Untergrunds in Europa erfordern eine grenzübergreifende Wissensbasis zu den verfügbaren geologischen Ressourcen. Im europäischen Verbundvorhaben GeoERA hat die BGR gemeinsam mit anderen Geologischen Diensten den Weg dafür geebnet.

32 Länder, 45 nationale und regionale Geologische Dienste und 15 Teilprojekte – das sind die Eckdaten des EU-geförderten Verbundprojekts „GeoERA – Establishing the European Geological Surveys Research Area to deliver a Geological Service for Europe“. Ziel des über knapp vier Jahre laufenden Projekts war die Harmonisierung und Standardisierung geowissenschaftlicher Daten, um damit die Basis für eine optimale Nutzung des geologischen Untergrunds in Europa zu schaffen. GeoERA umfasste die Themen Rohstoffe, Geo-Energie, Grundwasser und Geo-Informationen. Es war damit das bisher größte europäische Gemeinschaftsvorhaben auf diesem Gebiet. Im Januar 2022 wurden die Ergebnisse aller Teilprojekte auf einer virtuellen Abschlusskonferenz vorgestellt und diskutiert.

„GeoERA stärkt die nachhaltige Nutzung von Europas Geo-Ressourcen“, erklärte BGR-Präsident Prof. Dr. Ralph Watzel bei der Veranstaltung in seiner Eigenschaft als amtierender Präsident der europäischen Geologischen Dienste EuroGeo-Surveys (EGS). Die Harmonisierung und Standardisierung der Wissensbasis über den geologischen Untergrund sei eine zentrale Herausforderung für Europa, so Watzel. „Der wachsende Nutzungsdruck auf natürliche Ressourcen erfordert die Bereitstellung von Geo-Informationen über Grenzen hinweg und in bestmöglicher Qualität – nur so kann eine effiziente und nachhaltige Nutzung der geologischen Ressourcen gewährleistet werden“, betonte der BGR- und EGS-Präsident.

Vor diesem Hintergrund war die BGR am europäischen Verbundvorhaben GeoERA maßgeblich beteiligt und engagierte sich in allen vier Themengebieten. Ein Schwerpunkt der BGR im Rahmen von GeoERA war der Bereich Rohstoffe mit vier wissenschaftlichen Teilprojekten: EuroLithos (European Ornamental Stone Resources), FRAME (Forecasting and Assessing Europe’s Strategic Raw Materials Needs), MINDeSEA (Seabed Mineral Deposits in European Seas: Metallogeny and Geological Potential for Strategic and Critical Raw Materials) und MINTELL4EU (Mineral Intelligence for Europe). Die Teilprojekte stellten wertvolle Informationen zu Rohstoffen in Europa sowohl an Land als auch unter dem Meeresboden zur Verfügung.

Heimische Rohstoffquellen

Europas Untergrund birgt noch immer unerschlossene Potenziale an mineralischen Rohstoffen. Dazu gehören auch strategisch und ökonomisch wichtige, mitunter sogar kritische Metalle. Gerade vor dem Hintergrund des europäischen „Green Deals“ mit der Zielvorgabe einer klimaneutralen EU bis 2050 und den UN-Nachhaltigkeitszielen können heimische Rohstoffe eine wichtige Rolle spielen. „Das setzt jedoch voraus, dass Entscheidungsträgern verlässliche Informationen über vorhandene Lagerstätten und deren Gewinnbarkeit vorliegen“, sagt Dr. Antje Wittenberg von der BGR, die das GeoERA-Thema „Rohstoffe“ koordinierte.



Bergbauhalden und Tailings aus Altbergbau gibt es in vielen Ländern in Europa, hier sind es Tailings eines inaktiven Kupferbergwerks in Albanien.

Genau hier setzten die verschiedenen Teilprojekte an. Zum einen wurden mithilfe neuer analytischer Methoden neue Datensätze zu Vorkommen sowohl von primären als auch sekundären Rohstoffen aus Bergbauhalden generiert. Zum anderen wurden schon existierende Daten der Geologischen Dienste harmonisiert, damit diese gemeinsam abrufbar und vergleichbar sind.

Ein zentrales Ergebnis von GeoERA ist eine verbesserte Rohstoffdatenbank zu terrestrischen und marinen Ressourcen in der EU. Die beteiligten Forscherinnen und Forscher trugen eine Vielzahl georeferenzierter Daten zu mineralischen Ressourcen einschließlich geschätzter Mengen zusammen, etwa zu kritischen Rohstoffen wie Kobalt, Lithium und Seltenen Erden. Es wurden detaillierte Karten zur geochemischen Verteilung der Elemente in ausgewählten Mineralen und Wirtsgesteinen erstellt. Im Teilprojekt FRAME wurde unter der Leitung der BGR darüber hinaus eine Neubewertung vorgenommen, welches Potenzial historische Bergbauhalden mit Blick auf kritische Rohstoffe haben.

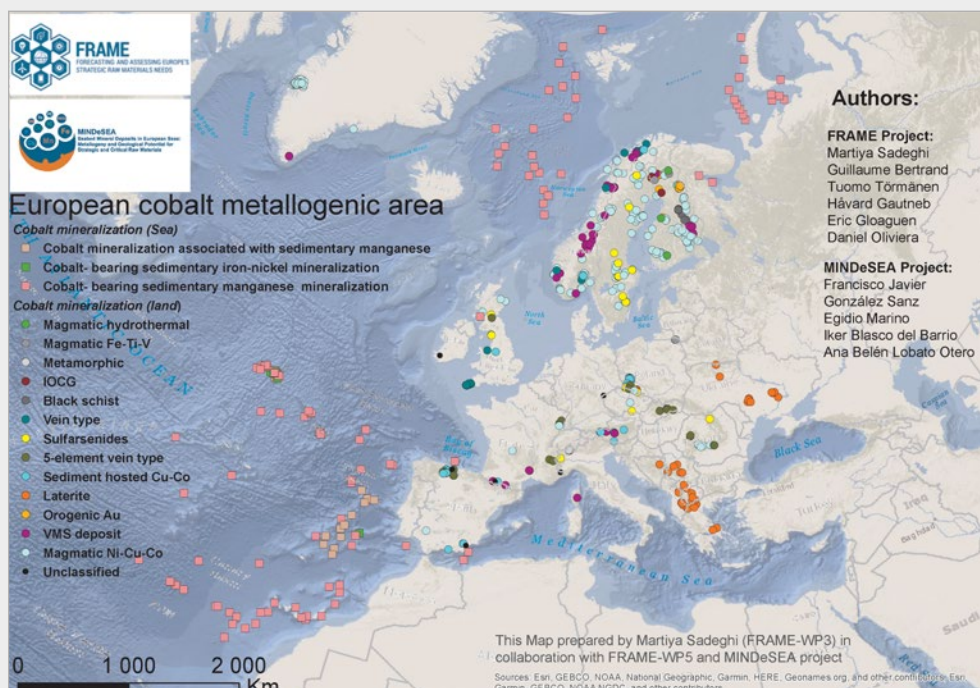
GeoERA hat auch die ersten gesamteuropäischen Karten zu Rohstoffen unter dem Meeresboden – wie z. B. Phosphat – generiert. Auch eine Übersicht des rechtlichen Rahmens von Exploration und Bergbau in den Meeren Europas wurde erstellt. „Die BGR hat sich in MINDeSEA mit ihrer herausragenden Expertise im Bereich der marinen Rohstoffexploration eingebracht und einen entscheidenden Anteil am Erfolg dieses Teilprojekts gehabt“, sagt Antje Wittenberg.

Die gesammelten Daten und Informationen sind über das Datenportal EGDI, der European Geological Data Infrastructure, öffentlich zugänglich. Zudem wurde die Monografie „GeoERA Raw Materials Monograph – the Past and the Future“ veröffentlicht, die neben einem europäischen Rohstoffinventar u. a. auch Prognosekarten für landbasierte und marine mineralische Rohstoffe sowie Angaben zu touristisch erschlossenen Altbergbaustandorten und Natursteinen enthält.



Halden aus dem ehemaligen Kupfererzbergbau in Røros (Norwegen) sind heute als kulturelles Erbe klassifiziert.

Die metallogenische Verbreitung von Kobalt in Europa – an Land und in den europäischen Meeren – ist erstmals im Rahmen der GeoERA-Projekte FRAME und MINDeSEA vergleichend in einer Karte dargestellt worden.



Europas Geo-Energiepotenziale

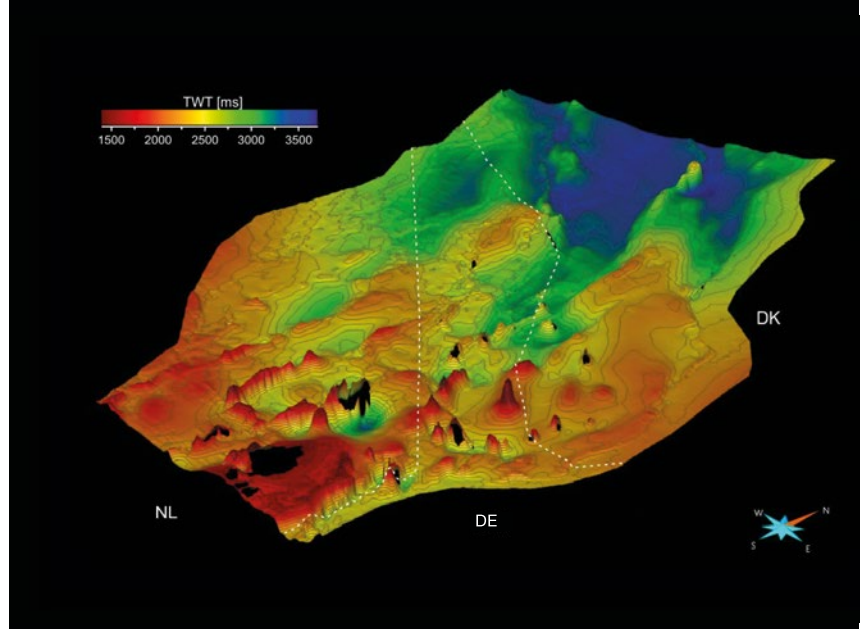
Die sichere, CO₂-emissionsarme Versorgung von Wirtschaft, Privathaushalten und öffentlicher Infrastruktur mit Strom und Wärme gehört zu den größten gesellschaftlichen Herausforderungen der nächsten Jahrzehnte. Um eine zuverlässige, nachhaltige und zugleich wettbewerbsfähige Energieversorgung in Europa zu gewährleisten, bedarf es u. a. einer soliden Datenbasis zum Geo-Energiepotenzial, das sich auf dem Festland und vor den Küsten Europas ausschöpfen lässt. Dazu gehören geothermische Potenziale sowie Erdgasvorkommen, aber auch unterirdische Speicherkapazitäten für CO₂ und der Energieträger Wasserstoff.

Im GeoERA-Thema „Geo-Energie“ koordinierte die BGR das Teilprojekt 3DGEO-EU (3D Geomodelling for Europe), das sich vor allem mit Methoden zur grenzübergreifenden Harmonisierung geologischer 3D-Modelle befasste. Benachbarte Modelle entlang internationaler Grenzen weichen oft voneinander ab, etwa bei Tiefenlagen eines geologischen Horizonts. Ursache dafür können uneinheitliche Definitionen stratigrafischer Horizonte, heterogene Daten und unterschiedliche Methoden sein, die die Geologischen Dienste benachbarter Staaten nutzen. „Diskrepanzen an Ländergrenzen erschweren die transnationale Bewertung von Energiepotenzialen des Untergrunds“, sagt BGR-Geowissenschaftler Stefan Knopf. Daher bedarf es abgestimmter Geo-Informationen innerhalb Europas.

Die Projektpartner nahmen sich dieser Herausforderung an und entwickelten beispielhaft für vier Pilotregionen harmonisierte 3D-Modelle. Die BGR brachte ihre Expertise vor allem bei der grenzübergreifenden Harmonisierung zwischen den Nordsee-Sektoren Deutschlands, Dänemarks und der Niederlande sowie bei der Visualisierung von Modellunsicherheiten ein. Sie stellte Testdatensätze zur Verfügung und verfasste federführend mehrere Fachberichte zu den durchgeführten Arbeiten.

Für den „Entenschnabel“, die nordwestlichste Region der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) Deutschlands in der Nordsee, erstellte die BGR ein harmonisiertes 3D-Tiefenmodell. Zudem bildeten die Modellierungsarbeiten die Grundlage für ein weiteres Teilprojekt von GeoERA unter Beteiligung der BGR, in dem ein länderübergreifendes 3D-Kohlenwasserstoffmodell der Entenschnabel-Region entstand.

Mit der Arbeit wurde eine wichtige Basis für die Nutzung des Untergrunds in der Nordsee im Bereich Geo-Energie geschaffen. „Die dokumentierten Ergebnisse und Erfahrungen der Projektpartner können als Vorlage für zukünftige Harmonisierungsarbeiten in anderen Regionen Europas genutzt werden“, sagt Stefan Knopf.



Beispiel für einen grenzübergreifend harmonisierten geologischen Horizont (Basis Oberkreide) zwischen den Nordsee-Sektoren der Niederlande, Deutschlands und Dänemarks.

Wissen für sauberes Grundwasser

Grundwasser ist eine kostbare Ressource. Rohstoffabbau, intensive Landnutzung, wasserintensive Industrien und fortschreitende Flächenversiegelung können diese negativ beeinflussen. Zunehmend gefährdet auch der Klimawandel mancherorts die Verfügbarkeit von Grundwasser.

Im Rahmen des GeoERA-Themas „Grundwasser“ wurden Flächeninformationen zusammengestellt, die für den Schutz und die nachhaltige Nutzung der Ressource bedeutsam sind. Im Teilprojekt HOVER (Hydrogeological Processes and Geological Settings over Europe Controlling Dissolved Geogenic and Anthropogenic Elements in Groundwater of Relevance to Human Health and the Status of Dependent Ecosystems) evaluierten die Geologischen Dienste die hydrogeologischen Gegebenheiten in Europa, die maßgeblich über die Grundwasserqualität entscheiden. Das von der BGR koordinierte Teilprojekt führte eine harmonisierte Bewertung der Verschmutzungsempfindlichkeit des oberen Grundwasserleiters durch. Das Ziel ist es, eine optimierte Grundwasserbewirtschaftung bei gleichzeitig verbessertem Schutz des Grundwassers zu gewährleisten.

„Wir haben zunächst alle Methoden, die international zur Beurteilung der Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers und zur Identifizierung der dafür erforderlichen Parameter zur Verfügung stehen, gesammelt und bewertet“, so BGR-Hydrogeologe Dr. Stefan Broda. Als geeignetste Methode für die Grundwasserbewertung stellte sich dabei die sogenannte DRASTIC-Methode heraus, die verschiedene Parameter wie Tiefe und Neubildung des Grundwassers und die Topografie berücksichtigt. Die Methode wurde im paneuropäischen Maßstab von 1 : 1 500 000 sowie in ausgewählten Pilotgebieten im Maßstab 1 : 10 000 bis 1 : 250 000 angewandt.

Um sicherzustellen, dass die resultierenden Karten für die Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers vom paneuropäischen bis zum regionalen Maßstab vergleichbar sind, erfolgte eine umfangreiche Harmonisierung der vor-


**Vulnerabilitätsklassen
(DRASTIC-Methode)**

- sehr gering
- gering
- moderat
- hoch
- sehr hoch

handenen Daten. „Eine große Herausforderung war es, die Daten der einzelnen Länder anzupassen“, sagt Stefan Broda. Insgesamt wurden in dem Teilprojekt rund 120 Datenlayer erzeugt, die nun über das Datenportal EGDI frei abrufbar sind.

Ein wichtiges Etappenziel

Für BGR-Präsident Prof. Dr. Ralph Watzel ist das Verbundvorhaben GeoERA ein Meilenstein auf dem Weg zu einer zielorientierten Zusammenarbeit von Forschung und Anwendung in Europa. Sowohl die inhaltlichen Ergebnisse als auch die Erfahrungen in der länderübergreifenden Zusammenarbeit der Geologischen Dienste seien vielversprechend. „Daran wollen wir anknüpfen und auch zukünftig diesen Weg in Europa weitergehen“, so der BGR-Präsident. ■

Vulnerabilität des Grundwassers gegenüber Verschmutzung ermittelt mit der DRASTIC-Methode.

INTERVIEW MIT DR. ANTJE WITTENBERG, GEOWISSENSCHAFTLERIN IN DER BGR, ÜBER DIE ZIELE UND ERFOLGE VON GeoERA

Welche Motivation steckte hinter GeoERA?

Es gibt enorme gesellschaftliche, grenzübergreifende Herausforderungen, die auch die Geowissenschaften betreffen und von keinem der Beteiligten allein zu bewältigen sind. Eine Voraussetzung für die lösungsorientierte Zusammenarbeit innerhalb der EU in Sachen Rohstoffe, Geo-Energie oder Grundwasser sind kompatible Daten und eine gemeinsame Dateninfrastruktur. Die Geologischen Dienste Europas haben daher ein paneuropäisches Netzwerk gegründet, um geowissenschaftliche Daten und Modelle zu harmonisieren und der Öffentlichkeit bereitzustellen.

Wie gut ist Ihnen das im Rohstoffbereich gelungen?

Die Harmonisierung existierender Daten ist uns über das Projekt MINTeLL4EU sehr gut gelungen. Es wurde eine Schnittstelle entwickelt, die es Ländern erlaubt, Daten in eine gemeinsame Rohstoffdatenbank einzuspeisen, ohne die Struktur der eigenen Datenbanken verändern zu müssen. Aber mit GeoERA ist die Arbeit auf dem Gebiet nicht abgeschlossen: Neue Daten und verbesserte analytische Methoden erfordern entsprechende Anpassungen der Datenbank.

Wurden neben dem Datenabgleich auch neue Informationen generiert?

Ja. Dank MINDeSEA haben wir nun erstmals eine Übersicht über Vorkommen kritischer Rohstoffe unter dem Meeresboden. Gemeinsam mit FRAME wurde eine Vergleichbarkeit mit Lager-



stätten an Land erreicht. Unsere Karten weisen z. B. Batterie-kritische Rohstoffe, Phosphatvorkommen oder das Potenzial kritischer Rohstoffe in Bergbauhalden aus. In EuroLithos wurde eine Übersicht zu Fassadensteinen erstellt, die für den Erhalt von Kulturgütern benötigt werden. Die Informationen zu relevanten Vorkommen sind wichtig für Wissenschaft, Wirtschaft und Planer.

Was folgt daraus für Europas Rohstoffabhängigkeit? Ließe sich der Selbstversorgungsgrad steigern?

Gerade Zentraleuropa hat eine lange Bergbautradition. Die leicht zugänglichen, rentablen Lagerstätten im Harz oder Erzgebirge sind weitestgehend abgebaut. Dennoch könnten in unzugänglichen Bereichen noch hochkonzentrierte Erze lagern. Auch die Technik entwickelt sich weiter. Das heißt, was vor Jahren noch unrentabel war, kann heute wirtschaftlich und ökologisch vertretbar abbaubar sein. Deutschland ist kein rohstoffarmes Land. Ob und wie eigene Vorkommen genutzt werden, ist aber auch eine Frage der Akzeptanz in der Bevölkerung und der politischen Haltung eines Landes zum Bergbau. Die Frage lautet daher weniger: Was gibt die Geologie her? Sondern: Welche wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und ökologischen Kosten ist man bereit zu tragen.

VOM AUSLAND LERNEN: WIE DEUTSCHE FIRMIEN IHRE ROHSTOFFVERSORGUNG SICHERN KÖNNEN

Starke Preisschwankungen und Lieferengpässe beherrschen die Rohstoffmärkte. Wie kann die heimische Industrie ihre Versorgung mit mineralischen Rohstoffen absichern? Eine Studie im Auftrag der Deutschen Rohstoffagentur (DERA) in der BGR hat die Strategien ausländischer Unternehmen analysiert.

Die Situation auf den Weltmärkten hat sich in den vergangenen Jahren weiter verschärft: Der globale Wettbewerb um Rohstoffe für Schlüssel- und Zukunftstechnologien nimmt stark zu und zugleich die Sorge um zuverlässige Lieferketten. Sichtbarstes Zeichen dieser Unsicherheit sind die zunehmenden Preisschwankungen vieler Rohstoffe. Im Rahmen ihrer Rohstoffstrategie unterstützt die Bundesregierung deshalb Maßnahmen, mit denen Unternehmen ihre Rohstoffversorgung absichern und damit ihre Wettbewerbsfähigkeit verbessern können. Dabei kann auch internationales Know-how helfen. Die Wirtschaftsprüfungsgesellschaft PricewaterhouseCoopers GmbH analysierte im Auftrag der DERA Instrumente und Strategien, mit denen ausländische Unternehmen bei der Absicherung ihrer Rohstoffversorgung operieren. Die Ergebnisse wurden in der Studie „Securing raw material supply: Benchmarking of measures of foreign manufacturing companies and recommendations for action“ veröffentlicht ([DERA Rohstoffinformationen, Nr. 52](#)) und deutschen Unternehmen bei einem Online-Workshop vorgestellt.



Rohstoffproduktion in einem Tagebau.

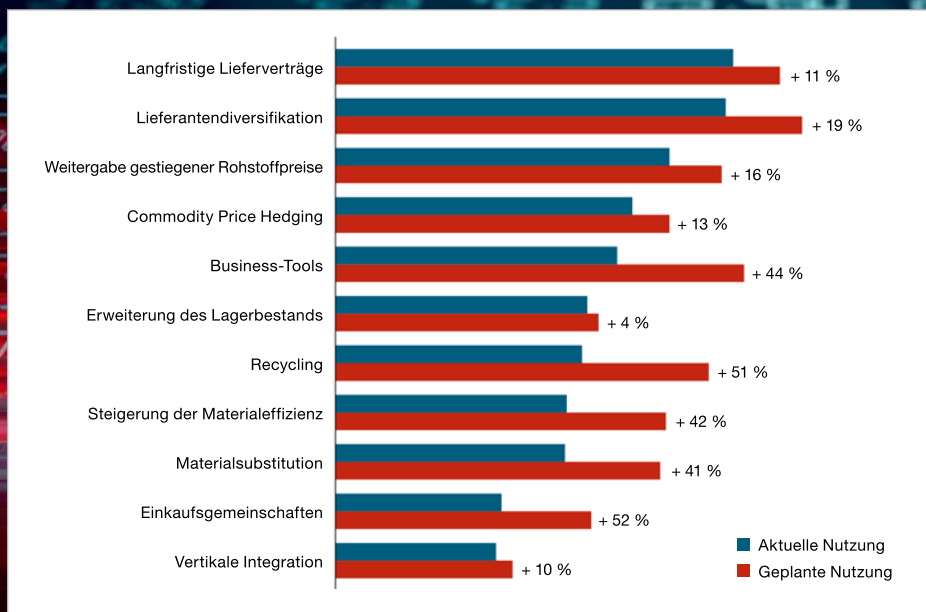
Der Fokus der Studie liegt auf verarbeitenden Unternehmen in Europa, Nordamerika und Ostasien, die ähnlich wie deutsche Firmen in einem marktwirtschaftlichen Umfeld agieren. Die Ergebnisse der Untersuchung basieren auf Umfragen, Interviews und Literaturrecherchen. Befragt wurden mehr als 100 Führungskräfte aus knapp 60 Unternehmen der Sektoren Automobilbau, Telekommunikation sowie Maschinen- und Anlagenbau. Ziel der Erhebungen

war es, zu ermitteln, welche Versorgungsstrategien die ausländischen Firmen bevorzugt nutzen, welche Faktoren ihre Strategiewahl beeinflussen und wie sie diese erfolgreich umsetzen.

Auf Grundlage einer Vielzahl an identifizierten Einzelmaßnahmen wurden insgesamt elf Strategien ausländischer Firmen zur Rohstoffsicherung hinsichtlich ihrer Chancen und Herausforderungen analysiert. Daraus wurden Handlungsempfehlungen für deutsche Firmen abgeleitet. „Die Studie liefert wertvolle Ansätze, wie die deutsche Industrie die Beschaffung von mineralischen Rohstoffen optimieren und sich Wettbewerbsvorteile verschaffen kann“, sagt Dr.-Ing. Sven-Uwe Schulz, der die Untersuchung für die DERA begleitet hat. Als die wichtigsten und effektivsten Maßnahmen zur Sicherung der Rohstoffversorgung stellten sich die Diversifizierung der Rohstofflieferanten und Abschlüsse langfristiger Lieferverträge heraus. Die vertikale Integration von Unternehmen, etwa durch eine Beteiligung an Bergbauprojekten, spielte laut Studie aufgrund des hohen Kapitaleinsatzes und der großen Risiken hingegen bislang eine untergeordnete Rolle. Darüber hinaus ist ein klarer Trend erkennbar, die Nachhaltigkeit eines Unternehmens zu stärken, z. B. durch reduzierten Materialverbrauch, mehr Recycling oder die Substitution von Rohstoffen. Nach Aussage der befragten Personen werden auch IT-gestützte Business-Tools, die etwa auf Big-Data-Analysen, Künstliche Intelligenz oder Cloud-Computing setzen, bei der Rohstoffbeschaffung in Zukunft eine noch wichtigere Rolle spielen.

Insgesamt zeigt die Studie, dass die ausländischen Unternehmen mittelfristig noch stärker auf die genannten Strategien zur Versorgungssicherung setzen werden als bisher. Sprich, in den untersuchten Sektoren gewinnt das Thema Rohstoffbeschaffung immer mehr an Bedeutung und Unternehmen richten ihre Investitionen zunehmend danach aus, ihre Versorgung zu sichern sowie das Risiko von Preisanstiegen und Lieferengpässen zu reduzieren.

Für die Umsetzung der verschiedenen Absicherungsstrategien in Unternehmen empfehlen die Studienautorinnen und -autoren einen schrittweisen Prozess – von der Definition der Ziele über die Auswahl des Strategiemixes und die eigentliche



Nutzung der Absicherungsstrategien in den untersuchten Unternehmen.

Umsetzung bis hin zur kontinuierlichen Überwachung und Anpassung. Dabei gilt es, das Business-Ökosystem sowie äußere Einflüsse wie politische, soziale und technologische Trends zu berücksichtigen. Am Anfang steht die gründliche Analyse des Status quo und der Versorgungs- und Preisrisiken der jeweiligen Rohstoffe. Basierend auf den Zielen und der Organisation des Unternehmens sowie dem zeitlichen Horizont wird danach ein passender Strategiemix gewählt. Grundsätzlich empfiehlt es sich, verschiedene Strategien zu kombinieren, um kurz- und langfristige Rohstoffrisiken zu minimieren.

Die Analyse der Strategien zur Rohstoffsicherung im Auftrag der DERA verdeutlicht, wie schon heute erkennbare Entwicklungen die zukünftige Rohstoffbeschaffung beeinflussen werden. Die Komplexität der Rohstoffmärkte dürfte im Zuge einer voranschreitenden Globalisierung weiter zunehmen. Gleichzeitig gibt es Tendenzen einer (Re-)Nationalisierung. Es ist davon auszugehen, dass das Bestreben, Rohstoffquellen abzuschirmen, in einigen Herkunftsländern steigen wird. Protektionistische Maßnahmen könnten zu veränderten Wettbewerbsbedingungen aufgrund der eingeschränkten Verfügbarkeiten mineralischer Rohstoffe führen.

Die globale Verflechtung hat auch eine hohe Sensibilität der Rohstoffmärkte gegenüber unvorhersehbaren Ereignissen zur Folge, was z. B. bei der Blockade des Suez-Kanals im Frühjahr 2021 durch das havarierte Containerschiff „Ever Given“ deutlich wurde.

Starke Preisschwankungen und eine teils knappe Rohstoffverfügbarkeit werden sich dauerhaft auf die Märkte und damit auf die Beschaffungsstrategien von Unternehmen auswirken. Zudem steigt der Druck auf Unternehmen, Nachhaltigkeitsstandards entlang der Wertschöpfungskette einzuhalten. Wie sich Firmen in den Bereichen Umwelt, Gesellschaft und verantwortungsvolle Unternehmensführung aufstellen, dient immer häufiger als Indikator ihrer Performance und als Bewertungsmaßstab für potenzielle Geschäftspartnerschaften und Investoren. Zukünftig dürften auch deshalb für viele Unternehmen erhebliche Investitionen in die Verbesserung ihrer CO₂-Bilanz und den Ausbau interner wie externer Recyclingprozesse erforderlich sein.

Aufgrund der sehr dynamischen Rohstoffmärkte müssen sich Unternehmen flexibler und agiler aufstellen, lautet ein Fazit der Studie. Eine adaptive Wertschöpfungskette sowie ein resilientes Strategieportfolio sind unverzichtbar für eine sichere Versorgung mit mineralischen Rohstoffen und weiterhin kalkulierbare Rohstoffpreise. ■



Dr.-Ing. Sven-Uwe Schulz
B1.1 Deutsche Rohstoffagentur, DERA

✉ Sven-Uwe.Schulz@bgr.de

40 JAHRE ROHSTOFFSITUATIONSBERICHT: DER ROHSTOFF-DATENSCHATZ DER BGR

Seit vier Jahrzehnten veröffentlicht die BGR im Rahmen ihrer Aufgaben zur Beratung von Regierung und Wirtschaft jährliche Berichte zur Rohstoff-situation in Deutschland. Der Bedarf und die heimische Versorgung mit Metallen, fossilen Energieträgern oder Baurohstoffen hat sich in diesem Zeitraum stark gewandelt.



Heimische Gewinnung von Kalkstein.

Vor dem Hintergrund einer wachsenden Weltbevölkerung, der zunehmenden Industrialisierung von Schwellenländern, einer fortschreitenden Digitalisierung und der Verkehrs- und Energiewende steigt weltweit auch der Rohstoffbedarf. Vor allem für eine nachhaltige Mobilität und Stromerzeugung werden zahlreiche mineralische Rohstoffe – insbesondere Hochtechnologiemetalle – benötigt. Zum Erreichen der Pariser Klimaziele bedarf es daher nicht zuletzt auch einer sicheren Rohstoffversorgung.

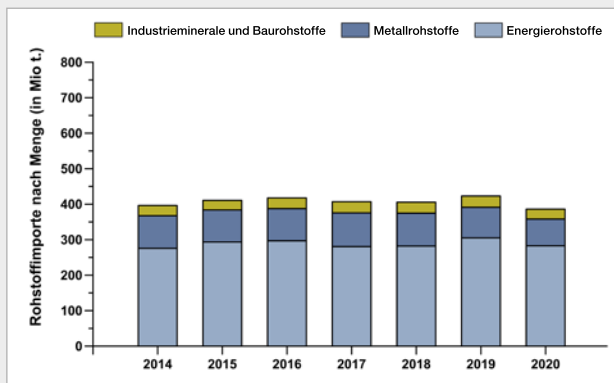
Neben Importen sind heimische mineralische Rohstoffe für die industrielle Wertschöpfung und den Erhalt unseres Wohlstands von grundlegender Bedeutung. Der von der BGR seit 1980 jährlich erstellte Bericht „Deutschland – Rohstoffsituation“ liefert wichtige Zahlen und Fakten über die deutsche Rohstoffproduktion, Im- und Exporte, Rohstoffrecycling und Preisentwicklungen. Die BGR bietet so einen Überblick auch über die aktuelle Situation auf den internationalen Rohstoffmärkten und trägt damit zur Sicherung der Rohstoffversorgung in Deutschland bei.

„Schon der allererste Jahresbericht der BGR zur Rohstoff-situation im damaligen Westdeutschland stellte vor dem Hintergrund der heimischen Rohstoffförderung und den Rohstoffimporten eine Frage, die heute wieder stark diskutiert wird“, sagt BGR-Rohstoffexperte Sören Henning: „Wie sichert Deutschland seine Rohstoffversorgung angesichts von

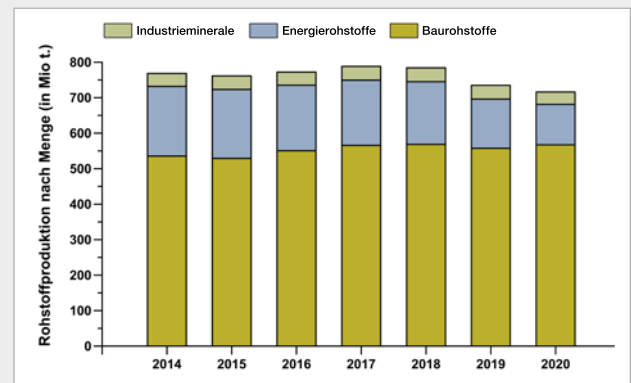
politischen Ausfallrisiken?“ Bereits damals wurde die Bedeutung von langfristigen Maßnahmen zur Diversifizierung und Regionalisierung des Rohstoffbezugs für die deutsche Wirtschaft betont. Wegen der Ölkrise standen zu Beginn der 1980er Jahre vor allem die Energierohstoffe im Mittelpunkt der Diskussion, wobei sich die Abhängigkeit von Importen seitdem noch deutlicher verstärkt hat. Nur mit Braunkohle konnte sich Deutschland damals wie heute selbst versorgen.

In den Folgejahren wurden Inhalt und Umfang des Berichts stetig erweitert. Nach der Wiedervereinigung wurden die Produktionsmengen der neuen Bundesländer zunächst separat aufgelistet, später flossen sie in die gesamtdeutsche Rohstoffförderung ein. Seit Stilllegung der letzten beiden Blei- und Zinkbergwerke Deutschlands im Jahr 1992 – der Grube „Hilfe Gottes“ im Harz und der Grube „Meggen“ im Sauerland – ist die heimische Industrie bei Metallrohstoffen – abgesehen von einer geringen Menge, die durch Recycling gewonnen wird – vollständig auf Importe angewiesen. Im Gegensatz dazu gibt es eine hohe Nachfrage der Baubranche nach heimischen Steinen und Erden, insbesondere in den neuen Bundesländern.

Wegen der starken Importabhängigkeit rückten in den frühen 1990er Jahren Themen wie die Versorgung der gerade gegründeten Europäischen Union mit Metallen und Energierohstoffen, Preisentwicklungen oder die Lage auf den



Entwicklung der Rohstoffimporte 2014–2020.



Entwicklung der heimischen Rohstoffproduktion 2014 – 2020.

internationalen Rohstoffmärkten in den Vordergrund des Berichts. Auch der heimischen Rohstoffsicherung, dem Umweltschutz oder dem Rohstoffrecycling wurde mehr Aufmerksamkeit geschenkt.

Nach der Jahrtausendwende sah sich die deutsche Industrie mit einer neuen Situation konfrontiert. Zum einen zog das globale Wirtschaftswachstum stark an, vor allem in China, und damit die Nachfrage nach Rohstoffen. Zum anderen stellten die oft risikobehafteten Investitionsentscheidungen den Bergbausektor und nachgelagerte Industriezweige vor enorme Herausforderungen. „Spätestens Mitte der 2000er Jahre war klar, dass sich die heimische Wirtschaft zukünftig wieder verstärkt mit der Versorgungssicherheit von Rohstoffen beschäftigen muss“, sagt Sören Henning.

Diese Entwicklungen führten 2010 zu einer neuen Rohstoffstrategie der Bundesregierung. Als strukturelle Maßnahme wurde die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der BGR gegründet, um die Wirtschaft in Sachen Rohstoffverfügbarkeit, Versorgungssicherheit, Rohstoffpotenziale und Rohstoffeffizienz zu beraten. Der Rohstoffsituationsbericht fokussiert seitdem noch gezielter auf aktuelle rohstoffwirtschaftliche Themen.

Grundlage für den Rohstoffsituationsbericht und die Beratung der BGR sind umfangreiche Datenreihen, u. a. vom Statistischen Bundesamt, von Rohstoffverbänden sowie nationalen und internationalen Bergbehörden und Geologischen Diensten, die im Fachinformationssystem Rohstoffe

gesammelt werden. Nach der Einstellung des vom Bundeswirtschaftsministerium veröffentlichten Hefts „Der Bergbau in der Bundesrepublik Deutschland“ 2017 ist der Rohstoffsituationsbericht die einzige systematische Informationsgrundlage für Politik und Wirtschaft zur inländischen Rohstoffversorgung.

Der Rohstoffsituationsbericht 2020 zeigt, dass Deutschland als eine der weltweit führenden Industrienationen einerseits zu den Großverbrauchern mineralischer Rohstoffe gehört, zugleich aber auch nach wie vor Bergbauland ist. Während der Bedarf an Metallen oder vielen Industriemineralen nur durch Importe gedeckt werden kann, wird ein Großteil der Baurohstoffe aus heimischen Lagerstätten gewonnen.

Neben der Entwicklung der Ein- und Ausfuhren gibt die Zusammenstellung der Außenhandelsdaten im Rohstoffsituationsbericht eine gute Übersicht über den Grad der Diversifizierung bei Im- und Exporten sowie Abhängigkeiten von einzelnen rohstoffexportierenden Ländern. Auch eine andere Entwicklung wird durch den Bericht deutlich: Mächten in der Vergangenheit noch die Energierohstoffe den Hauptanteil am Einfuhrwert aus, waren im Jahr 2020 erstmals Metalle mit gut 50 Prozent die bedeutendsten Rohstoffe. Ein Grund dafür ist der Rückgang bei Energierohstoffimporten infolge der Corona-Pandemie.

Trotz allem bildet der inländische Rohstoffabbau nach wie vor eine wichtige Grundlage für die industrielle Wertschöpfung in Deutschland. Heimischer Bergbau, der unter den höchsten Umwelt-, Naturschutz- und Sicherheitsstandards stattfindet, kann einen Teil der deutschen Rohstoffversorgung auch in Zeiten geopolitischer Konflikte und stockender Lieferketten sicherstellen. ■



Sören Henning
B1.2 Geologie der mineralischen Rohstoffe

✉ Soeren.Henning@bgr.de

WIE SICH MIT BAKTERIEN BERGBAURÜCKSTÄNDE SANIEREN UND METALLE SCHÜRFEN LASSEN

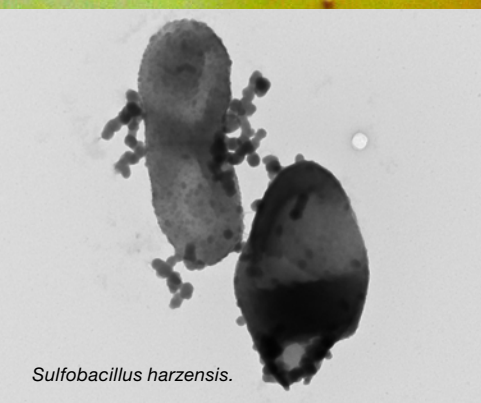
Bergbaurückstände sind oft ein Umweltrisiko, enthalten aber auch wertvolle Metalle. Die BGR erforscht, wie diese Bergbaufolgen mithilfe von Mikroorganismen saniert und als Rohstoffquelle genutzt werden können.

Weltweit lagern Milliarden Tonnen von Bergbau- und Aufbereitungsrückständen – sogenannte Tailings – auf Halden und in schlammigen Bergeteichen. In vielen Bergbauregionen beanspruchen die Rückstände aus der Erzgewinnung riesige Flächen. Die Tailings stellen eine potenzielle Gefahr für die Umwelt dar, denn die sulfidhaltigen Bergbaurückstände oxidieren durch Mikroorganismen beim Kontakt mit Luft und Wasser. Das Ergebnis sind saure, metallreiche Grubenwässer, die umfangreiche Maßnahmen u. a. zum Schutz des Grundwassers vor Kontamination erfordern.

Die Säure liebenden Mikroorganismen macht man sich beim sogenannten Biomining zunutze, bei dem unlösliche Metallverbindungen in wasserlösliche Salze umgewandelt werden. Etwa ein bis zwei Prozent der globalen Kupferproduktion basieren auf Biomining. Auch Gold, Kobalt, Nickel, Zink und sogar Uran werden zum Teil auf diese Weise gewonnen. Biomining erlaubt es nicht nur, metallische Rohstoffe direkt aus Sulfiderzen zu extrahieren, sondern eignet

sich auch für das Recycling von Elektronikschrott oder die Sanierung von Bergbaufolgen – mit doppeltem Nutzen, wie Prof. Dr. Axel Schippers von der BGR erklärt: „Indem man Mikroorganismen mittels biotechnologischer Methoden gezielt zum Auslaugen von Metallen aus Erzrückständen stimuliert, kann man wertvolle Rohstoffe gewinnen und gleichzeitig Halden und Bergeteiche sanieren.“

Der Geomikrobiologe und sein Team untersuchen, wie sich Metalle durch Biolaugung am effizientesten aus Tailings extrahieren lassen. „Diese enthalten oftmals noch erhebliche Mengen an Metallen wie Kobalt und Kupfer, Metalle der Platingruppe oder Seltene Erden, die allesamt von großem wirtschaftlichen Interesse sind“, sagt Axel Schippers. Vor allem die Digitalisierung sowie die Verkehrs- und Energiewende haben die Nachfrage nach vielen Technologiemetallen in den letzten Jahren massiv steigen lassen. Kobalt etwa steckt in den Elektroden von Lithium-Ionen-Akkus und ist damit unverzichtbar für Elektroautos, Laptops und Smartphones



Sulfolobus solfataricus.

10 mm



Biolaugungs-Experimente im Geomikrobiologie-Labor der BGR.

oder zukünftige Speicher für Strom aus erneuerbaren Energien. Allein in einem Elektroauto stecken fünf bis zehn Kilogramm des Metalls und in den nächsten Jahrzehnten sollen weltweit Hunderte Millionen davon auf die Straßen kommen.

Biomining von Bergbaurückständen ist neben der Sanierung eine Option, die Versorgung mit diesen kritischen Metallen und anderen Rohstoffen, deren Bedarf weltweit rasant zunimmt, zu diversifizieren. Eine größere Unabhängigkeit von einzelnen rohstoffexportierenden Ländern ist auch mit Blick auf die dort kritischen Arbeitsbedingungen im Bergbau und die verursachten Umweltschäden relevant, wie gerade das Beispiel der Demokratischen Republik Kongo zeigt, dem mit einem Förderanteil von gut 70 Prozent größten Kobaltproduzenten der Welt.

Forscherinnen und Forscher der BGR konnten in einer Studie nachweisen, dass sich Kobalt sowie Kupfer mittels Biomining auch aus Erzurückständen in Deutschland extrahieren lassen. Die untersuchten Proben stammten aus dem Bergeteich des ehemaligen Bergwerks Rammelsberg im Harz und wurden vom Institut für Aufbereitung, Deponietechnik und Geomechanik (IFAD) an der Technischen Universität Clausthal (TU Clausthal) zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus hat das Team um Axel Schippers in den Proben von Bergbaurückständen eine neue, Säure liebende Bakterienart entdeckt: *Sulfobacillus harzensis*.

Der Bergbau am Harzer Rammelsberg reicht weit zurück, bis in die Bronzezeit, als dort Kupfer und Silber gewonnen wurden. Ab dem 15. Jahrhundert konzentrierte sich der Abbau auf Blei, in den letzten Jahrzehnten vor der Schließung des Erzbergwerks im Jahr 1988 dazu auf Zink und Bariumsulfat. Bis zur Aufgabe der Mine wurden geschätzte 27 Millionen Tonnen Erzgestein aus dem Rammelsberg geholt. Das stillgelegte Bergwerk hat der Stadt Goslar nicht nur ein UNESCO-Weltkulturerbe hinterlassen, sondern auch einen mit Schwermetallen belasteten Bergeteich, in den die schlammigen Rückstände aus der Erzaufbereitung geleitet wurden.

Metalle gewonnen. „Mithilfe verschiedener, Säure liebender Mikroorganismen konnten wir in Bioreaktoren aus Proben vom Grund des Bergeteichs innerhalb von knapp zwei Wochen 91 Prozent des Kobalts und 57 Prozent des Kupfers extrahieren“, sagt Axel Schippers. Ähnlich gute Resultate hatten er und sein Team zuvor in Experimenten mit Proben aus Chile, Peru, Kuba und Südafrika erzielt.

Einen wesentlichen Anteil an der beachtlichen Ausbeute an Kobalt und Kupfer hatten die in den Bioreaktoren dominierenden Arten *Acidithiobacillus ferrooxidans* sowie *Acidithiobacillus thiooxidans* – also Eisen beziehungsweise Schwefel oxidierende Bakterien. Im Anschluss an das Experiment konnten die Forscherinnen und Forscher der BGR das bisher unbekannte Bakterium *Sulfobacillus harzensis* aus den Proben isolieren.

Die erfolgreiche Biolaugung in den Laborexperimenten der BGR ist nicht nur ein wichtiger Schritt bei der Entwicklung eines Verfahrens, an dem die TU Clausthal forscht, um den Rammelsberger Bergeteich zu sanieren. „Die Methode kann auch helfen, um die riesigen Mengen an sulfidischen Bergematerialien weltweit zu verwerten, die wegen eines geringeren Metallgehalts bislang wirtschaftlich uninteressant waren“, erklärt Axel Schippers. Deshalb gelte es jetzt, so der Geomikrobiologe, den Prozess weiter zu optimieren und schließlich im größeren Maßstab außerhalb des Labors zu realisieren. ■



Prof. Dr. Axel Schippers
B1.5 Geochemie der Rohstoffe

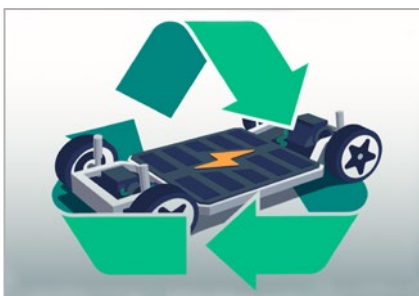
✉ Axel.Schippers@bgr.de

HEUTE SCHON AN MORGEN DENKEN: RECYCLING VON LITHIUM-IONEN-AKKUS

Bis 2050 plant die EU klimaneutral zu sein. Die Elektrifizierung des Verkehrssektors soll hierbei eine entscheidende Rolle spielen. Vor diesem Hintergrund analysiert die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der BGR in einer Kurzstudie die Recyclingkapazitäten in Europa und Deutschland und untersucht, inwiefern das Batterierecycling zur Rohstoffversorgung beitragen könnte.

Der Kampf gegen den Klimawandel bedeutet einen großflächigen Strukturwandel, insbesondere in der Energieversorgung und im Bereich Mobilität. Allein der Straßenverkehr verursacht rund ein Fünftel der Treibhausgasemissionen in der EU. Langfristig sollen deshalb in der EU u. a. in Autos keine Verbrennungsmotoren mehr verbaut werden, sondern nur noch emissionsfreie Antriebe.

Lithium-Ionen-Batterien (LIB) sind der aktuell wichtigste Batterietyp für Elektrofahrzeuge sowie für Verbraucher Elektronik oder Stromspeichersysteme. Zur Umsetzung des „Green Deals“ der EU ist eine deutliche Steigerung der LIB-Produktion nötig. Je nach Batterietyp kommen dafür Rohstoffe wie Lithium, Kobalt, Nickel und Graphit aber auch Kupfer, Aluminium und Mangan infrage. „Die Primärproduktion von Batterierohstoffen hat jedoch einen erheblichen CO₂-Fußabdruck“, erklärt Dr. Carolin Kresse von der DERA. Sie und ihr Team haben daher untersucht, welches Potenzial das Recycling von LIB hat, um den steigenden Rohstoffbedarf in Europa zu decken.



Elektroauto-
Chassis mit
Batteriezellpack.



Mit der novellierten europäischen Batterieverordnung sollen u. a. spezifische Recyclingraten für Metalle sowie die Anteile von Recyclingrohstoffen für Batterien ab einer bestimmten Kapazität festgelegt werden. Zurzeit dominieren zwei Arten von Verfahren beim Recycling von LIB, die teilweise auch kombiniert werden: Einschmelzen (Pyrolyse) sowie wässrige Trennverfahren nach einem Schredderprozess der Batteriezellen (Hydrolyse). Aufgrund unterschiedlicher physikalischer und chemischer Eigenschaften ist eine maximale Rückgewinnung aller Rohstoffe aus LIB noch nicht möglich. Daher liegt der Fokus beim Recycling auf hochpreisigen Metallen wie Kobalt, Nickel und Kupfer.

Im letzten Jahrzehnt sind in Europa mehrere Recyclinganlagen für LIB entstanden. Momentan beträgt die europaweite Recyclingkapazität etwa 100 000 Tonnen Batterien jährlich – davon entfallen knapp 50 000 Tonnen auf Deutschland. Bis 2030 könnte sich die Kapazität in der EU nach Ankündigen der Industrie auf über 380 000 Tonnen erhöhen.

Trotz wachsender Marktanteile von Elektroautos kann Batterierecycling allerdings nur einen Teil des Rohstoffbedarfs für neue Batterien decken. Zudem können die Rohstoffe Lithium, Mangan und Graphit bisher nur sehr schwer oder nicht rentabel aus alten Batterien zurückgewonnen werden. Durch technologische Fortschritte dürfte dies mittelfristig verbessert werden. Laut DERA-Studie könnte das Recycling von LIB im Jahr 2030 etwa 18 000 Tonnen Lithium und 49 000 Tonnen Kobalt liefern.

Die tatsächlichen Recyclingmengen sind jedoch von einer Reihe von Faktoren abhängig. Beispielsweise davon, welche LIB-Typen sowie andere Batteriearten sich auf Dauer am Markt durchsetzen. Ein Fokus bei der Entwicklung von LIB sollte laut der DERA-Studie auf dem „Design for Recycling“ liegen, um die Wiederverwertbarkeit von Batterierohstoffen zu maximieren. Auch gilt es sicherzustellen, dass ausgediente Batterien nach ihrem Lebensende hochwertigen Recyclingprozessen zugeführt werden. Hier könnte ein Batteriepass eine wichtige Rolle spielen.

Die Kurzstudie (erschieden in der BGR-Reihe „Commodity Top News“, Nr. 67) wurde im Rahmen des Projekts „BatMix“ als Teil des Kompetenzclusters „Recycling & Grüne Batterie“ durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. ■



Dr. Carolin Kresse
B1.1 Deutsche Rohstoffagentur, DERA

✉ Carolin.Kresse@bgr.de



Kupfer-Kobalt-Tagebau Mutanda, DR Kongo.



Wassermanagement im Kupfer-Gold-Tagebau von Batu Hijau, Indonesien.

WATER RISK FILTER: EIN NEUES TOOL ZUR RISIKOABSCHÄTZUNG IM BERGBAU

Der Abbau von Rohstoffen, die unseren Wohlstand und eine nachhaltige Transformation der Wirtschaft ermöglichen, hat nicht selten Auswirkungen auf die Ressource Wasser. Eine neue Methode der BGR hilft, Wasserrisiken im Bergbau besser einzuschätzen.

Metalle und andere Rohstoffe sind für unsere modernen Gesellschaften unverzichtbar. Ihr Abbau ist jedoch stets mit Auswirkungen auf die Umwelt verbunden. Vielerorts beeinträchtigt die Rohstoffgewinnung die Wasserverfügbarkeit und Wasserqualität. Besonders deutlich wird dies am Beispiel von Kupfer, das u. a. als Strom- und Wärmeleiter zum Einsatz kommt: Um eine Tonne Kupfererz aufzubereiten, sind im Durchschnitt 1 500 bis 3 000 Liter Wasser erforderlich. Besonders in wasserarmen Regionen wie Antofagasta in Chile, wo 64 Prozent des Wasserverbrauchs auf den Bergbau entfallen, kann dies zu Konflikten mit der lokalen Bevölkerung oder auch der Landwirtschaft führen. Eine solche Situation kann letztlich auch den Betrieb eines Bergwerks gefährden.

Eine möglichst genaue Abschätzung der Wasserrisiken im Bergbau ist daher von hoher Relevanz – nicht zuletzt auch für die betroffenen Gemeinden, die Bergbauunternehmen, zuständigen Aufsichtsbehörden sowie internationale Investoren und Rohstoffabnehmer. Vor diesem Hintergrund hat ein Team im Arbeitsbereich „Bergbau und Nachhaltigkeit“ der BGR eine Reihe von Instrumenten zur Bewertung von Wasserrisiken im Bergbau getestet. Als besonders geeignet erwies sich der Water Risk Filter der Umweltschutzorganisation WWF, der eine Abschätzung der Wasserrisiken an einem Standort aus verschiedenen Perspektiven erlaubt. Dieses Instrument wurde ursprünglich für die Bewertung von industriellen Standorten im Allgemeinen konzipiert, ohne die besonderen Herausforderungen im Bergbausektor zu berücksichtigen. Deshalb entwickelte die BGR in Abstimmung mit dem WWF im Rahmen eines Forschungsprojekts eine speziell auf den Bergbausektor zugeschnittene Methode für die Anwendung des Water Risk Filters.

Diese neue Anwendung des Water Risk Filters basiert auf einem tabellarischen Bewertungsbogen mit einem entspre-

chenden Handbuch für Nutzerinnen und Nutzer. In dem Bewertungsbogen werden mögliche lokale Risikofaktoren, aber auch Angaben zum Einsatz von Technologien oder Maßnahmen zum Wassermanagement für ein Bergwerk abgefragt und bewertet. Das Tool orientiert sich an bereits in der Industrie eingesetzten besten verfügbaren Praktiken, die u. a. in den Handreichungen des Internationalen Bergbauverbandes ICMM definiert sind.


„Eine zentrale Frage bei der Entwicklung der neuen Methode war dabei, welche Bedeutung die verschiedenen Interessengruppen einzelnen Risiken zumessen“, erklärt BGR-Geologe Dr. Philip Schütte, der an dem Projekt beteiligt war. Aus diesem Grund wurden für die Erarbeitung des Tools auch die Ergebnisse einer Online-Umfrage herangezogen, bei der Unternehmen, Investoren, staatliche Stellen sowie Expertinnen und Experten aus dem Bergbaubereich zur Bedeutung einzelner Risiken vorab befragt wurden. Ihre Angaben flossen in die Entwicklung der Bewertungsmethodik ein.

Inzwischen gibt es erste Unternehmen und staatliche Stellen aus Südamerika, die das neue Tool für Bergbauprojekte im Andenraum nutzen wollen. In Bolivien, Chile, Ecuador, Kolumbien und Peru berät die BGR im Rahmen der Technischen Zusammenarbeit bereits heute staatliche Stellen zu Fragen einer nachhaltigen Gestaltung des Bergbaus. ■



Dr. Philip Schütte
B1.2 Geologie der mineralischen Rohstoffe

✉ Philip.Schuette@bgr.de



Aktiver Schwarzer Raucher (Black Smoker) aus dem Edmond-Hydrothermalfeld im deutschen Lizenzgebiet.

METALLE AM MEERESBODEN – EINE OPTION ZUR ROHSTOFFVERSORGUNG?

Die Transformation des Energie- und Verkehrssektors benötigt große Mengen an metallischen Rohstoffen. Lagerstätten in der Tiefsee könnten einen Teil des steigenden Bedarfs decken. Die BGR erkundet im Indischen Ozean das Rohstoffpotenzial von sogenannten Massivsulfiden.

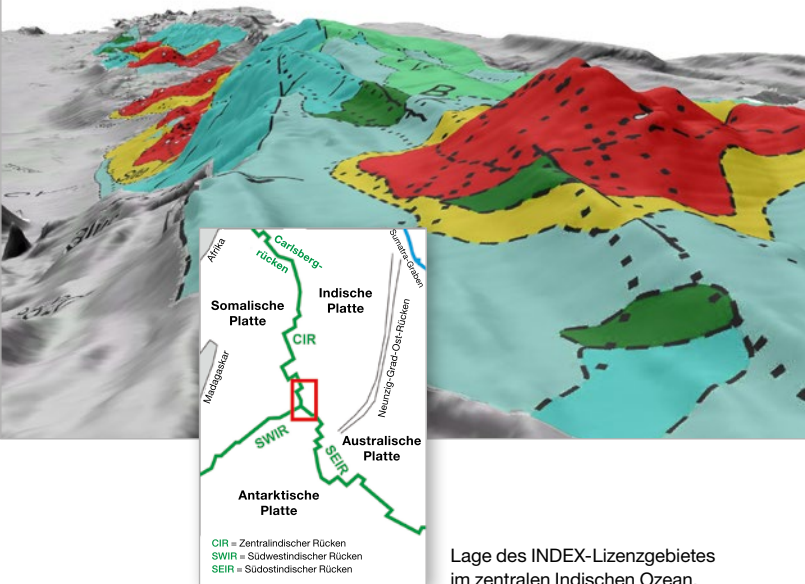
Metall- und schwefelreiche Erze in der Erdkruste, sogenannte polymetallische Sulfide, sind an Land eine wichtige Rohstoffquelle. Sie enthalten Bunt- und Spurenmetalle wie Kupfer, Zink, Silber, Nickel, Kobalt und Indium. Die Erzlagerstätten haben sich vor vielen Millionen Jahren in längst verschwundenen Ozeanen gebildet. Auch heute findet man am Meeresboden in hydrothermal aktiven Zonen große Sulfidvorkommen. Diese Massivsulfide könnten in Zukunft dazu beitragen, unseren rasant steigenden Bedarf an Hochtechnologiemetallen zu decken – etwa für die Produktion von Solarzellen, Permanentmagneten für Windräder oder Batterien für elektrische Fahrzeuge.

Vor diesem Hintergrund hat die BGR im Auftrag der Bundesregierung 2015 mit der Internationalen Meeresbodenbehörde (IMB) einen für 15 Jahre gültigen Lizenzvertrag zur Exploration von Massivsulfiden im Indischen Ozean (INDEX) unterzeichnet. Die IMB verwaltet diese Gebiete in der Hochsee als „gemeinsames Erbe der Menschheit“ und reguliert deren Erkundung und einen möglichen Abbau von Rohstoffen.

Durch die Kontrolle der internationalen Organisation soll die nötige Rechtssicherheit gewährleistet werden.

Das Projekt INDEX verfolgt zwei Ziele. Zum einen gilt es, die wirtschaftlich abbaubaren Sulfidvorkommen am Meeresboden zu lokalisieren und den gegenwärtigen Zustand der Tiefseenumwelt im deutschen Lizenzgebiet zu erfassen. Andererseits sollen im Vorfeld einer möglichen Rohstoffnutzung mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft umweltschonende Technologien zur Entnahme großer Proben vom Meeresboden entwickelt werden. Außerdem werden derzeit Methoden zur Extraktion der Metalle aus den Erzen erforscht. „INDEX ermöglicht Deutschland den Zugang zu potenziellen Rohstoffquellen und sorgt zugleich für die Etablierung hoher Umweltstandards“, sagt Dr. Thomas Kuhn, Experte für Tiefseelagerstätten in der BGR.

Die BGR unternimmt jährliche Expeditionen in das Lizenzgebiet im Indischen Ozean südöstlich von Madagaskar. Dafür werden entweder die deutschen Forschungsschiffe „Sonne“



Morphologie und geologische Interpretation des Meeresbodens im sog. Penumbra-Hydrothermalfeld. Die roten Flächen markieren ausstreichende Sulfidkörper. Der Erzkörper im Vordergrund misst ca. 200 Meter im Durchmesser bei maximal 50 Meter Höhe.

Neben der Erkundung von Sulfidvorkommen führt die BGR in Zusammenarbeit mit nationalen Forschungseinrichtungen auch umfangreiche Umweltuntersuchungen im zentralen Indischen Ozean durch. Dazu gehören ozeanografische Messungen sowie die Erfassung der Fauna in der Wassersäule und am Meeresboden. Maßgeblich beteiligt an diesen Arbeiten sind die Universität Hamburg sowie das Deutsche Zentrum für Marine Biodiversitätsforschung (DZMB) in Wilhelmshaven.

und „Maria S. Merian“ genutzt oder andere auf dem Markt verfügbare Forschungsschiffe gechartert. Zur Kartierung und Beprobung des Meeresbodens kommen verschiedene Methoden zum Einsatz, darunter hydroakustische und geophysikalische Systeme sowie ferngesteuerte Tauchroboter.

Das Lizenzgebiet erstreckt sich über eine Fläche von insgesamt 10 000 Quadratkilometern entlang des Zentralindischen und des Südostindischen Rückens. Es ist in 100 Blöcke zu je 100 Quadratkilometern aufgeteilt. Zehn Jahre nach Explorationsbeginn gehen 75 dieser Blöcke zurück an die IMB, die übrigen 25 können weiter untersucht und auf Antrag in eine Abbaulizenz überführt werden, sofern Abbauregularien mit hohen Umweltstandards vorliegen. In den ersten fünf Jahren der Vertragslaufzeit lag der Fokus der Arbeiten zunächst darauf, Sulfidvorkommen zu identifizieren und deren oberflächennahe Ausdehnung am Meeresboden zu erfassen.

In einer Wassertiefe von 2 000 bis 4 000 Metern sind die Massivsulfide stellenweise von dicken Sedimentschichten bedeckt. Andernorts treten fußballfeldgroße Ausbisse, die mehrere zehn Meter in die Tiefe reichen, offen zutage. Die Erkundung und Kartierung dieser Vorkommen ist aufgrund der gebirgigen Topografie des Meeresbodens eine besondere Herausforderung und erforderte die Anpassung existierender Technologien oder die Konstruktion völlig neuer Geräte. So hat die BGR gemeinsam mit Partnerinstituten den Kartierschlitten „Homeside“, den ferngesteuerten Video- und Sensorschlitten „Stromer“, und das elektromagnetische Messsystem „Golden Eye“ zur Exploration mariner Sulfidablagerungen entwickelt.

Mithilfe dieser modernen Erkundungstechnologien hat die BGR im Lizenzgebiet zehn bisher unbekannte Massivsulfidvorkommen entdeckt, die zusammengenommen geschätzte 38 Millionen Tonnen Erz enthalten. Die Erze sind entweder reich an Kupfer oder Zink und weisen erhöhte Anteile an Gold, Silber, Indium, Kobalt und Germanium auf. Darüber hinaus gibt es Hinweise auf zwölf weitere Sulfidlagerstätten im deutschen Lizenzgebiet, die bis zur Rückgabe der 75 Blöcke im Jahr 2026 genauer untersucht werden sollen.

Unter anderem wurden im Lizenzgebiet fünf Messketten am Meeresboden verankert, an denen Sedimentfallen und Strömungsmessgeräte befestigt sind. Über einen Zeitraum von inzwischen fünf Jahren konnten einmalige wissenschaftliche Daten aus einer wenig erforschten Region gewonnen werden. Diese helfen nicht nur der BGR den Umweltzustand zu erfassen. „Indem wir entlegene Meeresgebiete über viele Jahre erkunden, sammeln wir Daten, die für die Wissenschaft von unschätzbarem Wert sind, um das System Ozean besser zu verstehen“, sagt Geologe Thomas Kuhn.

Zur Bestimmung der Biodiversität der Tiefseefauna im deutschen Lizenzgebiet dienen neben morphologischen Untersuchungen moderne genetische und molekularbiologische Methoden. Die Ergebnisse fließen in einen internationalen Katalog der benthischen Fauna ein, den „INDEX Tree of Life“. Die Kooperation mit führenden Meeresforschungsinstituten stellt den breiten wissenschaftlichen Ansatz, eine hohe Fachkompetenz und die Unabhängigkeit bei der Erfassung und Auswertung von Umweltdaten sicher.

Die Erkundung der marinen Sulfidvorkommen im Indischen Ozean wird in den kommenden Jahren fortgesetzt. Parallel zur Exploration neuer Vorkommen wird die BGR Untersuchungen zur dreidimensionalen Ausdehnung der bekannten Lagerstätten vornehmen. Am Meeresboden sollen dazu Bohrungen mit ferngesteuerten Bohrgeräten durchgeführt werden. Das Ziel ist die Entwicklung von 3D-Modellen der Sulfidkörper für eine Bewertung der enthaltenden Erzmengen nach internationalen Standards. ■



Dr. Thomas Kuhn
B1.4 Marine Rohstofferkundung

✉ Thomas.Kuhn@bgr.de

SEISMISCHE ERKUNDUNGEN FÜR EINE MÖGLICHE CO₂-SPEICHERUNG IM UNTERGRUND DER NORDSEE

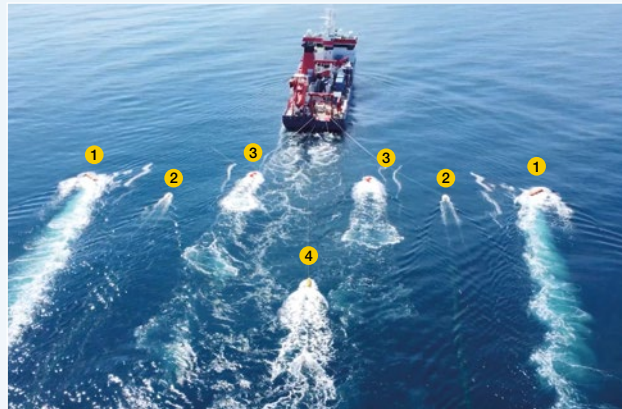
Die EU will Mitte des 21. Jahrhunderts klimaneutral sein. Um die Treibhausgasemissionen weiter zu reduzieren, soll das in der Industrie anfallende CO₂ in Gesteinsschichten gespeichert werden. Die BGR erforscht in der Nordsee, ob sich der Untergrund als CO₂-Lagerstätte eignet.

Für den Klimaschutz sollen die CO₂-Emissionen in der EU bis 2050 auf Netto-Null sinken. CCS-Technologien (Carbon Capture and Storage) gelten dabei als wichtige Werkzeuge. Beim CCS wird das bei Industrieprozessen entstehende CO₂ aufgefangen und gespeichert. Vor allem die CO₂-Speicherung in tiefen geologischen Strukturen unterhalb des Meeresbodens hat großes Potenzial und erfolgt z. B. bereits vor der Küste Norwegens.

Damit das eingelagerte CO₂ dauerhaft unterhalb des Meeresbodens verbleibt, gilt es, geeignete Speicher- und Barrieregesteine zu identifizieren. Zu diesem Zweck unternahm die BGR mit dem Schiff zwei Forschungsfahrten in der deutschen Nordsee, um mögliche Speicherstrukturen mithilfe seismischer Messungen auf ihre Eignung für eine sichere CO₂-Einlagerung hin zu untersuchen.

Mit dem GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel erhob die BGR im Herbst 2020 an Bord der „Maria S. Merian“ hochauflösende 2D-reflexionsseismische Daten aus dem Bereich des Westschleswig-Blocks. Ziel des Projekts „GeoHifi – Geophysical Investigations with High-Resolution Reflection Seismic Imaging of Barrier and Reservoir Units“ war es, die Reservoir- und Barriereformationen sowie Verwerfungen, die geologische Barrieren beeinflussen und Migrationswege für Gasfluide bilden können, zu kartieren. „Mit unserem Messansatz konnten wir die gesamte Sedimentfolge vom Meeresboden bis zur Basis des Zechsteins rund 2 500 bis 3 000 Meter unter dem Meeresboden detailliert abbilden“, erzählt BGR-Fahrtleiter Dr. Axel Ehrhardt. Anhand der Daten lässt sich nun untersuchen, inwiefern Störungen mögliche Leckagewege bilden können.

Einen weiteren Schwerpunkt des Projekts „GeoHifi“ bildete eine rund 500 Meter breite und 18 Meter tiefe Kraterstruktur am Südrand des Westschleswig-Blocks. Dieses sogenannte Figge Maar entstand 1963 bei einem unkontrollierten Gasausbruch während einer Bohrung in der Nordsee. Damals entwichen große Mengen an Stickstoff aus dem Meeresboden und hinterließen einen Krater. „Die gesammelten Daten helfen uns jetzt zu verstehen, wie es zu dem Blowout



Forschungsschiff „Maria S. Merian“ mit geschlepptem 3D-seismischen Equipment. 1: Scherbretter; 2: Kopfbojen der Messkabel (je 1 050 Meter lang); 3: Luftpulser; 4: Navigationsboje.

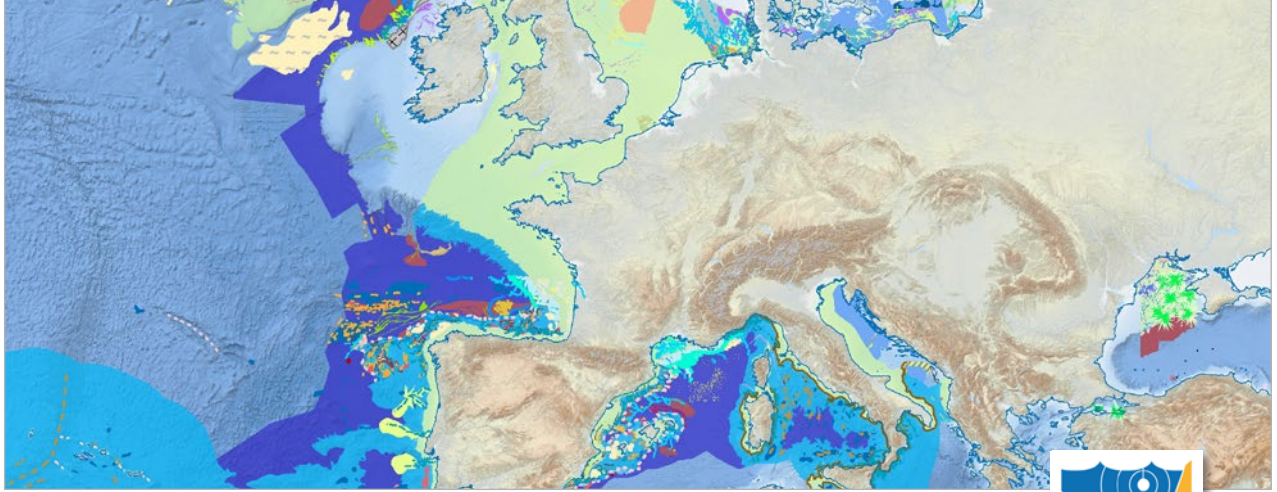
kam, ob die Bohrung eine Leckage aktivierte und welchen Weg das Gasfluid nahm“, sagt Axel Ehrhardt.

In einer zweiten Messfahrt mit der „Maria S. Merian“ führte die BGR gemeinsam mit den Universitäten Bremen und Hamburg im Frühjahr 2021 hochauflösende 3D-seismische Messungen durch. Die Untersuchungen beschäftigten sich mit Barrierehorizonten rund um einen Salzdiapir. Die Messfahrt war Teil des Projekts „GeoBaSIS-3D – Geophysikalische Untersuchungen zu Barriere-Strukturen und deren Integrität im Untergrund der deutschen Nordsee mittels 3D-Seismik“. Die Daten beider Ausfahrten fließen jetzt in das Verbundprojekt „Geostor“ ein. Dieses untersucht im Rahmen der Forschungsmission „Marine Kohlenstoffspeicher als Weg zur Dekarbonisierung“ der Deutschen Allianz für Meeresforschung mögliche Umweltrisiken der CO₂-Speicherung im tiefen Untergrund. ■



Dr. Axel Ehrhardt
B1.4 Marine Rohstofferkundung

✉ Axel.Ehrhardt@bgr.de



Ausschnitt aus der digitalen Karte der submarinen Geomorphologie für das EMODnet-Geology-Projekt.



GEMEINSAME KARTEN ZUR GEOLOGIE VON EUROPAS MEERESBÖDEN

Forschung, Wirtschaft und Behörden halten eine Vielzahl von Informationen zu Europas Meeren bereit. Doch die Daten sind häufig entweder nicht zugänglich oder für eine gemeinsame Nutzung nicht kompatibel. Im Rahmen eines EU-Projekts arbeitet die BGR an harmonisierten und frei verfügbaren Daten zur Meeresbodengeologie.

Daten zu Europas Meeren werden meist nicht in koordinierter Weise erhoben, sondern von verschiedenen Akteuren mit spezifischen Interessen. Dabei ist der Zugang zu umfassenden, hochwertigen Informationen unabdingbar, um Maßnahmen und Gesetze zum Meeresschutz zu erlassen oder die Folgen des Klimawandels abzuschätzen. Auch die Entwicklung der „Blue Economy“, der nachhaltigen Nutzung mariner Ressourcen, ist auf leicht verfügbare geowissenschaftliche Meeresdaten angewiesen.

Daher hat die Generaldirektion Maritime Angelegenheiten und Fischerei (GD MARE) der EU-Kommission 2009 die Initiative „EMODnet – European Marine Observation and Data Network“ ins Leben gerufen. EMODnet vereint mehr als 100 Organisationen, die Meeresdaten und daraus entwickelte Produkte in organisierter und standardisierter Form zusammentragen, um Wirtschaft, Wissenschaft sowie privaten Nutzerinnen und Nutzern den Zugang zu oft fragmentierten Informationen zu erleichtern. Ziel des durch GD MARE-finanzierten Konsortiums ist es, hochwertige Datensätze bereitzustellen, die miteinander kompatibel und frei zugänglich sind. Nachdem bis 2020 die nötige Infrastruktur aufgebaut wurde, befindet sich das Projekt nun in der fünften Phase.

EMODnet umfasst acht Teilprojekte zu Bathymetrie, Geologie, Physik, Chemie, Biologie, Meeresbodenhabitaten, Küstenkartierung und menschlichen Aktivitäten. Im Geologie-Vorhaben leitet die BGR das Arbeitspaket „Meeresbodengeologie“. Das BGR-Team sammelt und harmonisiert Kartendaten zur Geologie des Präquartärs und Quartärs, sowie zur Geomorphologie der europäischen Meere. Es generiert GIS-Datenlayer – etwa zu Art und Alter von Sedimenten und Gesteinen – und macht diese über das [EMODnet-Webportal](#), das hauseigene [BGR-Geoportal](#)

und das europäische Datenportal „[EGDI – European Geological Data Infrastructure](#)“ verfügbar.

„Die Harmonisierung von Geodaten der Projektpartner zu unterschiedlichen Themen erfordert gemeinsame Standards, damit die Meeresgeologie über politische Grenzen hinweg in gleicher Weise beschrieben wird“, erklärt BGR-Wissenschaftlerin Dr. Kristine Asch, Leiterin des Arbeitspakets „Meeresbodengeologie“. Für dieses Ziel hat die BGR wissenschaftliche und technische Richtlinien erarbeitet und eine standardisierte Terminologie für alle Projektpartner entwickelt.

In der aktuellen EMODnet-Phase konzentriert sich die Arbeit der BGR auf die Bereiche Quartärgeologie und Geomorphologie. Eine Herausforderung dabei ist die Erstellung einer digitalen Karte der Geomorphologie für Europas Meere, die es bisher nicht gab. Zurzeit befindet sich die Karte noch im Aufbau. Sie basiert auf den Daten aller Institutionen des Projekts und soll die untermeerischen Landschaftsformen erkennbar machen. „Solche Informationen sind nicht nur für die Forschung von Interesse, sondern auch für die Wirtschaft – etwa bei der Suche nach geeigneten Standorten für Windparks oder Kabeltrassen, für die Erkundung mineralischer Ressourcen, aber auch für den Natur- und Artenschutz und die Fischerei“, erklärt Kristine Asch. ■



Dr. Kristine Asch
B4.2 Geoinformationen,
Stratigraphie, Bibliothek

✉ Kristine.Asch@bgr.de

HYPERSPEKTRALE FERNERKUNDUNG VON BÖDEN UND ROHSTOFFVORKOMMEN

Informationen zu Bodeneigenschaften oder zur Mineralogie von Rohstoffvorkommen werden traditionell durch aufwändige Analysen punktueller Proben gewonnen. Mittels hyperspektraler Fernerkundung kann die BGR Böden und Gesteine schnell und großflächig charakterisieren.



Hyperspektraldrone der BGR.

Luft- und satellitengestützte Beobachtungen spielen eine zentrale Rolle, wenn es etwa darum geht, das Klima oder die Bio- und Geosphäre zu untersuchen und die Erde zu kartieren. Vor allem Umweltsatelliten mit immer ausgefeilteren Sensoren helfen Forscherinnen und Forschern, das Erdsystem, relevante physikalische, chemische und geologische Prozesse sowie die Folgen menschlicher Eingriffe besser zu verstehen.

Einen weiteren Beitrag hierzu soll der im April 2022 gestartete erste deutsche Hyperspektral-Satellit EnMAP („Environmental Mapping and Analysis Program“) leisten, dessen Daten auch von der BGR genutzt werden. An Bord des Satelliten befindet sich ein Hyperspektralsensor, der von der Erde ins Weltall reflektiertes Sonnenlicht misst. Über 200 spektrale Kanäle erfassen einen großen Bereich des elektromagnetischen Spektrums und erzeugen so ein Bild der Erdoberfläche mit hoher räumlicher (30 Meter pro Bildpunkt) und spektraler Auflösung. Mit jedem Bildpunkt wird ein Reflexionsspektrum gemessen, mit dem sich Farbunterschiede darstellen lassen, insbesondere auch im für das menschliche Auge unsichtbaren Bereich. Mit diesen Reflexionsspektren können Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Aussagen über die stoffliche Zusammensetzung von Oberflächen treffen. Damit können Rückschlüsse auf den Zustand und die Zusammensetzung von Gesteinen,

Böden oder Gewässern und speziell auch von mineralischen Lagerstätten und Rohstoffvorkommen gezogen werden.

Welche Informationen sich aus Fernerkundungsdaten gewinnen lassen, hängt von den eingesetzten Erdbeobachtungssensoren ab, die entweder satelliten-, luft- oder bodengestützt sein können. Auf diese Weise wird die Darstellung unterschiedlicher räumlicher Auflösungen an der Erdoberfläche sowohl im lokalen als auch im globalen Maßstab möglich. Die Fernerkundung der BGR nutzt neben externen Satelliten- und Flugzeugdaten auch selbst erhobene Informationen. Diese generiert die BGR mithilfe eigener Plattformen, die mit Hyperspektralsensoren ausgerüstet sind. Dazu gehören der BGR-Hubschrauber, Drohnen sowie mobile Systeme direkt am Boden, sogenannte Geländespektrometer. „Mit den verschiedenen Systemen decken wir eine große Bandbreite bei der Erdbeobachtung ab. Die Verwendung unterschiedlicher Skalen ermöglicht eine Darstellung von Oberflächen im Bereich von wenigen Zentimetern bis hin zu mehreren Zehnermetern“, sagt Fernerkundungs-Experte Dr. Martin Schodlok von der BGR.

Zur Auswertung von Hyperspektraldaten nutzen er und sein Team unterschiedliche Methoden, zu denen Spektralanalysen, die Klassifizierung mithilfe von Referenzspektralen sowie Machine-Learning-Algorithmen gehören. „Wir extra-



Spektrale Messungen am Gesteinsaufschluss mit BGR-Systemen (links). Einsatz eines Geländespektrometers zur punktuellen Messung lithologischer Einheiten (rechts).

hieren aus den erfassten Bereichen flächenhafte Informationen – etwa über die Mineralogie oder Bodeneigenschaften – und bringen diese mit weiteren Geodaten in einen größeren räumlichen Kontext“, erklärt Martin Schodlok. Die BGR nutzt Hyperspektralmessungen z. B. auch bei der Erkundung von Rohstoffvorkommen. Dafür wird der Datensatz mit Blick auf spezifische Spektralmerkmale ausgewertet, die auf bestimmte Minerale hinweisen. Auf diese Weise lassen sich potenzielle Lagerstätten spektral charakterisieren und ihre Ausdehnung beschreiben.

Ein Beispiel für den Einsatz von Hyperspektralanalysen ist ein BGR-Projekt zur Charakterisierung der Massivsulfidlagerstätte Los Frailes in Spanien. Hier wurden mineralogische Veränderungen – sogenannte Alterationen – untersucht, die spezifisch für Massivsulfidvorkommen sind. Bei der Kartierung des Vorkommens in Spanien setzten die Forscherinnen und Forscher auf Hyperspektralmessungen, die unterschiedliche Skalen berücksichtigen. So wurde ein Gesteinsbohrkern mit einem Punktspektrometer detailliert untersucht. Anhand der gewonnenen Daten konnte eine klare Abfolge der unterschiedlichen Minerale, die den Erzkörper umgeben, detektiert werden. Deutlich konnten die Minerale Chlorit und Muskovit identifiziert und ihre chemische Zusammensetzung durch die Spektraluntersuchung abgeleitet werden. Dabei stellte sich heraus, dass sich auf der einen Seite des Erzkörpers eisenreicher Muskovit und auf der gegenüberliegenden Seite eisenreicher Chlorit angereichert hatte – eindeutige Indikatoren für die Alteration. Dieses Muster spiegelte sich auch in einer zweiten Untersuchung wieder, bei der das BGR-Team den Erzkörper in der offenen Mine mit einer Hyperspektralkamera vermessen hatte. „Die Kombination aus hochaufgelösten Bohrkerndaten und der großflächigen Hyperspektralaufnahme ermöglichte es uns, eine Karte der für die Alteration relevanten Minerale zu erstellen und die Mineralisierungszone genau zu lokalisieren“, so Martin Schodlok.

Ähnlich erfolgreich war die Erkundung mineralischer Rohstoffvorkommen mithilfe von Hyperspektralanalysen im Rahmen eines Projekts zur Vorbereitung auf den Einsatz des EnMAP-Satelliten. Zunächst hatte die BGR per Flug-

zeug Hyperspektralmessungen von der Blei-Zink-Mine Gamsberg in Südafrika mit einer Bodenauflösung von 2,5 Metern pro Bildpunkt durchgeführt. Anschließend wurden in Kooperation mit dem Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ die Bilddaten auf die 30 Meter-Pixelauflösung des EnMAP-Satelliten hochgerechnet, um so eine Fernerkundung aus dem Weltraum zu simulieren. In beiden Datensätzen konnte die charakteristische Eisen-Anomalie entlang der Gamsberg-Mineralisierungszone identifiziert werden. Zusätzlich wurde das Hämatit als dominierendes Mineral innerhalb der Eisen-Anomalie nachgewiesen. Damit gelang es, einen geeigneten Indikator für die Mineralisierung dieser Lagerstätte zu identifizieren.

Auch in der Bodenkunde kommt die Hyperspektralanalytik zur Anwendung. Im Projekt „ReCharBo – Regionale Charakterisierung von Bodenparametern“ bestimmt die BGR so unterschiedliche Bodenparameter. Dazu gehören organische Kohlenstoffgehalte, die Mineralzusammensetzung und die Kornfraktion. Hierzu werden an ausgewählten Orten in Deutschland und Südeuropa Hyperspektraldaten mithilfe von Drohnen, Flugzeugen und Satelliten gewonnen. Gerade die Satellitendaten ermöglichen eine rasche, flächendeckende Kartierung von Bodeneigenschaften im regionalen Maßstab. Ergänzt werden die Messungen am Boden und im Labor. Ziel des Projekts ist es, besser zu verstehen, inwieweit sich Böden auf den unterschiedlichen räumlichen Skalen unterscheiden und flächenhaft charakterisieren lassen. „Die BGR erweitert in der Fernerkundung ständig ihre Expertise. Auf diese Weise leistet sie auch einen wichtigen Beitrag zum Schutz und zur optimierten Nutzung von Böden für die Nahrungsproduktion“, sagt Martin Schodlok. ■



Dr. Martin Schodlok
B4.4 Gefährdungsanalysen,
Fernerkundung

✉ Martin.Schodlok@bgr.de

KLIMAWANDEL IM BODEN: BGR HILFT BEI DER VERBESSERUNG DES BODENFEUCHTEMONITORS

Böden sind unverzichtbar für eine produktive Landwirtschaft. Der Klimawandel verändert den Wasserhaushalt des Bodens. Die BGR unterstützt den Deutschen Wetterdienst (DWD) bei der Weiterentwicklung eines Kartentools zur Überwachung der Bodenfeuchte.

Böden erfüllen eine Vielzahl wichtiger Funktionen für Mensch und Natur: Sie recyceln organische Verbindungen und liefern Nährstoffe für Feldfrüchte, speichern Kohlenstoff und tragen zur Artenvielfalt bei, klären Sickerwasser und schützen vor Überschwemmungen. Durch den Klimawandel kann es jedoch zu einer Beeinträchtigung dieser essentiellen Bodenfunktionen kommen. Das betrifft sowohl die Funktion der Böden in natürlichen Ökosystemen als auch die langfristige Nutzbarkeit von bewirtschafteten Böden.

Gleichzeitig bestehen komplexe Wechselbeziehungen zwischen Böden und Biosphäre. Nicht nur der Klimawandel beeinflusst die Bodenfunktionen, sondern diese umgekehrt auch das Klima. So dienen Böden z. B. als Wasserspeicher für Pflanzen. Durch Verdunstung über die Vegetation wird Wasser in Wasserdampf umgewandelt und der Luft Energie entzogen. Auf diese Weise übernehmen Böden eine Kühlfunktion in der unteren Atmosphäre. Angesichts der sich verändernden klimatischen Bedingungen spielt der Bodenwasserhaushalt eine entscheidende Rolle für die Leistungsfähigkeit und den Zustand von Ökosystemen.

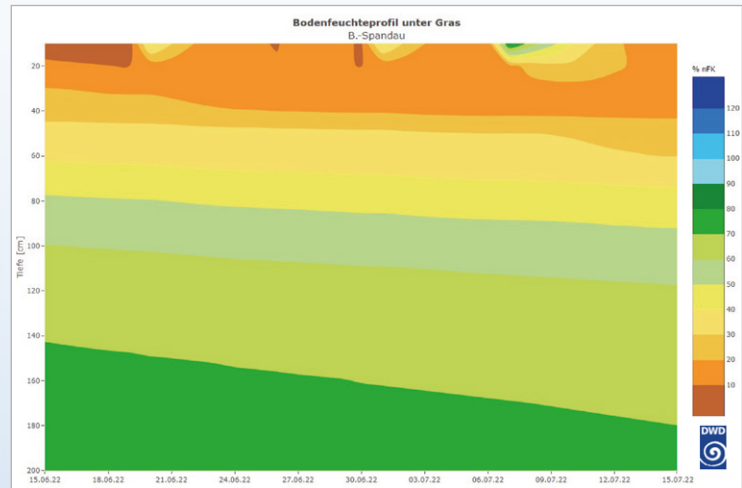
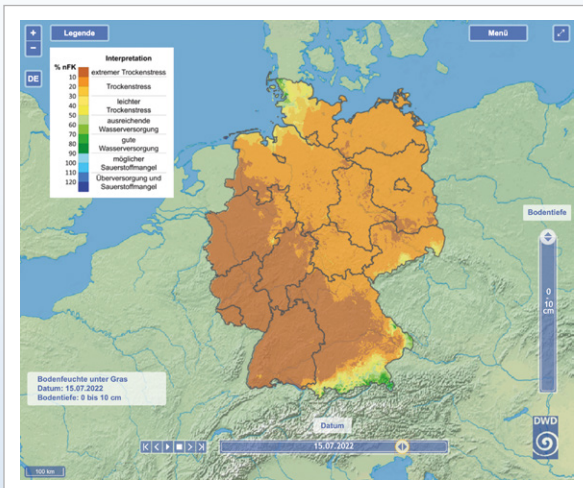
Eine wichtige Kenngröße des Bodenwasserhaushalts ist die Feldkapazität. Sie gibt an, welche Wassermenge vom Boden gegen die Schwerkraft gehalten wird. Die sogenannte nutzbare Feldkapazität ist vor allem für die Landwirtschaft von Relevanz, denn sie bestimmt maßgeblich, wie viel Wasser Pflanzen auf Äckern zur Verfügung steht. „Insbesondere nach Starkregenfällen sowie nach Trocken- und Dürrephasen ist es wichtig zu wissen, wie die Wassersituation im Boden aussieht“, sagt BGR-Bodenexpertin Sina Hesse.

Das Zentrum für Agrarmeteorologische Forschung (ZAMF) des Deutschen Wetterdienstes stellt mit dem Bodenfeuchtemonitor ein Tool bereit, das nicht nur Landwirtinnen und Landwirten erlaubt, den Wasserhaushalt der Böden in ihrer Region tagesaktuell zu überwachen und zu bewerten. Die interaktive Kartenanwendung liefert deutschlandweit flächendeckende Informationen zur Bodenfeuchte bis in zwei Meter Tiefe und bis zu einem Jahr zurückreichend für die Kulturpflanzen Gras, Mais und Winterweizen. Die Werte werden vom DWD mithilfe eines agrarmeteorologischen Modells erzeugt, in das klimatische sowie verschiedene bodenkundliche Daten einfließen. Der Bodenfeuchtemonitor bietet nicht nur einen Überblick über die derzeitige Wassersituation im Boden und ihre Entwicklung in der jüngeren Vergangenheit. Er ermöglicht es auch, Bodenfeuchteprofile für die letzten 30 Tage zu erzeugen.

Gegenwärtig arbeitet der DWD an einer Weiterentwicklung des Kartentools. In Zukunft soll eine differenzierte Modellierung der Bodenfeuchte für die Hauptnutzungsarten der Böden in Deutschland als Ackerflächen, Grünland und Wälder erfolgen. Für die Berechnungen werden entsprechend spezifische Bodeninformationen herangezogen. Bei der Auswahl von geeigneten Bodenprofilen für die jeweilige Nutzungsart greift der DWD auf die Expertise der BGR zurück. „Böden weisen charakteristische Tiefenprofile und eine bestimmte Schichtenabfolge auf. Diese haben einen wesentlichen Einfluss auf den Wasserhaushalt“, erklärt Sina Hesse.

Die aktuelle Version des Bodenfeuchtemonitors verwendet eine bodenkundliche Übersichtskarte der BGR im Maßstab

Traktor mit Grubber auf einer Ackerfläche in Brandenburg während der Dürreperiode im Sommer 2022.



Bodenfeuchteviewer des DWD, Darstellung der Bodenfeuchte unter Gras vom 15.07.2022 in 0 bis 10 cm Tiefe (links). Bodenfeuchteprofil unter Gras von 0 bis 200 cm Tiefe im Zeitraum 15.06. bis 15.07.2022 in Berlin-Spandau (rechts). Quelle: Deutscher Wetterdienst.

1 : 1 000 000. Bei der nächsten Version soll eine überarbeitete Übersichtskarte als Grundlage dienen, die eine Präzisierung der bodenkundlichen Parameter der wichtigsten Nutzungsarten beinhaltet. Die Landnutzungsdaten, die für die Erstellung dieser Karte herangezogen wurden, stammen aus einem Projekt des europäischen Erdbeobachtungsprogramms Copernicus zur Landbedeckung und unterscheiden 14 Landnutzungsklassen.

Im Rahmen dieses Projekts wurden Leitböden für verschiedene Flächentypen bestimmt, um die Nutzung der Böden in Deutschland – aufgeschlüsselt nach Acker, Grünland und Wald – in den Karten zu kennzeichnen. Zudem wurden die unterschiedlichen Bodenareale anhand ihrer Bodenprofile charakterisiert. Dies erfolgte in enger Kooperation mit den Staatlichen Geologischen Diensten (SGD) der Bundesländer.

Dank der aktualisierten Datengrundlage ist nun eine wesentlich zuverlässigere Berechnung der Bodenfeuchte mithilfe des agrarmeteorologischen Modells des DWD möglich. Die BGR hat dem DWD neben einer Übersichtskarte auch Potenzialkarten bereitgestellt, in denen für das gesamte Bundesgebiet jeweils für die drei Hauptnutzungsarten die Böden modelliert und entsprechende Tiefenprofile generiert wurden. Als bodenkundliche Eingangsdaten dienten hierbei Informationen zum Sand-, Schluff- und Tongehalt, zu den Grobbodenanteilen, dem Humusgehalt und der Dichte der Böden sowie der Feldkapazität.

Die BGR verwendet Bodenfeuchtedaten aus der jüngeren Vergangenheit für unterschiedliche Studien. Im BGR-Projekt „BoBiKa – Referenzwerte für die Bodenbiodiversität in Deutschland“ wurden für das gesamte Bundesgebiet auf Basis von Tierfunden in Böden und bodenkundlichen Flächendaten Referenzwerte ermittelt und eine Karte der potenziellen Bodentiergemeinschaften erstellt. „Deren Zusammensetzung und Verbreitung wird in hohem Maße durch den Jahresgang der Bodenfeuchte beeinflusst“, sagt Sina Hesse, „Folglich leisten die Modelldaten des DWD auch einen wichtigen Beitrag zur Bewertung der Bodenbiodiversität.“

Die BGR plant, in Zusammenarbeit mit dem DWD, in naher Zukunft das sogenannte TUB-BGR-Verfahren zur Ermittlung bundesweiter Sickerwasserraten weiterzuentwickeln. Dieses Verfahren erlaubt es – unter Berücksichtigung des Oberflächenabflusses und des Aufstiegs von Kapillarwasser innerhalb des Bodens –, für großflächige Areale die mittlere Sickerwasserhöhe zu ermitteln – differenziert nach Nutzung als Acker- und Grünland sowie Laub- und Nadelwald.

Allerdings ist das Verfahren bislang nur für die klimatischen Bedingungen der Referenzperiode 1961 bis 1990 validiert. Für die verlässliche Berechnung von Sickerwasserraten ab 1990 und für eine Abschätzung der Entwicklung in der Zukunft muss das Verfahren an die sich wandelnden klimatischen Bedingungen angepasst werden. Dazu können u. a. die Ergebnisse aus dem Bodenfeuchtemonitor des DWD beitragen. ■



Sina Hesse
B2.2 Informationsgrundlagen
Grundwasser und Boden

✉ Sina.Hesse@bgr.de

LITHIUMGEWINNUNG AUS HYDROTHERMALEN FLUIDEN

Die Energie- und die Mobilitätswende erfordern große Mengen an Lithium. Die BGR erforscht die Extraktion des wertvollen Rohstoffs aus heißen, geothermalen Fluiden in Deutschland.

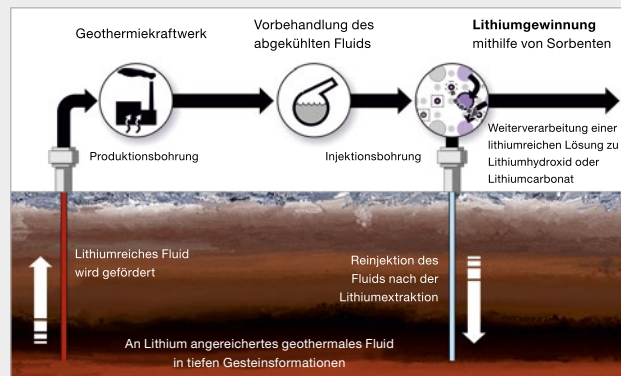
Der weltweite Bedarf an Lithium als Batterierohstoff wächst rasant. Lithium-Ionen-Akkus spielen eine wichtige Rolle für die Elektrifizierung von Industrie und Verkehr im Zuge der Energiewende. Die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der BGR erwartet, dass sich die globale Lithiumnachfrage bis 2025 mindestens verdoppelt und warnt vor einer Verknappung am Weltmarkt sowie langfristig steigenden Lithiumpreisen. Für Deutschland schätzt sie den Bedarf auf 168 000 Tonnen im Jahr 2030, insbesondere für den Ausbau der Elektromobilität.

Deutschland ist bei Lithium derzeit vollständig von Importen abhängig. Der globale Marktführer Australien gewinnt den Rohstoff in konventionellem Erzbergbau unter hohem Energieaufwand. Die Weiterverarbeitung erfolgt überwiegend in China. Bedeutende Vorkommen gibt es zudem in riesigen Salzpflanzen in Chile, Bolivien und Argentinien. Dort pumpt man salziges Grundwasser in überirdische Becken und lässt es verdunsten. Zurück bleiben Salze mit hohem Lithiumgehalt.

Im Verbundprojekt „Li+Fluids – Nutzungspotenziale von hydrothermalen Fluiden zur Gewinnung von Lithium“ untersuchen Fachleute verschiedener Disziplinen unter Leitung der BGR erstmals, welchen Beitrag eine nationale Lithiumgewinnung aus heißen Tiefenwässern leisten könnte. Diese könnte nicht nur die Abhängigkeit von importiertem Lithium verringern, sondern wäre womöglich auch deutlich nachhaltiger. Vor allem gegenüber der konventionellen, energieintensiven Förderung in Australien besteht ein erhebliches CO₂-Einsparpotenzial.

An dem Projekt „Li+Fluids“ sind neben der BGR die Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie (IEG), das Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT) sowie die DERA beteiligt. „Gemeinsam erforschen wir die wichtigsten Fragen zur Entwicklung einer Strategie zur Lithiumgewinnung als Nebenprodukt der Energie- und Wärmegewinnung durch Geothermie in Deutschland“, erklärt BGR-Wissenschaftler Dr. André Stechern.

In mehreren deutschen Regionen wurden wirtschaftlich interessante Lithiumkonzentrationen in Thermalwässern nachgewiesen, darunter im Norddeutschen Becken und im Oberrheingraben. Erhöhte Lithiumgehalte vermutet man zudem im Thüringer Becken. Für alle Geothermiegebiete



Prinzip einer geothermischen Dublette mit gekoppelter Extraktion von Lithium aus Tiefenwässern.

werden Steckbriefe mit den wesentlichen Daten zur Lithiumgewinnung erstellt. Dazu erfolgen geowissenschaftliche und verfahrenstechnische Analysen der Rohstoffvorkommen. Die Ergebnisse von Li⁺Fluids sollen als Entscheidungshilfe dienen für die Planung und den Ausbau von Geothermestandorten, die Strom, Wärme und Lithium liefern.

Bisher stand der Oberrheingraben im Fokus einer möglichen heimischen Lithiumgewinnung. Da sich die Lithiumextraktion aber je nach Standort unterscheidet, müssen existierende Verfahren erst auf ihre Eignung für andere Regionen hin überprüft werden. Die BGR nutzt die Forschungsbohrung Horstberg, wo thermale Fluide mit hohem Lithiumgehalt gefördert werden können, um erstmals Extraktionsverfahren für das Norddeutsche Becken zu testen.

Einen anderen Aspekt sollen Laborversuche beleuchten. In ihnen sollen die geochemischen Interaktionen von Fluiden und Gesteinen untersucht werden, denn entscheidend für den wirtschaftlichen Erfolg einer an Geothermie gekoppelten Lithiumgewinnung ist die Frage, wie stark sich heiße Fluide mit Lithium anreichern, wenn sie nach der Extraktion des Rohstoffs wieder in die Tiefe geleitet werden. ■



Dr. André Stechern
B3.1 Nutzungspotenziale des geologischen Untergrundes

✉ Andre.Stechern@bgr.de



Die Beregnungsanlage zum Aufbringen von markiertem Stickstoff (links) wird im Feld eingestellt (rechts).

Bohrung zur Untersuchung der Eisensulfid-Gehalte.

DIE UMWANDLUNG VON NITRAT IN BODEN UND GRUNDWASSER

Durch übermäßigen Düngemiteleinsetz in der Landwirtschaft sind viele Böden und Grundwasserkörper in Deutschland mit Stickstoff belastet. Die BGR untersucht am Beispiel der Umwandlung von Nitrat-Stickstoff im Untergrund, welche Auswirkungen das auf unser Trinkwasser hat.

Durch konventionelle Landwirtschaft können Böden mit Schadstoffen, wie Pestiziden, belastet sein. Auch zu große Mengen an stickstoffhaltigen Nährstoffen beeinträchtigen vielerorts die Qualität von Flüssen, Seen und Grundwasserspeichern, die fast 70 Prozent unseres Trinkwassers liefern.

Welche Auswirkungen das haben kann, ist Gegenstand von Untersuchungen der BGR. Dort beschäftigen sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit der Frage, inwieweit Stoffe im Boden gespeichert oder auch abgebaut und ausgewaschen werden. „Eintrag und Verbleib von Stoffen im Boden hängen von mehreren Faktoren ab, wie beispielsweise vom pH-Wert, dem Sauerstoffgehalt oder von mikrobieller Aktivität“, sagt Dr. Florian Stange, Boden-Experte der BGR.

Nitrat wird im Grundwasser vieler norddeutscher Gebiete, in denen Trinkwasser gewonnen wird, von Bakterien durch die Reaktion mit Eisensulfiden im Grundwasserkörper abgebaut. Bei dieser Reaktion – der Denitrifikation – wird Sulfat gebildet. „Wir beobachten im Augenblick in vielen Grundwasserleitern den Abbau von Nitrat und die Bildung von Sulfat in einem sehr schmalen Tiefenbereich“, erläutert Dr. Georg Houben, Grundwasser-Experte bei der BGR. „Eine Verlagerung der bisherigen Reaktionsfront in die Tiefe der Brunnen infolge eines vermehrten Nitratreintrags würde langfristig zu einer Überschreitung der Nitratgrenzwerte im Trinkwasser führen“, so Georg Houben.

Im Rahmen des Projekts „VaRea – Zeitliche und räumliche Variabilität von Reaktionsfronten in der Critical Zone“ hat die BGR untersucht, wie schnell insbesondere Nitrat im Untergrund umgewandelt wird. Ziel war es, die Stickstoffumwandlung im Boden, die Verlagerung der Reaktionsfront und die Nitratbelastung des Grundwassers anhand von Computermodellen besser abschätzen zu können. Für das Projekt wurden zwei Regionen ausgewählt: das Fuhrberger Feld, das einen Großteil des Trinkwassers für den Raum Hannover liefert, und das Bourtanger Moor im

Emsland. In beiden Gebieten führte das Forschungsteam der BGR an Grundwassermessstellen chemische Analysen durch und verglich diese mit 20 Jahre alten Messwerten, um zu bestimmen, wie schnell sich die Nitrat-Sulfat-Reaktionsfront verlagert.

Ein zweiter Fokus des Projekts lag auf der Bestimmung der räumlichen Verteilung der Nitratproduktion im Boden, um die Ergebnisse der Messungen auf das gesamte Einzugsgebiet eines Trinkwasserbrunnens übertragen zu können. Dazu brachte das BGR-Forschungsteam mithilfe einer Beregnungsanlage isotopisch markierte Stickstoffmoleküle auf Untersuchungsfeldern aus. Anhand von anschließend genommenen Bodenproben konnten die komplexen Reaktionen bei der Stickstoffumwandlung bestimmt werden.

„Wir haben beobachtet, dass bei höheren Bodentemperaturen und stickstoffreicherem Humus die Umwandlungsraten von Stickstoff steigen“, sagt Florian Stange. Die Erkenntnisse aus dem Projekt erlauben es zukünftig, den Nitratreintrag ins Grundwasser noch genauer zu modellieren. ■



Dr. Florian Stange
B2.4 Boden als Ressource –
Stoffeigenschaften und Dynamik

✉ Florian.Stange@bgr.de



Dr. Georg Houben
B2.3 Grundwasserressourcen –
Beschaffenheit und Dynamik

✉ Georg.Houben@bgr.de

DRUCKWELLEN DES UNTERSEEVULKANS VOR TONGA UMRUNDEN DEN GLOBUS

Anfang 2022 brach im Südpazifik ein Unterseevulkan aus. Es war die gewaltigste Eruption, die Satelliten und andere digitale Messinstrumente je erfasst haben. Vom Bayerischen Wald bis zur Antarktis registrierten Infraschall-Anlagen der BGR, wie die Druckwelle um den Globus wanderte.

Am 15. Januar 2022 kam es im Südpazifik im polynesischen Inselstaat Tonga zu einer der heftigsten Eruptionen, die jemals gemessen wurden: Der Unterseevulkan Hunga, welcher bis dato nur durch die Inseln Hunga Tonga und Hunga Ha'apai am Rand einer submarinen Caldera sichtbar war, regte atmosphärische Wellen an, die seit Beginn der digitalen Erdbeobachtung in dieser Stärke nie zuvor erfasst worden waren. Auch die Messstellen der internationalen Organisation für die Überwachung des Kernwaffenteststopps (CTBTO) registrierten diese Wellen. Analysen der Infraschall-Daten dieses Überwachungsnetzes, zu dem auch Stationen der BGR gehören, ergaben, dass sie den Globus bis zu sieben Mal umrundeten.

Der Krater des Unterseevulkans hatte sich in den Jahren 2014 und 2015 erstmals zwischen den Hunga-Inseln aus dem Pazifik erhoben und diese allmählich verbunden. Eine weitere Phase erhöhter vulkanischer Aktivität begann am 19. Dezember 2021. Sie spielte sich hauptsächlich über der Wasseroberfläche ab, also in der Atmosphäre, wie Forscherinnen und Forscher aus den Infraschall-Daten der nächstgelegenen Station im CTBTO-Überwachungsnetz

rekonstruieren konnten. Hydroakustische Signale, die bei unterseeischer Aktivität sonst zu erwarten sind, wurden hingegen kaum detektiert.

Nach einer zehntägigen Ruhepause gab es am 13. Januar 2022 wieder stärkere Eruptionen, die zunehmend von hydroakustischen Signalen begleitet wurden, bevor der Vulkan am nächsten Tag abermals verstummte. Zu dem Zeitpunkt ragten nur noch die beiden Hunga-Inseln aus dem Meer. Der Vulkankrater hatte sich infolge der Eruptionen bis knapp unter die Wasseroberfläche zurückgezogen. Am 15. Januar gegen 04:15 Uhr Weltzeit wurde schließlich das gewaltigste Ereignis registriert, begleitet von etlichen kleineren Eruptionen und Explosionen, die teils auf den Nachbarinseln zu hören waren. „Schon wenige Tage nach dem Ausbruch war klar, dass es sich um ein rekordverdächtiges Ereignis handelte“, erzählt BGR-Forscher Dr. Patrick Hupe. Die Aschewolke erreichte nach Auswertung von Satellitenbildern eine Höhe von über 50 Kilometern und übertraf damit die Rauchsäule während der Eruption des Pinatubo auf den Philippinen im Jahr 1991 um gut 15 Kilometer.

Aufnahme des Satelliten GOES-17 der National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) am 15. Januar 2022 kurz nach der stärksten Eruption. Die Aschewolke hatte einen Durchmesser von rund 500 Kilometern.



Oben: Der Hunga-Vulkan vor der letzten eruptiven Phase im Dezember 2021 (18.12.2021). Unten: Die Überbleibsel der Hunga-Inseln nach dem Höhepunkt der eruptiven Phase (17.01.2022).

Fast 400 000 Blitze wurden in der Region binnen sechs Stunden detektiert. Zum Vergleich: Nach dem Ausbruch des Anak Krakatau in Indonesien 2018 registrierten die Messnetze innerhalb von einer Woche „nur“ rund 340 000 Blitze. Die Druckwelle des explosiven Ereignisses breitete sich nahezu mit Schallgeschwindigkeit aus und ließ in den folgenden 18 Stunden weltweit Barometer und sogar Smartphones mit Luftdrucksensoren um mehrere Hektopascal ausschlagen. Sie verursachte rund um den Globus – u. a. im Mittelmeer – sogenannte Meteotsunamis, die durch die Interaktion der Luftdruckwelle mit dem Ozean entstanden. „Meteotsunamis sind normalerweise lokale Phänomene. In diesem Fall jedoch eilten die so ausgelösten Flutwellen dem Tsunami im Pazifik voraus“, erklärt Patrick Hupe.

Aufgrund der Wucht der Eruption überrascht es nicht, dass sich Forscherinnen und Forscher weltweit mit dem Ereignis befassten und zeitnah erste Publikationen dazu erschienen. Auch die BGR, die als Nationales Datenzentrum vier der über 300 Messstationen des CTBTO-Netzwerks betreibt, war an zwei frühen Veröffentlichungen im Fachmagazin „*Science*“ und in „*Earth and Planetary Science Letters*“ beteiligt. Darin wurden die Ereignisse rund um den Ausbruch anhand globaler Messdaten rekonstruiert und mit anderen schweren Vulkanausbrüchen verglichen. In einer weiteren Studie unter der Federführung des BGR-Fachbereichs „Erdbebendienst, Kernwaffenteststopp“ wurde analysiert, wie sich solche gewaltigen Eruptionen von Kernwaffentests unterscheiden lassen.

Die dominanteste der angeregten atmosphärischen Wellen war eine sogenannte Lamb-Welle, eine Druckwelle mit einer langen Periode – in diesem Fall von etwa 30 Minuten –, die fast Schallgeschwindigkeit erreichte. Nach knapp neun Stunden passierte diese erstmals die von der BGR betriebene Infraschall-Messanlage an der Neumayer-Station III in der Antarktis – 9 800 Kilometer vom Eruptionsort entfernt. Fast exakt 18 Stunden später passierte sie die Station erneut, diesmal aus der entgegengesetzten Richtung. Nach einer weiteren

vollen Erdumrundung war sie noch einmal deutlich in den Luftdruck-Messwerten zu erkennen.

In den Infraschall-Daten wurde sogar noch ihre fünfte Ankunft verzeichnet, nach über zwei vollen Erdumläufen. Auch die BGR-Anlage im Bayerischen Wald detektierte die Welle. An drei der 53 Infraschall-Stationen des CTBTO-Messnetzes wurden sogar Signale registriert, die auf ganze sieben Erdumläufe hindeuteten. „Die Eruption des Unterseevulkans war zudem das erste Ereignis, das an allen Infraschall-Stationen im CTBTO-Netzwerk nachgewiesen wurde“, so Patrick Hupe.

Mit weiteren Methoden, die auch bei vermuteten Kernwaffentests eingesetzt werden, konnte der Ausbruch im Pazifik genauer charakterisiert werden. Messinstrumente der BGR registrierten die sich in der Erdkruste ausbreitenden seismischen Wellen auch in Deutschland. Zwischen 04:00 und 04:20 Uhr Weltzeit waren es allein drei seismische Ereignisse mit Magnituden bis 6,2. Weitere Daten, auf die die BGR über das CTBTO-Netzwerk Zugriff hat, deuten neben dem explosionsartigen Ereignis auf weitere komplexe Prozesse in der Region als Ursache hin.

Die an den Infraschall-Sensoren gemessenen Amplituden der atmosphärischen Druckwelle und deren Signalcharakteristik nutzte das BGR-Team, um gemeinsam mit französischen Kolleginnen und Kollegen die von der Eruption freigesetzte Energie abzuschätzen. „Dafür verwendeten wir eine Relation, die in den 1970ern für die Bestimmung von Kernwaffenexplosionen entwickelt wurde, aber auch auf die Lamb-Welle infolge des Vulkanausbruchs anwendbar war“, erklärt Patrick Hupe. Die geschätzte Stärke der Eruption entsprach 100 bis 200 Megatonnen TNT. Damit war die Explosion heftiger als der mit 57 Megatonnen stärkste Kernwaffentest aller Zeiten und vergleichbar mit dem Ausbruch des Krakatau im Jahr 1883. „Man kann also zurecht von einem Jahrhundertereignis sprechen!“, sagt Patrick Hupe.

Insgesamt ergaben die mithilfe verschiedener Technologien gesammelten Daten ein recht konsistentes Bild der Ereignisfolge rund um den Ausbruch. Dennoch war es aufgrund der Interaktion von austretendem Magma mit der Ozeanoberfläche eine komplexe Eruption. Um diese genauer zu verstehen, werden sich Forscherinnen und Forscher wohl noch Jahre mit dem Ereignis beschäftigen. ■



Dr. Patrick Hupe
B4.3 Erdbebendienst des Bundes,
Kernwaffenteststopp

✉ Patrick.Hupe@bgr.de

WOHIN MIT DEN STRAHLENDEN ABFÄLLEN? FORSCHUNG IM TONSTEIN DES SCHWEIZER JURA

Gegenwärtig läuft in Deutschland die Suche nach einem Standort für die sichere Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen. Mehrere Gesteinsformationen kommen dafür infrage. Im unterirdischen Labor Mont Terri in der Schweiz untersucht die BGR, ob Tonstein die Endlager-Kriterien erfüllt.

Bis zum Jahr 2031 soll in Deutschland ein geeigneter Standort für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle – vor allem alte Brennstäbe aus Atomkraftwerken – gefunden werden. Dieser Standort muss für eine Million Jahre bestmögliche Sicherheit bieten, um Mensch und Umwelt vor der gefährlichen Strahlung zu schützen. So besagt es das Standortauswahlgesetz. Als die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) 2017 mit der Suche nach einem passenden Ort begann, galt Deutschland als weiße Landkarte. Sprich, prinzipiell konnte ein Endlager überall in Deutschland in Erwägung gezogen werden. Nach Abschluss der ersten Phase im Herbst 2020 kommen noch 60 Prozent der Landesfläche infrage. Die übrigen Gebiete schieden aufgrund verschiedener Faktoren aus, etwa wegen seismischer Aktivitäten.

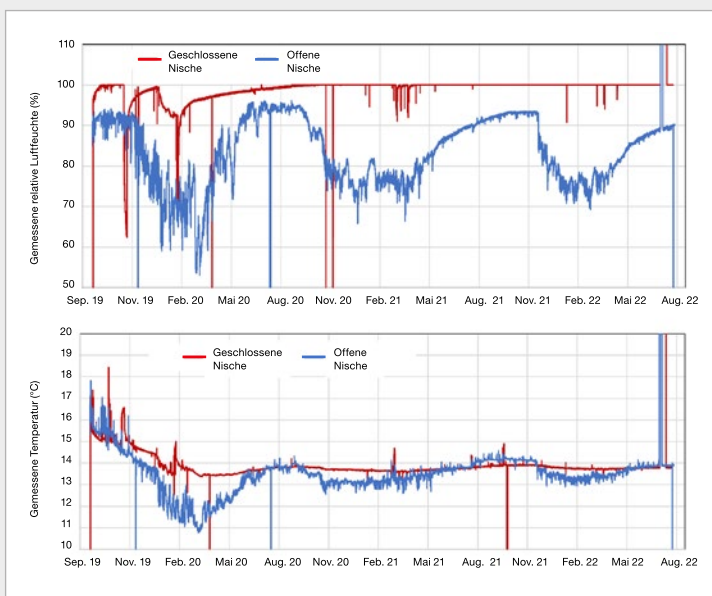
Die Suche nach einem Endlagerstandort erfolgt nach wissenschaftlichen Kriterien und konzentriert sich auf den tiefen Untergrund. Die Lagerung von hochradioaktiven Abfällen tief unter der Erde ist nach heutigem Wissensstand die sicherste Methode. Zu klären bleibt, welche geologische Formation die größte Stabilität und Dichtigkeit aufweist,

um den langfristigen Einschluss von Atommüll zu gewährleisten. Potenziell eignen sich dafür drei Arten von Gestein mit entsprechender Barrierefunktion: Kristallingestein wie Granit, Steinsalz und Tongestein. „Um Sicherheit und Dichtungsverhalten eines möglichen Endlagers zu beurteilen, ist ein umfassendes Verständnis der physikalischen Prozesse, die im Einflussbereich des Standorts auftreten können, unabdingbar“, sagt BGR-Wissenschaftlerin Dr.-Ing. Gesa Ziefle. Dazu gehören insbesondere thermische, hydraulische, mechanische sowie chemische Prozesse, die sich gegenseitig beeinflussen. Zum Beispiel kann es durch eine starke Erwärmung zur Ausdehnung des Gesteins kommen, sodass sich die Druckverhältnisse im Untergrund und die Fließwege des Grundwassers ändern.

Forscherinnen und Forscher der BGR untersuchen im Felslabor Mont Terri im Schweizer Kanton Jura, inwiefern sich Tonstein für die Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen eignet. Das Labor befindet sich in 300 Meter Tiefe in einer dicken Schicht aus Opalinuston im Juragebirge. Weil Deutschland kein eigenes Forschungslabor in diesem

Gesteinstyp hat, führt die BGR dort in Zusammenarbeit mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus der Schweiz sowie weiteren internationalen und nationalen Partnern – darunter die BGE, die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) sowie die Helmholtz-Gesellschaft – Messungen und Versuche zur Integrität und Stabilität eines Endlagers im Tonstein durch. Dieser ist fast undurchdringlich für Wasser und daher aus wissenschaftlicher Sicht als mögliche Barriere für strahlende Abfälle von großem Interesse. So hat sich etwa die Nagra, die Schweizer Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, bereits auf Tonstein als geologische Formation festgelegt und kürzlich den Standort für das Schweizer Tiefenlager an der Grenze zu Baden-Württemberg vorgeschlagen.

Das Forschungslabor Mont Terri existiert bereits seit 25 Jahren. Die unterirdische Anlage erlaubt Demonstrationsexperimente im Maßstab 1 : 1 und über lange Zeiträume. Seit Inbetriebnahme wurde sie stetig erweitert. 2019 wurde in dem Tunnelsystem



Verlauf der relativen Luftfeuchte (oben) sowie der Temperatur (unten) im Bereich der offenen (blau) und geschlossenen Nische (rot).



Blick in die Zwillingnischen des CD-A-Experiments. Untersucht werden hydraulisch-mechanische Effekte durch Auffahrung und Bewetterung in der offenen Nische (links) und durch Auffahrung bei größtmöglicher Vermeidung von Austrocknung in der geschlossenen Nische (rechts).

das sogenannte „Cyclic Deformation (CD-A) Experiment“ gestartet. „Bei dem Versuch geht es insbesondere darum, gekoppelte hydraulisch-mechanische Effekte, wie die Verformung und Entsättigung von Tonstein sowie den Einfluss von geologischen und geotechnischen Randbedingungen auf die Barrierewirkung besser zu verstehen“, erklärt Gesa Ziefle, die federführend an dem Langzeitexperiment beteiligt ist. Dieses verfolgt einen stark interdisziplinären Ansatz und umfasst neben geophysikalischen Messungen die numerische Modellierung am Computer sowie eine Visualisierung der Prozesse im Untergrund.

Für das CD-A-Experiment wurden in einem unterirdischen Tunnel zwei Nischen aufgeföhrt, um die Auswirkungen von unterschiedlichen klimatischen Bedingungen auf die hydraulischen und mechanischen Prozesse infolge des Ausbaus und der Offenhaltung der Hohlräume im Tonstein zu untersuchen. In den Nischen haben die Forscherinnen und Forscher zahlreiche Messinstrumente installiert, u. a. in Bohrungen in den Nischenwänden. Sie messen den Wassergehalt und Porendruck sowie Verformungen des Tonsteins. Eine der Nischen wurde versiegelt, sodass im Inneren eine relativ konstante Temperatur und Luftfeuchtigkeit herrscht. Die andere ist offen und weist jahreszeitlich bedingt größere Schwankungen dieser Parameter auf.

Die Opalinuston-Formation rund um die Nischen ist durch starke Heterogenitäten gekennzeichnet. Zum einen zeigen geologische Kartierungen im Rahmen des CD-A-Experiments Zonen mit tektonisch bedingten Verwerfungen des Tonsteins. Zum anderen beeinflussen geotechnische Randbedingungen, wie die Stabilisierungsmethode, das Einbauverfahren und auch konstruktive Elemente die Sicherheit des Endlagers. „Die Beurteilung, inwiefern diese Heterogenitäten relevant sind für die Standsicherheit und Integrität des Tonsteins, ist wesentliche Grundlage für die numerisch geföhrteten Sicherheitsnachweise“, sagt Gesa Ziefle. Mithilfe

regelmäßiger Laserscans konnte das Forscherteam eine geringe Konvergenz der Nischen durch den Gebirgsdruck nach Start des Experiments feststellen. Während sich die Verformung um die offene Nische herum tendenziell fortsetzt, deuten Messungen beim geschlossenen Zwilling zunächst auf eine verringerte Verformung nach den ersten Monaten hin.

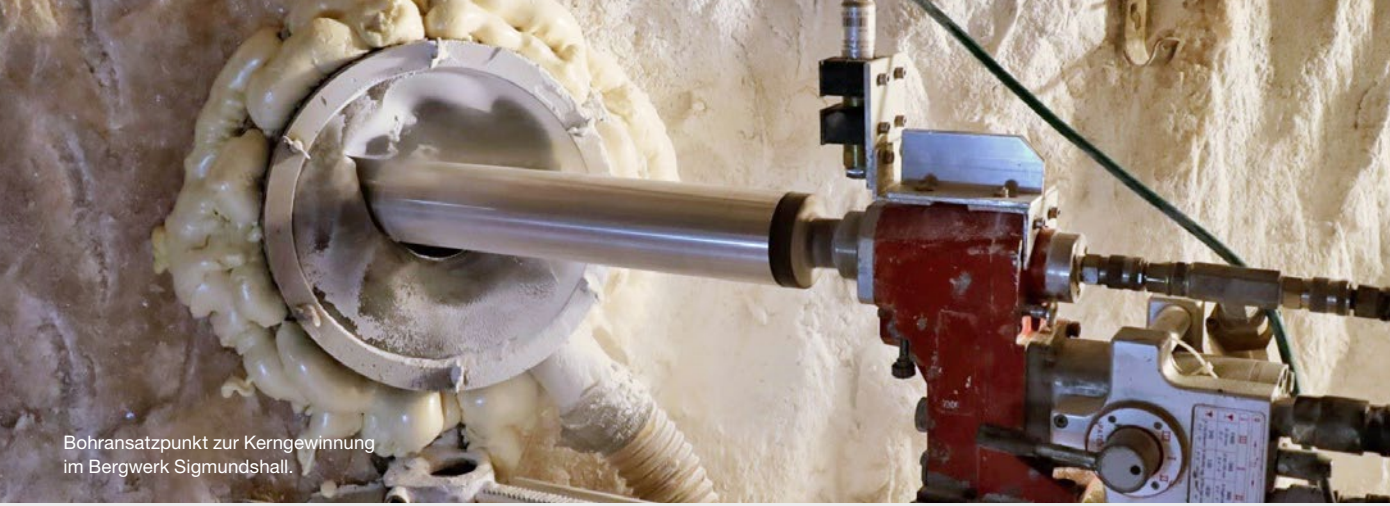
Erste Computersimulationen der physikalischen Prozesse durch die BGR zeigen, dass sich das hydraulisch-mechanische Verhalten, wie die Ausdehnung der entsättigten Zone, mit numerischen Modellen qualitativ reproduzieren lässt. „Visualisierungstechniken ermöglichen es uns anschließend, die Ergebnisse der Computersimulationen sowie die geologischen Charakteristika und unsere Messdaten auszuwerten und zu vergleichen“, so Gesa Ziefle.

Die Kombination der verschiedenen Untersuchungsmethoden ist essentiell für das Verständnis der komplexen Zusammenhänge im Tonstein des Mont Terri. Der interdisziplinäre Ansatz, den die BGR gemeinsam mit ihren Kooperationspartnern beim CD-A-Experiment verfolgt, wird in den kommenden Jahren für die Bewertung des Einflusses der geologischen Strukturen, ihrer Heterogenität und der klimatischen Bedingungen auf den Tonstein neue Erkenntnisse liefern. Damit leistet das Experiment im Schweizer Jura einen wertvollen Beitrag zur Suche nach einem geeigneten Gesteinstyp für einen sicheren Endlagerstandort in Deutschland. ■



Dr.-Ing. Gesa Ziefle
B3.5 Geotechnische Sicherheitsnachweise

✉ Gesa.Ziefle@bgr.de



Bohransatzpunkt zur Kerngewinnung im Bergwerk Sigmundshall.

EIGNUNG VON SALZGRUS ZUR ABDICHTUNG VON ENDLAGERN FÜR RADIOAKTIVE ABFÄLLE

Um radioaktive Abfälle über Jahrtausende sicher unterirdisch zu lagern, müssen Resthohlräume in Endlagerbergwerken abgedichtet und stabilisiert werden. Die BGR untersucht, ob dafür Salzgrus im Salzgestein infrage kommt.

In Bergwerken werden nicht mehr benötigte Hohlräume mit Versatzmaterial gefüllt, um das Gebirge zu stabilisieren und ein Absinken der Tagesoberfläche zu minimieren. Für Bergwerke im Salzgestein verwendet man dafür vor allem Salzgrus, der beim Auffahren von Hohlräumen und als Rückstand bei der Aufbereitung des Salzgesteins anfällt. Dank seiner Eigenschaften kann Salzgrus Hohlräume in einer Grube nach einer gewissen Zeit vollständig verschließen und abdichten. „Diese Eigenschaft ist vor allem für Endlager von radioaktiven Abfällen von großer Bedeutung, weil so ein vollständiger Einschluss der Abfälle ohne verbleibende Fließwege erreicht werden könnte“, erklärt der BGR-Wissenschaftler Dr.-Ing. Jürgen Hesser.

Die BGR unternimmt seit 1995 anwendungsbezogene Forschungsarbeiten mit Salzgrus im Labor. Dabei werden u. a. die mechanischen Eigenschaften von Salzgrus und dessen Eignung als Langzeitbarriere untersucht. Um die Laborergebnisse mit dem Verhalten von Salzgrus zu vergleichen, der unter realen Bedingungen unter Tage kompaktiert wurde, hat die BGR 2021 bei einer Kernbohrung im ehemaligen Kalibergwerk Sigmundshall in Wunstorf Gesteinsproben aus einer Abbaukammer gewonnen, die vor 40 Jahren mit Salzgrus gefüllt wurde.

Die insgesamt 18 Meter lange Bohrung erfolgte mit einer eigenen Bohrausrüstung. Dabei wurden Kerne von je einem Meter Länge gewonnen. Der für die Forschung besonders interessante Übergang vom Salzgebirge in den kompaktierten Versatz konnte als vollständiger Bohrkern gewonnen werden. „Dies weist zum einen darauf hin, dass der Salzgrusversatz bereits eine relativ hohe Festigkeit erreicht hat und die mechanische Kompaktion vermutlich aufgrund von Kristallisationsprozessen durch Restfeuchte aus der Aufbereitung verstärkt wurde“, sagt Jürgen Hesser und ergänzt: „Zum anderen hat die Stützwirkung des

Versatzes wohl bereits zu einer Stabilisierung der Auflockerungszone im Konturbereich der ehemaligen Abbaukammer geführt.“

Messungen zur Bestimmung der Permeabilität des Untergrunds bestätigen diese Einschätzung. Sie zeigen, dass der Salzgrusversatz eine ähnlich hohe Dichtigkeit aufweist, wie das umgebende Steinsalzgebirge. Die im Bohrloch gemessenen Steifigkeiten in einem etwa drei Meter breiten Übergangsbereich vom Salzgebirge in den Salzgrusversatz zeigen hingegen ein differenzierteres Bild. Während für das Salzgebirge vergleichsweise hohe Steifigkeiten bei Be- und Entlastung der Bohrlochwand ermittelt wurden, ist sie beim Salzgrusversatz im Konturbereich der Kammer offenbar am geringsten und nimmt mit zunehmendem Abstand zur Kontur zu. Ob das auch für die gewonnenen Versatzbohrkerne zutrifft, wird in Versuchen im gesteinsmechanischen Labor der BGR geprüft.

„Die Befunde aus den Messungen vor Ort und den noch durchzuführenden Laboranalysen werden unsere Erkenntnisse zur Kompaktion von Salzgrusversatz und seiner Stütz- und Abdichtwirkung wesentlich erweitern“, erklärt Jürgen Hesser. Ungeachtet der erfolgten Untersuchungen dürfen aktuelle oder ehemalige Bergwerke nach dem Standortauswahlgesetz nicht als Endlager genutzt werden. ■



Dr.-Ing. Jürgen Hesser
B3.3 Charakterisierung von Speicher- und Barrieregesteinen

✉ Juergen.Hesser@bgr.de

DER EINFLUSS VON BENTONIT AUF DIE KORROSION VON ENDLAGERBEHÄLTERN

Für die sichere Endlagerung von radioaktiven Abfällen bedarf es geeigneter Behälter, die dauerhaft korrosionsbeständig sein müssen. Forscherinnen und Forscher der BGR untersuchen, welches die Metallbehälter umschließende Material der Korrosion am besten entgegenwirkt.

Für die Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen existieren verschiedene Konzepte. Zentrale Komponente bei all diesen Konzepten ist ein Metallkanister, der in einem Wirtsgestein eingelagert und optional mit einer zusätzlichen geotechnischen Barriere umschlossen wird. Als Wirtsgesteine kommen in Deutschland laut Standortauswahlgesetz Steinsalz, Ton- sowie Kristallingestein (Granit) in Betracht. Im Fall von Ton- sowie Kristallingestein ist als geotechnische Barriere Bentonit vorgesehen. Der spezielle Ton besteht im Wesentlichen aus dem Mineral Smektit, das sich durch eine starke Wasseraufnahme- und Quellfähigkeit auszeichnet. Weitere Begleitminerale sind u. a. Quarz, Glimmer oder Feldspat. Die Zusammensetzung des Bentonits und die elektrische Ladung der Smektite kann sich auf den Einsatz als geotechnische Barriere auswirken.

In Finnland und Schweden sollen Kupferkanister zur Endlagerung verwendet werden. Kupfer hat den Vorteil, dass es beim Kontakt mit der Bentonit-Barriere keine spezifischen Korrosionsreaktionen zeigt. Voraussetzung ist allerdings, dass der Bentonit kein Pyrit enthält. „Pyrit ist eine Eisensulfid-Verbindung, die zur Bildung von bläulichem Kupfersulfid und somit zu einer erhöhten Korrosion der Kupferbehälter führen würde“, erklärt BGR-Wissenschaftler Dr. Stephan Kaufhold. Deshalb sollten möglichst sulfidfreie Bentonite als Barriere genutzt werden, wenn der Kanister aus Kupfer besteht.

Die meisten internationalen Konzepte setzen auf Eisen- oder Stahlkanister. An der Erdoberfläche verhindern verbesserte Stähle eine Korrosion durch die Reaktion mit Sauerstoff. Tief unter der Erde, in sauerstofffreien Zonen, herrschen naturgemäß andere Bedingungen. Aus diesem Grund ist es wichtig, die Korrosion durch Wahl geeigneter Materialien (Bentonit und Metall) zu minimieren.

Die BGR untersucht bereits seit vielen Jahren die Eigenschaften und Anwendungen von Bentoniten in den Endlager-Barriersystemen Tonstein und Granit. Studien der BGR zur Behälterkorrosion haben gezeigt, dass Eisen im Kontakt mit Bentonit eine spezifische chemische Reaktion zeigt, deren Verlauf den Korrosionsprozess bestimmt. Die Korrosion basiert auf der sauerstofffreien Reaktion von Eisen mit



Laborproben zur Eisenkorrosion sowohl unter Einfluss von Sauerstoff (Mitte) als auch ohne Sauerstoff (links und rechts).

Wasser, bei der Wasserstoff und ein Eisengel produziert werden. Im weiteren Verlauf der Reaktion reduziert der Wasserstoff die Eisenanteile in den Tonmineralen, während das Eisengel entweder als Magnetit kristallisiert oder Eisensilikat bildet.

Laborexperimente und Modellstudien deuten an, dass die Eisenanteile in Smektiten leichter reduzierbar sind, wenn deren elektrische Ladung klein ist. Dadurch erhöht sich die Korrosionsrate. „Durch eine geeignete Auswahl von Bentonit lässt sich die Korrosionsrate vermindern“, sagt Stephan Kaufhold. Eine weitere Reduzierung der Korrosionsrate erhoffen sich Forscherinnen und Forscher der BGR durch eine Optimierung des Behältermaterials. Aus diesem Grund testen sie derzeit in Kooperation mit anderen Forschungsinstituten unter Ausschluss von Sauerstoff die Reaktion verschiedener Eisenlegierungen im Kontakt mit Bentonit. ■



Dr. Stephan Kaufhold
B2.1 Geophysikalische Erkundung –
Technische Mineralogie

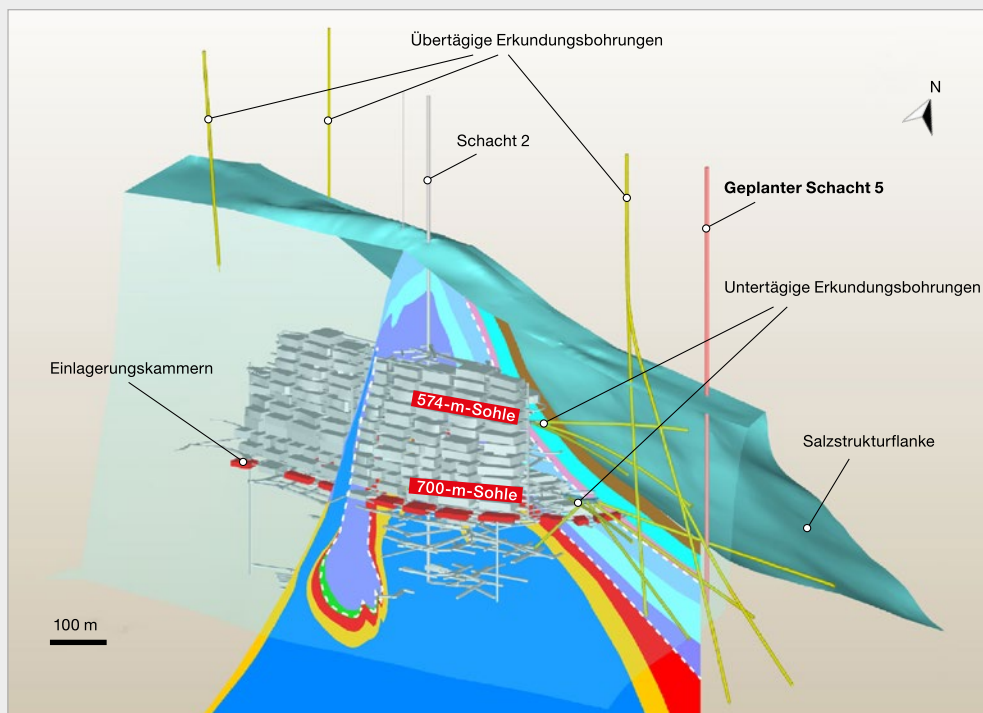
✉ Stephan.Kaufhold@bgr.de

WIE LASSEN SICH DIE RADIOAKTIVEN ABFÄLLE AUS DER ASSE ZURÜCKHOLEN?

Tief unter Tage liegen im Bergwerk Asse II rund 47 000 Kubikmeter radioaktiver Abfälle. Aufgrund des Eindringens von salzhaltigem Grundwasser können sie dort langfristig nicht sicher gelagert werden. Die BGR unterstützt die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) bei geowissenschaftlichen Fragen zur Rückholung der Abfälle.

Im ehemaligen Salz- und Forschungsbergwerk der Schachanlage Asse II nahe Wolfenbüttel in Niedersachsen wurden in den Jahren 1967 bis 1978 mehr als 125 000 Behälter mit schwach- und mittelradioaktiven Abfällen eingelagert. Durch den einst intensiven Bergbau sowie die lange Offenhaltung ist das Grubengebäude stark destabilisiert. Infolgedessen dringt schon seit 1988 salzhaltiges Grundwasser aus dem Deckgebirge in das Bergwerk ein. Im Jahr 2009 wurde die Asse II unter Atomrecht gestellt und das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) erhielt als neuer Betreiber den gesetzlichen Auftrag, die Schachanlage umgehend stillzulegen. Nachdem verschiedene Möglichkeiten zur Stilllegung evaluiert worden waren, beschloss der Deutsche Bundestag 2013 die vollständige Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Asse. Im Zuge der behördlichen Umstrukturierung im Bereich der atomaren Endlagerung wurde der neu gegründeten Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) mit Sitz im niedersächsischen Peine im Jahr 2017 die Verantwortung für die Schachanlage übertragen.

Aktuell erfüllt die Schachanlage nicht die Voraussetzungen für die Rückholung der radioaktiven Abfälle. Aus diesem Grund soll ein Rückholbergwerk beziehungsweise -schacht gebaut werden – der sogenannte Schacht Asse 5. Die BGR unterstützt die Suche nach einem geeigneten Standort für dieses Vorhaben im Rahmen der geowissenschaftlichen Erkundung der Salzstruktur der Asse seit 2014. „Nicht alle Schichten in der Salzstruktur eignen sich jedoch für das Anlegen von Hohlräumen. Zu einigen Schichten wie den Anhydritgesteinen, die potenziell Salzlauge führen und den Flanken – den äußeren Grenzen der Salzstruktur – müssen gewisse Sicherheitsabstände eingehalten werden“, beschreibt BGR-Geowissenschaftler Lukas Pollok die Herausforderung. Für das Rückholbergwerk werden Bereiche gesucht, die überwiegend aus Steinsalz bestehen. Diese zu identifizieren ist keine leichte Aufgabe, da die Schichten innerhalb von Salzstrukturen in der Regel durch Salzaufstieg komplexe Verfaltungen aufweisen.



Ausschnitt aus dem geologischen 3D-Modell der Salzstruktur Asse mit Darstellung der Schachanlage Asse II und den Einlagerungskammern (Datengrundlage: BGE). Neben einem geologischen Schnitt und der Salzstrukturflanke sind zudem die Erkundungsbohrungen sowie der Standort für den geplanten Schacht 5 illustriert.

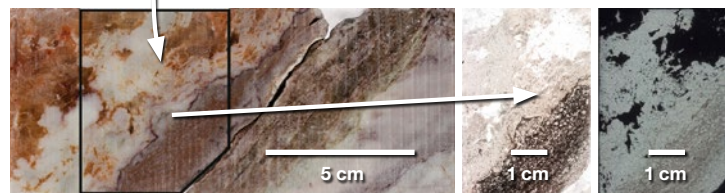


Blick in das Kernlager der BGR. Hier werden die Bohrkern aus der Salzstruktur Asse geologisch aufgenommen und anschließend unter bestimmten Klimabedingungen aufbewahrt. Insgesamt sind zurzeit Bohrkern mit einer Gesamtlänge von mehr als fünf Kilometern eingelagert.

Die Hauptaufgabe für die Forscherinnen und Forscher der BGR besteht darin, den geologischen Aufbau der Salzstruktur mithilfe von verschiedenen geowissenschaftlichen Methoden zu untersuchen. Etwa anhand von Bohrkernen, die man aus unterschiedlichen über- und unterirdischen Erkundungsbohrungen gewonnen hat. Diese werden hinsichtlich ihrer Stratigrafie, also der zeitlichen Abfolge der verschiedenen Gesteinstypen, detailliert beschrieben und mit mineralogisch-geochemischen Analysen auf ihre Zusammensetzung hin untersucht. Seit dem Jahr 2014 haben die Forscherinnen und Forscher Gesteinsbohrkerne gewonnen, die aneinandergereiht mehr als fünf Kilometer Länge ergeben.

In den Bohrlöchern werden außerdem geophysikalische Messungen durchgeführt, beispielsweise mit einem Georadar. „Damit können wir die räumlichen Schichtverläufe und Schichtgrenzen in den Bohrlöchern in die nicht erkundeten Bereiche außerhalb des Bergwerks extrapolieren“, sagt Lukas Pollok. Eingesetzt werden diese Messungen auch in den bestehenden Grubenräumen, also entlang der Strecken oder dort, wo man einst die Salze abbaute. Die untertägigen geophysikalischen Messungen erlauben es auch, den Zustand der Kammern, in denen die Abfallbehälter derzeit lagern, und ihres Umfelds zu untersuchen – z. B. hinsichtlich ihrer Form oder möglicher Auflockerungszonen. Darüber hinaus werden mithilfe oberirdischer 2D- und 3D-seismischer Messungen grundlegende Informationen über den struktur-geologischen Aufbau des Deckgebirges sowie zur äußeren Form und Ausdehnung der Salzstruktur gesammelt.

Durch die gemeinsame Betrachtung und Auswertung aller erhobenen Erkundungsdaten erstellen die Forscherinnen und Forscher der BGR eine kohärente, geologische Standortbeschreibung der Salzstruktur der Asse. Die Erkenntnisse fließen in ein detailliertes 3D-Salzstrukturmodell ein, das von der BGR entwickelt wird. Dem Erkundungsfortschritt entsprechend wird das Modell fortlaufend aktualisiert. Die geologischen Schichtverläufe – z. B. die Grenzen zwischen der Salzstruktur und dem Deckgebirge – und die komplex verfalteten Salzschiechten innerhalb der Salzstruktur lassen sich damit visualisieren. „Das 3D-Modell dient



Geologische Bearbeitung der aus Erkundungsbohrungen gewonnenen Bohrkern und mineralogische Charakterisierung des aufgeschlossenen Gesteins in einem Dünnschliff.

als Planungswerkzeug für weitere bergbauliche Arbeiten im Rahmen der geplanten Rückholung von radioaktiven Abfällen aus der Schachanlage Asse II sowie für geologische Erkundungsmaßnahmen unter Tage“ so Lukas Pollok.

Neueste Untersuchungen der BGR im südöstlichen Bereich des Untersuchungsgebiets haben eine schmalere und tiefer im Untergrund liegende Salzstruktur identifiziert. Im Inneren ist diese Salzstruktur stark verfault und es wurden überwiegend jüngere Salzschiechten aufgeschlossen, die vielfach Zwischenschiechten aufweisen, die reich an Anhydrit beziehungsweise Ton sind. „Insgesamt steht für das Rückholbergwerk damit weniger Steinsalzvolumen zur Verfügung als man ursprünglich angenommen hat“, sagt Geowissenschaftler Lukas Pollok. Die bergbaulichen Planungen des Rückholschachts müssen entsprechend der aktuellen Erkenntnisse angepasst werden. Der Schacht Asse 5 soll bis 2030 in Betrieb genommen und an das bestehende Grubengebäude angeschlossen werden. Die Rückholung der radioaktiven Abfälle soll dann im Jahr 2033 beginnen. ■



Lukas Pollok
B3.2 Geologisch-geotechnische Erkundung

✉ Lukas.Pollok@bgr.de



Trockenheit und Dürren sind für viele Dörfer Afrikas, wie hier bei Somone im Senegal, eine wachsende Herausforderung.

GESICHERTE GRUNDWASSERVORKOMMEN FÜR DIE ENTWICKLUNG IN SUBSAHARA-AFRIKA

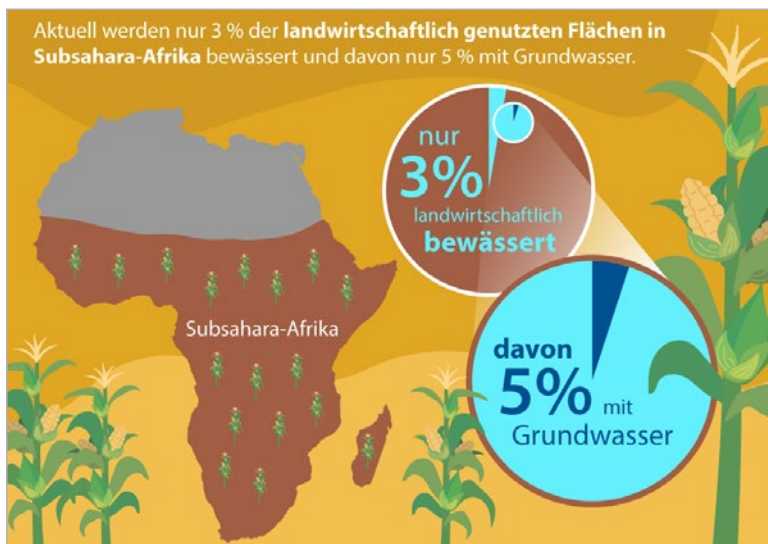
Grundwasservorkommen werden vielerorts stark übernutzt. Südlich der Sahara in Afrika hat die Geo-Ressource hingegen ein großes, bislang kaum ausgeschöpftes Potenzial, um die Menschen mit sauberem Wasser, ausreichend Nahrung und einer wirtschaftlichen Perspektive zu versorgen. Die BGR untersucht, wie sich dieses Potenzial nachhaltig nutzen lässt.

Die Erschließung und Förderung von Grundwasser hat vielerorts zu einer beeindruckenden Entwicklung der Wirtschaft geführt. Beispiele dafür sind der Bewässerungsboom in Kalifornien, die grüne Revolution der indischen Landwirtschaft oder die Steigerung der Getreideproduktion in China. Oftmals kamen hierbei allerdings die nachhaltige Bewirtschaftung und der Schutz des Grundwassers zu kurz. In manchen Gegenden, wie etwa im dürregeplagten Westen der USA und im Nordosten Chinas, gefährden die unkontrollierte und übermäßige Grundwasserentnahme heute die erreichten Entwicklungserfolge.

Anders ist die Situation in Subsahara-Afrika. Hier werden bislang durchschnittlich weniger als 25 Prozent des erneuerbaren Grundwassers für die Trinkwasserversorgung, Landwirtschaft und Industrie genutzt. Drei Viertel der nachhaltig nutzbaren Ressourcen sind derzeit noch ungenutzt. Diese Zahl ist umso bemerkenswerter, wenn man einen Blick auf den dringenden Bedarf in der Region wirft: Nach wie vor haben 400 Millionen Menschen keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser – auf dem Land betrifft das in dieser Region gut die Hälfte der Bevölkerung. Ein Problem, das auch die Vereinten Nationen im Jahr 2015 erkannt und durch

die Verabschiedung der Nachhaltigkeitsziele adressiert haben. So sollen bis zum Jahr 2030 alle Menschen weltweit mit ausreichend sauberem Wasser versorgt werden. Doch die Zwischenbilanz ist ernüchternd. „Die Nachhaltigkeitsziele drohen in Bezug auf die Versorgungssicherheit mit sauberem Trinkwasser weit verfehlt zu werden, besonders in den ländlichen Regionen Subsahara-Afrikas“, erklärt Prof. Dr. Thomas Himmelsbach, bei der BGR Abteilungsleiter für „Grundwasser und Boden“.

In den meisten Regionen liegt das Problem nicht in der Verfügbarkeit, sondern in der Erschließung der Ressource Wasser. Auch in der Landwirtschaft ist das Potenzial bei weitem nicht ausgeschöpft. Nach Zahlen der Welternährungsorganisation FAO werden in Subsahara-Afrika bislang lediglich drei Prozent der Ackerflächen überhaupt bewässert. Dies geschieht in der Hauptsache durch Oberflächenwasser aus Flüssen und Seen. Nur fünf Prozent der Bewässerung erfolgt über Grundwasser. Dabei hat Subsahara-Afrika im weltweiten Vergleich die höchste Rate an Unterernährung und viele Länder sind auf Nahrungsimporte angewiesen. Aufgrund des hohen Bevölkerungswachstums und eines steigenden Lebensstandards nimmt auch der



Bedarf an Nahrungsmitteln stetig weiter zu. Umgekehrt bleiben volkswirtschaftliche Potenziale ungenutzt. So generiert die Landwirtschaft in der Region allein etwa 30 Prozent des Bruttoinlandsprodukts und beschäftigt zwei Drittel der arbeitenden Bevölkerung.

Die Grundwasserressourcen und ihr Potenzial für eine nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung besser zu nutzen, ist einer der Ansätze der deutschen Entwicklungszusammenarbeit in Subsahara-Afrika. Im Auftrag der Bundesregierung arbeitet die BGR mit zahlreichen afrikanischen Partnerinstitutionen auf verschiedenen Ebenen und in mehreren Projekten an diesem Ziel. Ein wichtiger Faktor: Grundwasser ist im Gegensatz zu Oberflächenwasser vor Verdunstung und vor Verschmutzung geschützt und meist ganzjährig verfügbar. „Die Grundwasserleiter stellen einen natürlichen Wasserspeicher dar, der das Wasser in den Regenzeiten und regenreichen Jahren in den Poren und Klüften des Untergrunds speichert und in Trockenzeiten und Dürreperioden verfügbar macht“, erklärt BGR-Hydrogeologe Johannes

Münch. Dadurch lassen sich Ernteausfälle während einer Dürreperiode verhindern. Aber auch andere Sektoren wie der Tourismus und die Lebensmittel verarbeitende Industrie sind auf eine verlässliche Wasserversorgung angewiesen. „Die nachhaltige Nutzung von Grundwasserkörpern als natürliche Wasserspeicher könnte helfen, die Folgen wiederkehrender Dürrephasen im südlichen Afrika abzumildern sowie Wasserkrise in urbanen Gebieten zu verhindern, wie sie z. B. Kapstadt im Jahr 2017 erlebt hat“, sagt Ramon Brentführer, Leiter des BGR-Projekts „Politikberatung Grundwasser“.

Ein zentraler Ansatzpunkt der BGR-Projektarbeit ist der Aufbau von Wissen. Da in vielen Ländern weder geologische Daten noch die nötige Infrastruktur und technische Expertise vorhanden sind, können die Grundwasserressourcen oft gar nicht nachhaltig bewirtschaftet werden. Daher unterstützt die BGR bereits seit vielen Jahren in den Projekten der Technischen Zusammenarbeit lokale Partnerbehörden mit geowissenschaftlichem Know-how – etwa in Namibia durch Kurse zum Aufbau von Grundwasserdatenbanken oder in Sambia durch Fortbildungsmaßnahmen im Brunnenbau.

„Eine nachhaltige Nutzung der Grundwasservorkommen kann einen wichtigen Beitrag zur wirtschaftlichen Entwicklung und Armutsbekämpfung leisten“, so BGR-Experte Ramon Brentführer. Noch allerdings sind die Defizite bei der Bewirtschaftung von Grundwasserressourcen in vielen Ländern Subsahara-Afrikas sehr groß. Dies betrifft die Verfügbarkeit von Fachleuten und technischen Kapazitäten zur Erschließung des Grundwassers, aber auch von durchschlagskräftigen Behörden, die ein nachhaltiges Management durchsetzen.

In Subsahara-Afrika schneiden die Bewirtschaftungskapazitäten für Grundwasser nach Erhebungen des Umweltprogramms der Vereinten Nationen auch im Vergleich mit denen von Oberflächenwasser deutlich schlechter ab. „Das führte in der Vergangenheit häufig dazu, dass Geldgeber und Planungsbehörden das Potenzial der Grundwasservorkommen für die sozioökonomische Entwicklung weitestgehend unterschätzten und ignorierten“, sagt Ramon Brentführer. Der Fokus bei der Bewirtschaftung von Wasserressourcen in Subsahara-Afrika lag lange Zeit auf der Entwicklung von Oberflächenwasser. Zwar haben einige afrikanische Länder inzwischen Fortschritte bei der Regulierung und Bewirtschaftung der Grundwasserressourcen gemacht. Allerdings sind die Behörden selten im Austausch mit Akteuren aus Stadtplanung, Landwirtschaft und Industrie, die wiederum für die Umsetzung von Grundwasser-



Für eine erfolgreiche und nachhaltige Brunnenbohrung – wie hier nahe Toubakouta im Senegal – sind neben Kenntnissen über den Untergrund auch die entsprechende technische Expertise, umfangreiches Equipment und eine passende Finanzierungslösung erforderlich.

management und Grundwasserschutz essentiell sind. Eine weitere Herausforderung: Häufig fehlt ein effektiver rechtlicher Rahmen, etwa durch Wassergesetze zur Verteilung und zum Schutz des Wassers. Selbst wenn Regeln zur Wasserentnahme oder zum Grundwasserschutz existieren, ist ihre Durchsetzung noch lange nicht garantiert. „Oft ist nicht einmal bekannt, wo überhaupt Brunnen existieren und wieviel Wasser entnommen wird – Grundlagen für eine nachhaltige Bewirtschaftung“, erklärt Dr. Michael Eichholz, BGR-Experte für die Bewirtschaftung und Regulierung von Grundwasserressourcen.

Wie also ließe sich das bisher oft ungenutzte Potenzial von Grundwasser für die Menschen in Subsahara-Afrika besser ausschöpfen, ohne die Fehler aus anderen Weltregionen zu wiederholen? Wie kann die Ressource als Trinkwasser oder für die Bewässerung von Ackerflächen genutzt werden – nicht nur zur Erhöhung der Ernährungssicherheit, sondern auch um Einkommensperspektiven im ländlichen Raum zu schaffen, vor allem für Frauen, die in Afrika oft die Feldarbeit verrichten?

Der afrikanische Wasserrat AMCOW, ein Gremium der Afrikanischen Union mit 55 Mitgliedsstaaten, hat das soziale und ökonomische Potenzial der Grundwasserressourcen erkannt und forderte 2018, deren Entwicklung auf dem Kontinent voranzutreiben. Die BGR unterstützt den Wasserrat beim Aufbau eines strategischen Grundwasserprogramms. „Das Programm soll den Mitgliedern der Afrikanischen Union helfen, ihre Kapazitäten zur nachhaltigen Wasserbewirtschaftung auszubauen, das sozioökonomische Potenzial ihrer Grundwasservorkommen abzuschätzen und Investitionen ins Land zu holen, um dieses Potenzial auszuschöpfen“, erklärt BGR-Projektleiter Ramon Brentführer.

Von zentraler Bedeutung ist dabei ein strategisches Planungsinstrument, das die Bewirtschaftungsziele der Grundwasserressourcen an den Wasserbedarf der nationalen Entwicklungsplanung koppelt. Konkret bedeutet das etwa: Welche Ziele gibt es für den Ausbau der Trinkwasserversorgung, der Bewässerungslandwirtschaft oder anderer wirtschaftlicher Aktivitäten wie Bergbau und welcher Wasserbedarf entsteht dadurch? Vor allem aber gilt es festzulegen, welche Nutzungsarten mit Blick auf soziale und ökonomische Entwicklungsziele am wirksamsten sind und im Falle von Wasserknappheit prioritär bedient werden müssen.

Dieses Planungsinstrument wurde in Namibia in einem Pilotprojekt unter Beteiligung der BGR getestet, das verschiedene Interessengruppen zusammenbrachte: große städtische Wasserversorger und ländliche Kommunen, Landwirtschafts- und Umweltschutzverbände, Industrie- und Bergbauunternehmen, Fachleute aus der Wissenschaft sowie die zuständigen Ministerien und Behörden. Das Ergebnis ist ein Aktionsplan, der beschreibt, in welchen Bereichen Handlungsbedarf besteht, um die Erschließung und nachhaltige Nutzung der Grundwasservorräte mit dem Ziel besserer Lebensbedingungen und wirtschaftlicher Perspektiven voranzutreiben.

Darüber hinaus hat die BGR im Rahmen ihrer Grundwasserpolitikberatung zusammen mit dem International Food Policy Research Institute (IFPRI) in Washington D. C. ein makroökonomisches Modell entwickelt, das die Effekte einer effizienteren Grundwassernutzung für die Wirtschaft eines Landes prognostiziert. „Mithilfe des Modells lässt sich abschätzen, wie stark das Bruttoinlandsprodukt steigt, wie viele neue Arbeitsplätze entstehen und wie viele Menschen infolge des wirtschaftlichen Aufschwungs nicht länger unterhalb der Armutsgrenze leben müssen“, sagt Michael



Grundwasser ist in vielen ländlichen Regionen von essentieller Bedeutung für die Trinkwasserversorgung (links) und für die Bewässerung von Gärten und Feldern (rechts).

Eichholz und ergänzt: „Damit positive sozioökonomische Effekte eintreten können, müssen die Grundwasservorkommen natürlich zunächst einmal erkundet, erschlossen und nachhaltig bewirtschaftet werden.“ Das erfordert Investitionen in beträchtlicher Höhe, vor allem in die Infrastruktur und die Ausbildung von Fachpersonal. Die Modellierung der Effekte der Grundwassernutzung sind daher wichtig, um Finanzministerien und Geber von Investitionen in die Grundwasserbewirtschaftung zu überzeugen.

Auch bei den Finanzierungsmechanismen zur Grundwasserbewirtschaftung hat die BGR Vorschläge unterbreitet. Da Grundwasser eine überwiegend lokale Ressource ist und somit lokal bewirtschaftet wird, erfolgt seine Erschließung häufig dezentral mit einem deutlich geringeren Investitionsvolumen für die Infrastruktur. Dabei werden die Investitionen in Bewässerungsbrunnen in der Regel durch die Landwirtschaftsbetriebe unternommen, die wiederum direkt davon profitieren. Entsprechend müssen die Finanzierungsmodelle auf diese lokalen Strukturen zugeschnitten sein.

Mit dem United Nations Capital Development Fund (UNCDF), einer Unterorganisation des Entwicklungsprogramms der Vereinten Nationen, hat die BGR einen wichtigen Partner gefunden, der sich schwerpunktmäßig mit der Finanzierung kommunaler, dezentraler Strukturen befasst und somit für die Entwicklung der Grundwasserressourcen prädestiniert ist. Damit können Brunnenbohrungen, der Bau von Versorgungsleitungen und Bewässerungssystemen, aber auch von Systemen zur Grundwasseranreicherung finanziert werden. Darüber hinaus hat der UNCDF ein Konzept entwickelt, dass Finanzakteure auf lokaler Ebene identifiziert, und Modelle entworfen, wie durch öffentliche Zuschüsse Anreize für private Investitionen in die Grundwasserentwicklung geschaffen werden können.

Ebenso wird Geld für die Ausbildung von Fachkräften benötigt. Flächendeckende Ausbildungsprogramme kommen wegen des hohen finanziellen Aufwands selten über eine Pilotphase hinaus. Für Ausbilder sowie Auszubildende

bedeutet die Teilnahme an den Kursen oft eine lange und kostenintensive Anreise. Die Ausrichtung an den Tagungsorten erforderte ebenfalls umfangreiche Vorbereitung und Ressourcen. „Die Corona-Pandemie hat jedoch gezeigt, dass auch Online-Ausbildungskurse gut funktionieren können“, sagt BGR-Experte Johannes Münch. Mit virtuellen Veranstaltungen in der Pandemie konnten nicht nur die Kosten für Reisen und Räumlichkeiten eingespart werden, sondern auch deutlich mehr Teilnehmerinnen und Teilnehmer geschult werden.

So vielfältig die Herausforderungen für die Bewirtschaftung und nachhaltige Nutzung der Grundwasserressourcen in Subsahara-Afrika sind, so unterschiedlich sind auch die Lösungsansätze, an denen die BGR gemeinsam mit den afrikanischen Partnerinstitutionen arbeitet. ■



Ramon Brentführer
B2 Grundwasser und Boden

✉ Ramon.Brentfuehrer@bgr.de



Dr. Michael Eichholz
B2 Grundwasser und Boden

✉ Michael.Eichholz@bgr.de



Johannes Münch
B4.1 Internationale Zusammenarbeit

✉ Johannes.Muench@bgr.de

NACHHALTIGER BERGBAU IN DER ANDENREGION

Bergbau leistet einen wachsenden Beitrag zur Wirtschaft der Andenstaaten. Allerdings führt er auch zu lokalen Konflikten und hinterlässt Umweltschäden. Die BGR engagiert sich in Südamerika für den Aufbau einer nachhaltigen Rohstoffindustrie.



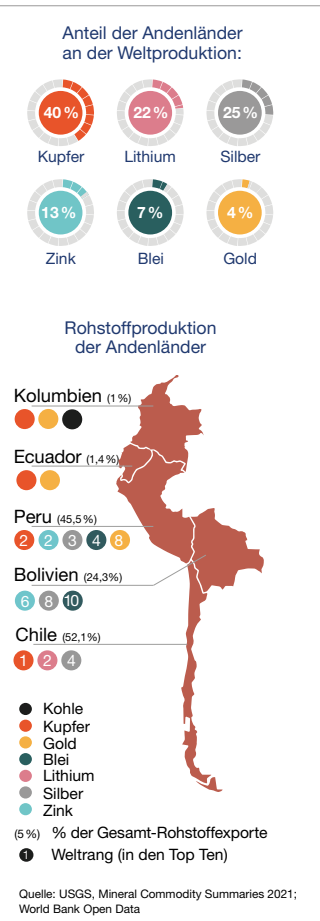
Befahrung einer ehemaligen Kupfermine in Puno, Peru.

Die Andenregion verfügt über reiche Bodenschätze wie Lithium und Kupfer. Angesichts der weltweit steigenden Nachfrage nach diesen Rohstoffen für die Energie- und Verkehrswende oder die Digitalisierung hat sich der industrielle Bergbau in den Andenstaaten zu einem bedeutenden Wirtschaftszweig entwickelt. Doch die Rohstoffförderung ist nicht unumstritten. In der Vergangenheit gab es wiederholt gewaltsame Konflikte zwischen der Landbevölkerung und Bergbauunternehmen. Dabei mangelte es oft an staatlicher Moderation und geeigneten Maßnahmen, um Konflikte zu lösen. Ein anderes Problem sind illegale Minen verbunden mit Rodungen und hohem Wasserverbrauch. Zudem gefährden toxische Rückstände in Bergbauabfällen die Gesundheit der Bevölkerung und die Trinkwasserversorgung.

sowie die sichere Stilllegung von Minen und die Altlastensanierung zu fördern. Dazu gehören Schulungen für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter staatlicher Einrichtungen oder die technische Unterstützung bei Umweltverträglichkeitsprüfungen und der Bewertung von Bergbauabfällen.

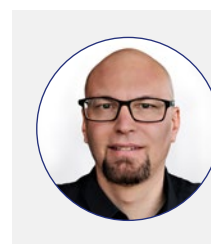
In einem Pilotprojekt kooperieren die BGR und das Dresdner Grundwasserforschungszentrum (DGFZ) mit der Firma SMRL Acumulación Los Rosales bei der Aufbereitung von Bergbauabfällen in den peruanischen Hochanden. Das Unternehmen besitzt eine staatliche Konzession zur Verwertung von Aufbereitungsrückständen aus einer ehemaligen Kupfermine. „Damit einher geht die Pflicht, alle anderen Altlasten der Mine, wie verlassene Stollen oder Abraumhalden, nach aktuellen technischen Standards zu schließen“, sagt Achim Constantin. Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen sollen Umweltschäden vermeiden und Sicherheitsrisiken minimieren.

Die BGR leistet technische Unterstützung, um die Bergbauabfälle effizienter aufzubereiten, und übernimmt Laboranalysen, für die es der Firma an Expertise und Ausrüstung fehlt. Auch bringen beide Projektpartner Know-how ein, um das Wassermanagement und den Grundwasserschutz zu verbessern. Dafür wurden Grundwassermessstellen in der Nähe der Mine errichtet. Zudem berät die BGR das Unternehmen bei der Risikoanalyse zur Bildung saurer Grubenwässer. „Das Projekt ist ein gelungenes Beispiel dafür, wie durch Wiederverwertung von Bergbauabfällen negative Umweltauswirkungen verringert, Altlasten beseitigt und die sozioökonomische Entwicklung verbessert werden können“, so Achim Constantin. ■



Seit 2021 unterstützt die BGR im Rahmen der Technischen Zusammenarbeit im Projekt „MinSus – Regionale Kooperation zur nachhaltigen Gestaltung des Bergbaus in den Andenländern“ die Länder Kolumbien, Ecuador, Peru, Bolivien und Chile bei der Entwicklung eines nachhaltigen Bergbaus, der internationalen Umwelt- und Sozialstandards gerecht wird. Daran beteiligt sind nationale Ministerien und Behörden, zivilgesellschaftliche Gruppen sowie die UN-Wirtschaftskommission für Lateinamerika und die Karibik.

„Gemeinsam wollen wir die Voraussetzungen für die Entwicklung des Bergbausektors im Sinne der UN-Nachhaltigkeitsziele in der Andenregion schaffen“, erklärt BGR-Projektleiter Achim Constantin. MinSus beinhaltet eine Reihe von Aktivitäten, um Dialog und Kooperationen zu stärken, Umweltstandards im Bergbau zu etablieren



Achim Constantin
B4.1 Internationale Zusammenarbeit

✉ Achim.Constantin@bgr.de



Infraschall-Messkampagne an einem modernen Windpark in Sachsen-Anhalt im Sommer 2021.

DER EINFLUSS VON WINDRÄDERN AUF INFRASCHALL-MESSUNGEN

Auch Windräder erzeugen Infraschall. Die akustischen Signale weit unterhalb des menschlichen Hörbereichs können Aufzeichnungen hochempfindlicher Geräte zur Überwachung des internationalen Kernwaffenteststopp-Vertrages beeinflussen, wie eine BGR-Studie bestätigt.

Die neue BGR-Studie wurde bei einem Fachkolloquium zum Thema „Infraschall und Windenergie“ präsentiert. Als Teil eines globalen Überwachungsnetzes zur Einhaltung des Kernwaffenteststopp-Vertrages betreibt die BGR jeweils eine Infraschall-Station in der Antarktis und im Bayerischen Wald. Ziel der jüngsten Untersuchungen war es, den Einfluss moderner Windenergieanlagen auf die empfindliche Sensorik der Stationen neu zu bewerten, um den völkerrechtlichen Auftrag der BGR zum Kernwaffenteststopp weiterhin verlässlich erfüllen zu können.

Externe Hinweise und Analysen sowie eine interne Überprüfung hatten die BGR 2021 dazu veranlasst, ihre bisher veröffentlichten Daten zu Schalldruckpegeln bei Infraschall-Emissionen zu korrigieren. „Wie sich herausstellte, war uns bei der Berechnung des Schalldrucks ein Fehler unterlaufen“, sagt Dr. Lars Ceranna, zuständiger Fachbereichsleiter bei der BGR. Daraufhin führte die BGR gemeinsam mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) eine Messkampagne an zwei Windparks in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt durch.

„Diese Untersuchungen bestätigen die Erkenntnis, dass Windenergieanlagen einen störenden Einfluss auf die empfindlichen Mikrobarometer der Infraschall-Stationen haben“, sagt Lars Ceranna. An beiden Standorten war der von Windrädern erzeugte Infraschall über mehrere Kilometer deutlich messbar. Anders als bei früheren Studien, die auf Modellierungen nur eines Infraschall-Maximums einer Windenergieanlage basierten, erfolgten die neuen Messungen über Wochen im gesamten Regelbetrieb der Windparks bei

mittleren und hohen Windgeschwindigkeiten. So war es möglich, typische Infraschall-Kulissen zu berücksichtigen.

„Aus unseren Ergebnissen folgt, dass für den störungsfreien Betrieb der Infraschall-Station im Bayerischen Wald weiterhin ein Mindestabstand für Windräder notwendig ist“, so Lars Ceranna. Der bisherige Abstand liegt bei 15 Kilometern. Da die Auswertung der erhobenen Daten noch nicht vollständig abgeschlossen ist, kann eine modifizierte Abstandsregelung nach Abschluss der laufenden Überprüfung nicht ausgeschlossen werden.

Die Studie und das Kolloquium, zu dem auch Vertreterinnen und Vertreter anderer Fachdisziplinen eingeladen waren, sollten einen transparenten Beitrag zu einer fundierten Debatte zum Thema Infraschall und Windenergie leisten. So wurden bei der Veranstaltung auch unterschiedliche Kontexte der Infraschall-Thematik diskutiert. Der BGR bleibt weiterhin die Aufgabe, den störungsfreien Betrieb ihrer Infraschall-Stationen zu gewährleisten. Die Messgeräte haben sich auch bei einer anderen wissenschaftlichen Fragestellung bewährt, wie die Untersuchungen zum Vulkanausbruch von Tonga zeigen. ■



Dr. Lars Ceranna
B4.3 Erdbebendienst des Bundes,
Kernwaffenteststopp

✉ Lars.Ceranna@bgr.de



Probenahme im Untersuchungsfeld in N'Djamena.

WENN DER REGEN AUSBLEIBT: ANPASSUNG AN DEN KLIMAWANDEL IM TSCHADSEE BeckEN

Das Tschadseebecken ist die Heimat von rund 40 Millionen Menschen. Die Region ist von stark schwankenden Niederschlägen geprägt und der Klimawandel dürfte langfristig zu einem Rückgang der Regenmenge führen. Die BGR erforscht Methoden zur Verbesserung der Wasserverfügbarkeit in der Region.

Zwischen fünf und 25 Grad nördlicher Breite erstreckt sich in West- und Zentralafrika auf einer Fläche von annähernd 2,4 Millionen Quadratkilometern das Tschadseebecken. Die landschaftlich und klimatisch äußerst vielfältige Region wird von acht afrikanischen Staaten geteilt: dem Tschad, Niger, Libyen, Algerien, Nigeria, Kamerun, der Zentralafrikanischen Republik und dem Sudan. Der Süden des Tschadseebeckens ist durch tropische Feuchtsavannen gekennzeichnet. Nördlich davon grenzen die Trockensavannen und kargen Steppenlandschaften der Sahelzone an, die in die Sahara übergehen. Im Winter prägt das Windsystem des Harmattan durch trockene und staubige Wüstenluft aus der Sahara das Klima der Region, während im Sommer der Südwestmonsun für feuchte Meeresluft vom Golf von Guinea sorgt. Südlich der Sahara kommt es dadurch zu erheblichen Schwankungen der Regenmenge innerhalb eines Jahres. Die zunehmende Trockenheit ließ die Fläche des Tschadsees von einst rund

200 000 Quadratkilometern auf heute nur noch ein Zehntel seiner ursprünglichen Größe schrumpfen – mit erheblichen Folgen für die Natur und die Menschen in der Region.

Die Folgen der sich zunehmend verändernden klimatischen Bedingungen sind gravierend. In der regionalen Landwirtschaft sind rund 97 Prozent der Felder auf Regen für die Bewässerung angewiesen. Das enorme Wachstum der Bevölkerung – seit 2005 hat sich ihre Zahl in den Anrainerstaaten mehr als verdoppelt – sowie die zunehmende Verstädterung haben den Druck auf die knappen Wasserressourcen weiter verschärft. „Insbesondere beim Zugang zu sauberem Trinkwasser besteht großer Handlungsbedarf“, sagt BGR-Wasserexpertin Dr.-Ing. Sara Vassolo.

Gemeinsam mit der Tschadseebecken-Behörde sucht die BGR im Rahmen der Technischen Zusammenarbeit im Projekt „Nachhaltiges Grundwassermanagement im



Oben: Das Flusssystem Chari-Logone in N'Djamena.



Unten: Beobachtungsbrunnen zur Untersuchung der Uferfiltration in N'Djamena.

in den Tschadsee ausmacht und somit grenzüberschreitend von enormer Bedeutung ist.

Mithilfe eines Wasserbilanzmodells hat die Forscherin auch Prognosen für die Entwicklung des Oberflächen- und Grundwassers unter den genannten Klimaszenarien erstellt. Im Worst-Case-Szenario zeigt sich bis Ende dieses Jahrhunderts gemittelt ein Rückgang des Jahresniederschlags von 300 Millimetern im Haupteinzugsgebiet des Chari-Logone Flusses. Für denselben Zeitraum prognostiziert das Wasserbilanzmodell eine Abnahme der transportierten Wassermenge des Flusssystems um 80 Prozent. „Historische hydrologische Daten weisen eine ähnlich starke Korrelation zwischen Regenrückgang und einem verringerten Abfluss am Unterlauf des Chari auf“, so Sara Vassolo.

Tschadseebecken“ nach Lösungen, um die Wasserverfügbarkeit in der Region zu verbessern. Eine Maßnahme ist die künstliche Anreicherung von Grundwasser durch Infiltration. Im Tschad und in Kamerun wird grenzüberschreitend entlang des Chari-Logone Flusses die sogenannte Uferfiltration zur Trinkwasserversorgung untersucht. „Bei dieser Methode wird ufernah Grundwasser gefördert. Dadurch sickert Wasser aus den Oberflächengewässern in den Untergrund nach, wird durch die natürliche Filterfunktion des Bodens gereinigt und steht anschließend für die Trinkwasserversorgung zur Verfügung“, erklärt Sara Vassolo.

Um die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserverfügbarkeit im bevölkerungsreichen Süden des Tschadseebeckens abzuschätzen und technische Lösungen zu validieren, hat die BGR-Forscherin Laila Seehausen eine Vielzahl regionaler und globaler Klimamodelle unter Betrachtung zweier Szenarien des Weltklimarats ausgewertet. „Nimmt man das Worst-Case-Szenario mit einer globalen Erwärmung von über vier Grad Celsius, so würde die Niederschlagsmenge im südlichen Tschadseebecken nach den betrachteten Modellen im Verlauf dieses Jahrhunderts um bis zu 25 Prozent abnehmen“, sagt Laila Seehausen. Besonders deutlich fällt der Rückgang im Einzugsgebiet des Chari aus, der zusammen mit dem Logone rund 95 Prozent des Wasserzuflusses

Insgesamt zeigt die BGR-Studie, dass Uferfiltration unter beiden Klimaszenarien zumindest bis in die zweite Hälfte des 21. Jahrhunderts eine Möglichkeit darstellt, die Wasserverfügbarkeit zu verbessern. Je nachdem, wie sich die Niederschläge in der Region im Zuge des Klimawandels tatsächlich entwickeln werden, bedarf es darüber hinaus jedoch weiterer Lösungen – auch um den steigenden Wasserbedarf der wachsenden Bevölkerung im Tschadseebecken zu decken. ■



Laila Seehausen
B2.3 Grundwasserressourcen – Beschaffenheit und Dynamik

✉ Laila.Seehausen@bgr.de



Dr.-Ing. Sara Ines Vassolo
B2.3 Grundwasserressourcen – Beschaffenheit und Dynamik

✉ SaraInes.Vassolo@bgr.de

GEWISSENSCHAFTLICHE SPURENSUCHE LIEFERT EINBLICKE IN DIE ENTSTEHUNG DER POLARGEBIETE

Seit über vier Jahrzehnten untersucht die BGR die Geologie der polaren Landmassen. Dadurch leistet sie wichtige Grundlagenforschung und unterstützt die Bundesregierung bei der Stärkung von Mitspracherechten in Gremien wie der Antarktisvertragsstaatenkonferenz.



Die Gondwana-Station der BGR an der Terra-Nova-Bucht mit Blick auf die Zunge des Campbell-Gletschers.

Die Arktis und Antarktis sind Schlüsselregionen für unser Verständnis des Systems Erde und der Folgen der globalen Erwärmung. Die Polargebiete zu erforschen heißt ihre geologische wie klimatische Entwicklung in der Erdgeschichte nachzuvollziehen. Beides ist eng miteinander verbunden. Aufgrund der Plattentektonik haben sich die Lage und Ausdehnung von Kontinenten, Gebirgen und Ozeanen über Jahrmilliarden mehrfach gewandelt. Meerengen öffneten und schlossen sich und veränderten so die Ozeanzirkulation. Alle diese Faktoren haben das Erdklima in der Vergangenheit maßgeblich beeinflusst.

Forscherinnen und Forscher der BGR unternehmen regelmäßig Expeditionen in die Polargebiete, um die Entstehung der polaren Landmassen und Meere besser zu verstehen. Anhand der Abfolge von Gesteinsschichten und ihrer geochemischen Signatur entschlüsseln sie, wo sich die kontinentalen Krustenblöcke einst befanden, an welchen Stellen sie kollidierten und wieder auseinanderbrachen.

SVALBARD

Im Sommer 2021 führte ein Team der BGR im Rahmen der internationalen Expedition „CASE 22-Nordauslandet“ Forschungsarbeiten zur geologischen Entwicklungsgeschichte der arktischen Inselgruppe Svalbard durch. Der norwegische Archipel hat sich im Verlauf der letzten 550 Millionen Jahre aufgrund der Kontinentaldrift von der südlichen Hemisphäre in die heutige Position 1 200 Kilometer südlich des Nordpols bewegt. Ziel der Untersuchungen waren neue Erkenntnisse zur Deformationsgeschichte und plattentektonischen Rekonstruktion vor und während der Gebirgsbildung in der Region vor 450 Millionen Jahren. Bisher ist nicht genau geklärt, woher die verschiedenen Krustenbereiche des Grundgebirges von Svalbard stammen, die in jener Zeit zusammenstießen.

Die Untersuchungen konzentrierten sich auf die West- und Nordküste der Insel Spitzbergen und den Westen von Nord-

auslandet. Als Basislager diente dem Forschungsteam ein Schiff. Wie schon 2019 verhinderte dickes Packeis geplante Geländearbeiten an der Nordküste von Nordauslandet. Dennoch wertet BGR-Polarforscher Dr. Karsten Piepjohn die Expedition als vollen Erfolg: „Dank unserer guten Kenntnis der Geologie Spitzbergens und der Flexibilität des Forschungsteams konnten wir alternative Regionen untersuchen, die ebenfalls von hohem wissenschaftlichen Interesse sind. Dazu hatten wir Glück mit dem Wetter und konnten jeden Expeditionstag für die Arbeit im Gelände nutzen – was in der Arktis nicht selbstverständlich ist.“

Neben der Kartierung der unterschiedlichen Gesteinstypen konnte das Forschungsteam erstmals ein komplettes Gesteinsprofil entlang der Nordküste von Svalbard über eine Länge von 300 Kilometern beproben. Die Analyse der Proben soll Aufschluss über die Hebungsgeschichte der Gebirgszüge in dem Gebiet geben. Zudem wurden auf Nordauslandet zahlreiche Basaltgänge aus der oberen Kreidezeit untersucht, die mit erhöhter vulkanischer Aktivität vor der Öffnung des Eurasischen Beckens als Teil des Arktischen Ozeans in Verbindung stehen.

Nach vierwöchiger Feldarbeit kehrte die Expedition mit rund eineinhalb Tonnen Probenmaterial an Bord zurück nach Longyearbyen. Die Gesteinsproben wurden anschließend für genauere geochemische Analysen und Altersbestimmungen in die Labore der BGR und ihrer Partnerinstitute gebracht. Nach Auswertung der Daten wollen die Forscherinnen und Forscher ihre Arbeit im Norden Svalbards in naher Zukunft fortsetzen.

ANTARKTIS

Während am Nordpol ein von Landmassen umgebener Ozean liegt, befindet sich am Südpol ein Kontinent, der ringsum vom Südozean begrenzt wird. Auf der Suche nach Hinweisen zur Entstehungsgeschichte und zum Krustenaufbau des

Helikopter mit Blick auf Mt. Herschel im Transantarktischen Gebirge.



Kontinents Antarktika reiste Ende 2021 ein Forschungsteam unter Leitung der BGR in die Antarktis. Die fast dreimonatige Expedition „GANOVEX XIV – BOOST“ erfolgte in Zusammenarbeit mit dem italienischen Antarktisprogramm.

Im Mittelpunkt der geowissenschaftlichen Erkundungen standen Fragen zur Bildung und zum Zerfall des einstigen Superkontinents Gondwana. In dessen Zentrum lag bis vor etwa 180 Millionen Jahren die heutige Antarktis. Als Gondwana auseinanderbrach, löste sich die antarktische Landmasse von Afrika, Australien, Neuseeland, Südamerika und Indien und bewegte sich langsam in Richtung Südpol. „Mit der Geburt des Kontinents Antarktika entstanden auch die heutigen Strömungssysteme im Ozean, die einen entscheidenden Einfluss auf das globale Klimasystem haben“, erklärt BGR-Expeditionsleiter Dr. Andreas Läufer.

Als Basis für die Expedition diente die „Gondwana-Station“ der BGR im Nordviktoraland an der Terra-Nova-Bucht des Rossmeeres. Außerdem nutzte das Team ein Außen-camp zirka 380 Kilometer weiter nördlich auf dem Rennick-Gletscher, um strukturgeologische und petrologische Untersuchungen an eisfreien Gesteinen des Transantarktischen Gebirges durchzuführen. Ergänzt wurden die Arbeiten durch aeromagnetische Messungen mit einem Helikopter, die Informationen über Gesteine und Strukturen unter dem Gletschereis liefern. Mit den Messflügen und den geologischen Feldarbeiten wurden frühere Expeditionen im Rahmen des GANOVEX-Forschungsprogramms fortgesetzt, das bereits seit 1979 läuft.

Insgesamt wurden auf der Expedition umfangreiche Daten und über zwei Tonnen Gesteinsproben gesammelt. Nach erfolgreichem Abschluss der jüngsten Kampagne des GANOVEX-Programms sollen in den kommenden Jahren auch geophysikalische Messungen im angrenzenden Südpazifik unter italienischer Leitung folgen. Damit sollen Aufbau und Verlauf der geologischen Strukturen noch genauer nachvollzogen und eine mögliche Korrelation der Strukturen an Land mit jenen im Meer vor der Küste überprüft werden. „Unser Ziel ist es, ein schärferes Bild von der Entstehung Antarktikas zu zeichnen“, sagt Andreas Läufer.

120 Millionen Jahre alte Basalt-Intrusion am Depotodden, Nordaustlandet.



Probenahme von Basaltgesteinen auf Gyldenöya, Nordaustlandet.



Vor der Gletscherfront des Monacobreen, NW-Spitzbergen.

BERLIN

Die Forschungsarbeiten der BGR und anderer deutscher Forschungsinstitute an den Polen verleihen der Bundesregierung Mitspracherechte bei wirtschafts-, umwelt- und forschungspolitischen Entscheidungen, die die Arktis betreffen. Sie unterstützen auch die Fortentwicklung des Antarktisvertragssystems zum Schutz der Land- und Meeresgebiete südlich des 60. Breitengrads als „gemeinsames Erbe der Menschheit“, das ausschließlich der Wissenschaft vorbehalten ist.

Die BGR berät das Auswärtige Amt als Mitglied der deutschen Delegation bei den jährlichen Konsultativtreffen der Antarktisvertragsstaaten, bei denen u. a. Fragen zu Forschung und Umweltschutz erörtert werden. Sie war auch dabei, als Deutschland im Mai 2022 Gastgeber der 44. Antarktisvertragsstaatenkonferenz (ATCM) in Berlin war. Unter dem Motto „From Science via Policy to Protection“ unterstrich die Konferenz einmal mehr die Bedeutung der Forschung in der Antarktis für politische Entscheidungen zum Schutz der einzigartigen Eiswelt. ■



Dr. Andreas Läufer
B1.3 Geologie der Energierohstoffe,
Polargeologie

✉ Andreas.Laeufer@bgr.de



Dr. Karsten Piepjohn
B1.3 Geologie der Energierohstoffe,
Polargeologie

✉ Karsten.Piepjohn@bgr.de

DIE ROHSTOFFBERATUNG DER BGR BIETET EINEN HOHEN MEHRWERT

Interview mit Franziska Erdle, Hauptgeschäftsführerin der Wirtschaftsvereinigung Metalle

Zu den zentralen Aufgaben der BGR gehört die Beratung der Bundesregierung und der deutschen Wirtschaft bei der langfristigen Sicherung der Rohstoff- und Energieversorgung Deutschlands. Welches sind aus Ihrer Sicht die vordringlichsten Ziele bei der Wahrnehmung dieser Aufgabe gerade vor dem Hintergrund der aktuellen geopolitischen Konflikte?

Für unsere Industrie ist eine langfristige und sichere Versorgung mit energetischen und mineralischen Rohstoffen von essenzieller Bedeutung. Hier leistet die Deutsche Rohstoffagentur, DERA, in der BGR mit ihren Informationen zu Rohstoffpotenzialen, zu Angebots-, Nachfrage- und Preistrends auf den Rohstoffmärkten einen wichtigen Beitrag. Für eine langfristige Sicherung der Rohstoffversorgung darf man die Resilienz der Lieferketten nicht als ein Projekt sehen, sondern als einen komplexen Prozess. Die Rohstoffverfügbarkeit und -versorgung sind Prozesse, die langfristig angegangen werden müssen. Das vordringlichste Ziel ist zurzeit die planungssichere Energie- und Rohstoffversorgung zu wettbewerbsfähigen Preisen, denn nur so kann unsere Industrie überhaupt im internationalen Umfeld bestehen.

„Für eine langfristige Sicherung der Rohstoffversorgung darf man die Resilienz der Lieferketten nicht als ein Projekt sehen, sondern als einen komplexen Prozess.“

Deutschland ist vor allem bei Metallrohstoffen in einem sehr hohen Maß von Importen abhängig. Die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der BGR leistet mit ihrem Rohstoffmonitoring Beiträge bei der Bewertung der internationalen Rohstoffmärkte. Wie beurteilen Sie die Arbeit der DERA?

Wir haben eine hervorragende Zusammenarbeit mit der DERA. Unsere Metalle sind immer wieder verschiedensten Verwerfungen an den internationalen Rohstoffmärkten ausgesetzt. Im Jahr 2021 gab es erhebliche Probleme mit dem für uns wichtigen Legierungsmetall Magnesium. Umso

wichtiger ist es, dass wir nach Kriegsbeginn in der Ukraine unsere Abhängigkeiten im Im- und Export des Metallsektors mithilfe der von der DERA zur Verfügung gestellten Informationen genauer beleuchten konnten. So konnten wir bei besonders starken Abhängigkeiten, wie z. B. im Fall von hochreinen Nickel-Produkten, mithilfe der DERA unsere Mitgliedsunternehmen bei der Suche nach Alternativen unterstützen.

Mit welchen Maßnahmen kann die DERA die Unternehmen zusätzlich unterstützen?

Die von der DERA durchgeführten Webinare und Workshops, wie z. B. im Mai 2022 mit einer Veranstaltung zur Sicherheit der Rohstoffversorgung, bieten für uns als Stakeholder einen hohen Mehrwert. Bei speziellen Fragestellungen finden wir in der DERA, aber auch in der gesamten BGR immer sehr gute Ansprechpartnerinnen und Ansprechpartner, die auch weiterhin – das wäre mein Wunsch – die Möglichkeit haben sollten, schnell und selbstständig in bilateralen Gesprächen Probleme zu lösen. Eine proaktive Beratung im Bereich des Risikomanagements, bei der die Risiken klar benannt werden, ist für Stakeholder ein echter Mehrwert.

Welche Möglichkeiten sehen Sie, um die deutsche Rohstoffabhängigkeit generell weiter zu verringern?

In dieser Frage lässt sich das Rad leider bisher nicht neu erfinden. Wir sind weiterhin von drei wesentlichen Säulen der Rohstoffversorgung abhängig: Importe müssen stärker diversifiziert werden und trotzdem im Kostenrahmen bleiben, das Potenzial von Rohstoffrecycling im Bereich der Kreislaufwirtschaft muss entschlossen gehoben werden und schließlich müssen wir auch wieder über den Rohstoffabbau in Europa sprechen. Wir haben mit unserem europäischen Verband eine Studie bei der Universität Leuven zur Rohstoffversorgung durchführen lassen. Das Ergebnis: Der Bedarf von fast allen Basis- und Technologiemetallen wird sich bis 2030 deutlich erhöhen. Eine Möglichkeit, Abhängigkeiten von einzelnen Lieferländern zu verringern, ist der Aufbau von nationalen und europäischen Rohstofflagern.

Wie kann das Rohstoffrecycling in Deutschland weiter verbessert werden?

Zunächst einmal müssen alle Akteure entlang der Wertschöpfungskette bei diesem Thema enger miteinander



FRANZISKA ERDLE

ist seit 21 Jahren im bundespolitischen Bereich tätig. Nach dem Studium der Rechtswissenschaften folgten Stationen im Deutschen Bundestag und verschiedenen Verbänden. Seit 2011 ist Franziska Erdle bei der Wirtschaftsvereinigung Metalle tätig, die sie seit Februar 2015 als Hauptgeschäftsführerin leitet.

„Einen wichtigen Beitrag zur Rohstoffversorgung der deutschen Industrie sehen wir auch in verbindlichen Anforderungen zur Nutzung des mehrfachen Recyclingpotenzials von Materialien.“

kooperieren. Deshalb bin ich dankbar, dass das Bundeswirtschaftsministerium die Dialogplattform Recyclingrohstoffe eingerichtet hat, um bis zum nächsten Jahr Handlungsoptionen für eine Verbesserung des Recyclings von Metallen und mineralischen Rohstoffen in Deutschland zu erarbeiten. Ziel muss es sein, gebrauchte Produkte möglichst lückenlos zu erfassen und einem hochwertigen Recycling zuzuführen. Aus Sicht der Wirtschaftsvereinigung Metalle möchte ich einige Punkte hervorheben. Für uns fängt das Recycling bei der Produktgestaltung, dem

„Design for Recycling“, an, welches nach Schätzungen der EU-Kommission bereits ca. 80 Prozent der Umweltwirkungen von Produkten vorbestimmt. Es ist daher wichtig – neben der Reduzierung der Materialvielfalt und der Vermeidung von Einwegmaterialien – die Möglichkeiten der leichteren Zerlegung sowie die Recyclingfähigkeit, insbesondere komplexer Strukturen, z. B. bei Elektrogeräten oder Batterien, zu stärken. Einen wichtigen Beitrag zur Rohstoffversorgung der deutschen Industrie sehen wir auch in verbindlichen Anforderungen zur Nutzung des mehrfachen Recyclingpotenzials von Materialien. Bei Metallen wird dieses Potenzial bereits heute ausgeschöpft. Die Verwendung mehrfach recyclingfähiger Werkstoffe sollte z. B. durch Lizenzentgeltsysteme gefördert werden. Als weitere wichtige Instrumente betrachten wir die Einführung von Pfandsystemen für weitere Produkte, wie z. B. Elektroaltgeräte oder Batterien, die Bekämpfung illegaler und weitgehend unkontrollierter Abflüsse von werthaltigen Altprodukten in Drittländer und die Harmonisierung von europäischem Produkt-, Chemikalien- und Abfallrecht. ■

MATTHIAS BAIER VERBINDET ÖKONOMISCHE EXPERTISE MIT ENTWICKLUNGSPOLITISCHER ERFAHRUNG



Matthias Baier ist Diplom-Volkswirt mit über 25-jähriger Erfahrung als Berater und Projektkoordinator in der Entwicklungszusammenarbeit. Einen Großteil seiner Berufszeit hat er im Ausland verbracht und mehr als den halben Globus bereist. Von 2009 bis 2017 koordinierte er in der BGR mehrere internationale Projekte, u. a. zur Zertifizierung von Konfliktrohstoffen im Kongo. Seit 2019 bringt er seine Expertise in rohstoffwirtschaftlichen Fragen sowie seine exzellenten internationalen Kontakte bei der BGR in eine neue Aufgabe ein – als Leiter der Deutschen Kontrollstelle EU-Sorgfaltspflichten in Rohstofflieferketten (DEKSOR).

„Ich habe mich schon früh für ökonomische Zusammenhänge im internationalen Kontext und für soziale Aspekte der Wirtschaft interessiert“, sagt Matthias Baier. Die Themen ziehen sich wie ein roter Faden durch seinen Ausbildungs- und Karriereweg: Nach dem Abitur studierte er Politik und Wirtschaft in Marburg, wo er sich auf Internationale Wirtschaft und Wirtschaftsprobleme in Entwicklungsländern spezialisierte. In dieser Zeit sammelte er erste Auslandserfahrung und verbrachte u. a. während eines Praktikums bei den Vereinten Nationen einige Monate auf Madagaskar.

Seine ersten beruflichen Schritte unternahm Matthias Baier als selbstständiger Berater der Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ – heute GIZ) in Eschborn und als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Kooperation in Entwicklungsländern (IKE) an der Universität Marburg. Das Themenspektrum seiner Arbeit reichte von Bodenrecht über ländliche Entwicklung bis hin zu Ressourceneffizienz. Projekte führten ihn nach Afrika, Südosteuropa und Asien, wo er etwa das Ministerium für

Landmanagement, Stadtplanung und Bau in Kambodscha beriet. Matthias Baier interessierte sich aber nicht nur für wirtschaftliche Fragen. Er war auch extrem neugierig, was fremde Kulturen angeht. Denn: „Ohne ein Verständnis für die Menschen und ihre Lebensweise versteht man ökonomisches Handeln in anderen Teilen der Erde nicht“, sagt er.

Nach fünf Jahren in der Entwicklungszusammenarbeit wurde er an der Universität Marburg Programmkoordinator und baute dort den Masterstudiengang „International Development Studies“ mit auf. Matthias Baier, der sich selbst nicht als Fachexperten, sondern als jemanden mit einem fachübergreifenden Überblick bezeichnet, konnte hier seine beruflichen Erfahrungen und sein Wissen in Wirtschaft, Gesellschaftswissenschaften und Geografie einbringen. Seine nächste berufliche Station erforderte 2007 einen geografischen Wechsel. Für die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig betreute er Entwicklungsprojekte im arabischen Raum sowie in Zentralafrika.

2009 kam der Volkswirt erstmals zur BGR und war hier als Nicht-Geowissenschaftler ohne entsprechendes Fachgebiet eher ein Exot, wie er sagt. In den nächsten knapp neun Jahren tat er das, was er nach eigener Aussage am besten kann: „Projekte anbahnen und steuern, die Entwicklungspolitik, Wirtschaft und Naturwissenschaften miteinander verbinden“. Im Fachbereich „Internationale Zusammenarbeit“ der BGR koordinierte Matthias Baier Entwicklungsprojekte in den Ländern Süd- und Zentralafrikas, die sich mit unterschiedlichen geowissenschaftlichen Fragestellungen befassten. Zum Spektrum gehörten Projekte zur Grundwassernutzung, Klimaanpassung oder zum Rohstoffabbau.

Ein großes Thema, das in dieser Zeit aufkam und in das sich Matthias Baier tief einarbeitete, waren mineralische Rohstoffe aus Konfliktgebieten. Dazu zählten Gold, aber auch das berüchtigte „Blutkoltan“ aus der Demokratischen Republik Kongo, aus dem der Rohstoff Tantal für Kondensatoren in Smartphones gewonnen wird. Er unternahm lange Reisen in den tiefsten Busch – zuerst mit dem Flugzeug, dann weiter per Jeep und Motorrad und am Ende zu Fuß –, um Minen in Regionen zu besichtigen, wo es kaum rechtsstaatliche Kontrolle gibt. Aufgrund seiner Expertise zu Konfliktrohstoffen war er auch zunehmend als Berater gefragt, im Auswärtigen Amt, bei der OECD, der UN oder der EU.

2017 verließ Matthias Baier die BGR, um als selbstständiger Consultant internationale Organisationen in Wirtschaftsfragen der Entwicklungszusammenarbeit zu beraten. Als



Oben: Im Gespräch beim „Tag der offenen Tür“ im Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) in Berlin.



Links: Audit einer Goldmine mit artisanalem Kleinbergbau in der DR Kongo.

die BGR 2019 einen Leiter für die neu geschaffene nationale Kontrollstelle für die Überwachung der Umsetzung der EU-Konfliktminerale-Verordnung suchte, bewarb sich Matthias Baier. „Mein Lebenslauf passte perfekt zu der Ausschreibung – ich kannte mich mit den Unternehmen, den Rohstofflieferketten und der EU-Verordnung aus, hatte die notwendige ökonomische Expertise, Sprachkenntnisse und Erfahrung in den betroffenen Ländern“, erzählt er.

Matthias Baier kehrte in neuer Funktion zurück zur BGR und begann mit dem Aufbau der DEKSOR, deren Team mittlerweile acht Personen umfasst. Seine jetzige Tätigkeit ist nach wie vor sehr international ausgerichtet, wengleich Matthias Baier nicht mehr nach Kinshasa und Amman, sondern nach Brüssel und Paris reist; etwa als Referent zum Treffen der Expertengruppe der Europäischen Kommission oder zu einer OECD-Konferenz, bei der es um Verbrechen im Zusammenhang mit Mineralen geht. Mit seinem Team informiert er deutsche Unternehmen über die EU-Konfliktminerale-Verordnung und kontrolliert, ob diese ihren Sorgfaltspflichten nachkommen. „Wir achten darauf, dass Unternehmen ein entsprechendes Managementsystem aufbauen und Konfliktrisiken bei Rohstoffimporten minimieren“, sagt Matthias Baier. Die aktuellen Krisen auf der Welt zeigten, so der DEKSOR-Leiter, dass es für eine sichere Rohstoffversorgung notwendig sei, die Lieferketten zu kennen. „Das ist ein Zukunftsthema“, sagt er. ■



DEKSOR

DEUTSCHE KONTROLLSTELLE EU-SORGFALTS- PFLICHTEN IN ROHSTOFFLIEFERKETTEN

Die DEKSOR in der BGR ist als nationale Kontrollstelle für die Umsetzung der EU-Konfliktminerale-Verordnung zuständig. Sie informiert Unternehmen zu Konfliktmineralen und kontrolliert, ob Importeure dieser Rohstoffe in Deutschland ihren Sorgfaltspflichten nachkommen. Unter die Verordnung fallen aktuell die Metalle Zinn, Tantal, Wolfram und Gold sowie deren Erze, die teils über Konflikt- und Hochrisikogebiete ausgeführt oder dort gefördert werden. Rohstoffabbau geschieht in diesen Regionen oft illegal, außerhalb staatlicher Kontrolle. Er finanziert Waffenkäufe und steht mit Kinderarbeit, sexueller Gewalt, Entführungen sowie Zwangsumsiedlungen in Verbindung.

Die EU-Konfliktminerale-Verordnung soll den verantwortungsvollen Abbau und Bezug von Mineralen fördern und verhindern, dass EU-Importe zu bewaffneten Konflikten und Menschenrechtsverletzungen beitragen. Sie betrifft Unternehmen, deren Einfuhrmenge einen bestimmten Schwellenwert übersteigt. Damit sollen mindestens 95 Prozent der Importe an potenziellen Konfliktmineralen erfasst werden. Die Unternehmen müssen prüfen, ob Rohstoffimporte aus Konfliktregionen stammen und Konfliktrisiken in ihren Lieferketten reduzieren. Sie sind zu externen Audits verpflichtet und müssen Berichte über Strategien zur Erfüllung ihrer Sorgfaltspflichten vorlegen. Ob sie die Verordnung einhalten, überprüft die DEKSOR für das jeweilige Vorjahr auf Basis einer risikobasierten Auswahl anhand von Zolldaten.



Matthias Baier
Deutsche Kontrollstelle EU-Sorgfaltspflichten in Rohstofflieferketten, DEKSOR

✉ Matthias.Baier@bgr.de

FACHKOMPETENZ VON MORGEN – DER WISSENSCHAFTLICHE NACHWUCHS DER BGR

Junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Anfang ihrer akademischen Karriere finden in der BGR ein Umfeld mit vielfältigen Möglichkeiten, um sich weiterzuentwickeln. Neben einer breiten Unterstützung im Arbeitsalltag und bestens ausgestatteten Laboren bietet die BGR dem wissenschaftlichen Nachwuchs die Möglichkeit, sich im „Early Career Scientists Club“ des Geozentrums Hannover mit Menschen aus anderen Fachrichtungen und Forschungsinstituten zu vernetzen. Promovierende und Postdocs können sich hier zu Fragen rund um die Promotion oder die weitere Karriereplanung austauschen und wissenschaftliche Themen diskutieren. Zu den aktuellen Mitgliedern des Netzwerks gehört Annika Desens, die im BGR-Fachbereich „Grundwasserressourcen – Beschaffenheit und Dynamik“ über Methoden zur Bestimmung des Grundwasseralters promoviert.



Annika Desens bei der Grundwasserbeprobung.

Annika Desens studierte ab 2008 zunächst Mathematik und Physik an der Leibniz Universität Hannover, ehe sie 2011 zum Bauingenieurwesen wechselte und sich schließlich im Masterstudium auf Wasser-, Umwelt- und Küsteningenieurwesen spezialisierte. Im Jahr 2017 führte sie ihr Weg erstmals zur BGR, um ihre Masterarbeit zum Thema „Modellierung der Fluidzirkulation in der ozeanischen Kruste im NE-Pazifik“ zu schreiben. Nach Abschluss ihres Studiums trat sie eine Stelle in einem wasserwirtschaftlichen Ingenieurbüro an, blieb dort allerdings nur kurz.

„Mein eigentliches Interesse galt immer dem Thema Grundwasser“, sagt sie. So kam Annika Desens 2019 wieder zurück zur BGR, um im Rahmen der Politikberatung zum Thema Grundwasser bei der Erstellung von Strategien und Konzepten für das UN-Entwicklungsziel der nachhaltigen Wasserversorgung und -bewirtschaftung mitzuwirken. „Dabei habe ich spannende Einblicke in verschiedene Fragestellungen zum Thema Grundwasser im Rahmen der Technischen Zusammenarbeit erhalten“, erzählt sie. Zu ihrer Tätigkeit gehörten Stellungnahmen und Fachberichte für Politik und Fachöffentlichkeit zu Grundwasserfragen. Dabei arbeitete sie auch mit Vertreterinnen und Vertretern anderer Durchführungsorganisationen der deutschen Entwicklungszusammenarbeit wie der Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) oder der KfW zusammen.

2020 wechselte Annika Desens innerhalb der BGR auf eine Promotionsstelle im Projekt „Methodik Grundwasseralter“. Ziel des Projekts ist es, eine Datenbank zum Grundwasseralter in Deutschland aufzubauen, die die Suche nach einem sicheren Endlagerstandort für hochradioaktiven Atommüll unterstützen soll. Dafür trägt sie im engen Austausch mit den Wasserversorgern und den Staatlichen Geologischen Diensten der Länder Daten zu Isotopenmessungen und Grundwasser-Altersbestimmungen zusammen und führt eigene Messkampagnen durch. Zudem beschäftigt sie sich mit der Strömungs- und Transportmodellierung des Grundwassers. „Es ist auch die Verknüpfung von praktischer Feldarbeit und Modellierung, die den Reiz des Projekts für mich ausmacht“, sagt sie.

Die Ergebnisse ihrer Forschung präsentiert Annika Desens u. a. auf Konferenzen. In Kürze wird ihr erster Artikel in einem wissenschaftlichen Fachmagazin erscheinen. Neben ihrer wissenschaftlichen Arbeit engagiert sie sich auch im Personalrat. ■

Early Career Scientists Club

✉ ECS-Club@bgr.de

AZUBI UND AZUBINE – DIE VIELFÄLTIGEN AUSBILDUNGSMÖGLICHKEITEN IN DER BGR

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



Johannes Gentz (Foto) wird seit Sommer 2020 in der BGR zum Fachinformatiker ausgebildet. Sein Bruder hatte ihn damals auf die Ausbildungsstelle aufmerksam gemacht. „Ich wollte Informatiker werden und hatte beim Bewerbungsgespräch in der BGR einen tollen ersten Eindruck: freundliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, vielfältige Themenfelder und eine beeindruckende Geschichte in der Geoforschung“, sagt er. Daneben schätzt er an der BGR auch die sehr gute technische Ausstattung und den fast täglichen Austausch mit seinem Ausbilder. „Das ist nicht in jedem Ausbildungsbetrieb selbstverständlich, wie ich aus Gesprächen im Freundeskreis weiß“, sagt er. Während der Ausbildung durchläuft Johannes Gentz verschiedene Stationen im IT-Bereich der BGR – vom Netzwerk- über Hardware- bis hin zum Desktop-Support. Regelmäßig nimmt er auch an IT-Fortbildungen teil, die hausintern oder von der Multi-Media Berufsbildende Schulen Hannover (MMBBS) angeboten werden. Nach der Ausbildung möchte Johannes Gentz ein Informatikstudium beginnen.



Jasmina Rischmann (Foto) befindet sich momentan im zweiten Lehrjahr ihrer Ausbildung zur Kauffrau für Büromanagement in der BGR. „Bei der Berufsorientierung in der Schule habe ich gemerkt, dass mir eine Tätigkeit in diesem Berufsfeld gefallen würde“, sagt sie. Über eine Stellenanzeige in der Zeitung hat sich die gebürtige Hannoveranerin bei der BGR beworben. Dort durchläuft sie während ihrer Ausbildung verschiedene Stationen in der Abteilung „Zentrale Dienste“ und erhält dort umfassende Einblicke in Bereiche wie Personal, Einkauf oder Haushalt. „Neben der vielfältigen Arbeit schätze ich besonders die freundliche Atmosphäre hier im Haus“, sagt Jasmina Rischmann. Auch weil sie ihre Arbeit zum Teil im Homeoffice erledigen kann, sei die BGR ein attraktiver Arbeitgeber. „Ich spare dadurch an manchen Tagen drei Stunden für den Hin- und Rückweg mit den öffentlichen Verkehrsmitteln“, sagt sie. Bis zum Ende ihrer Ausbildung im Sommer 2024 wird sie weitere Bereiche der BGR kennenlernen und möchte sich anschließend spezialisieren.

i

AUSBILDUNGSBERUFE IN DER BGR:

- 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)

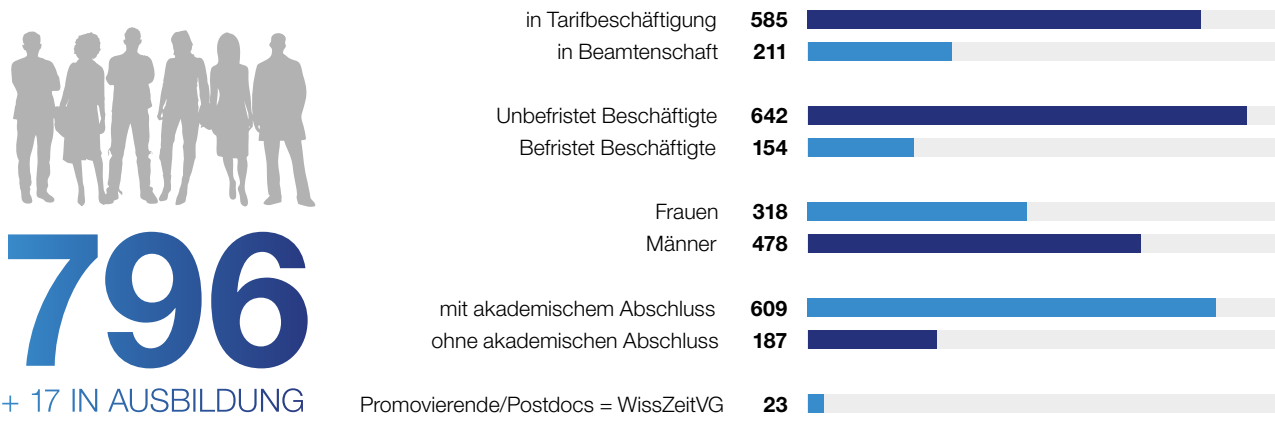
Jugend- und Auszubildendenvertretung (JAV)
✉ JAV-BGR@bgr.de

DIE BGR

Dienstbereiche der BGR



Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der BGR



Stichtag: 30.06.2022

Haushalt 2021

Einnahmen (einschließlich Drittmittel)

17.434.363,28 €

davon Ausgaben für Aufträge anderer Bundesbehörden und Dritter (insbesondere BMZ)

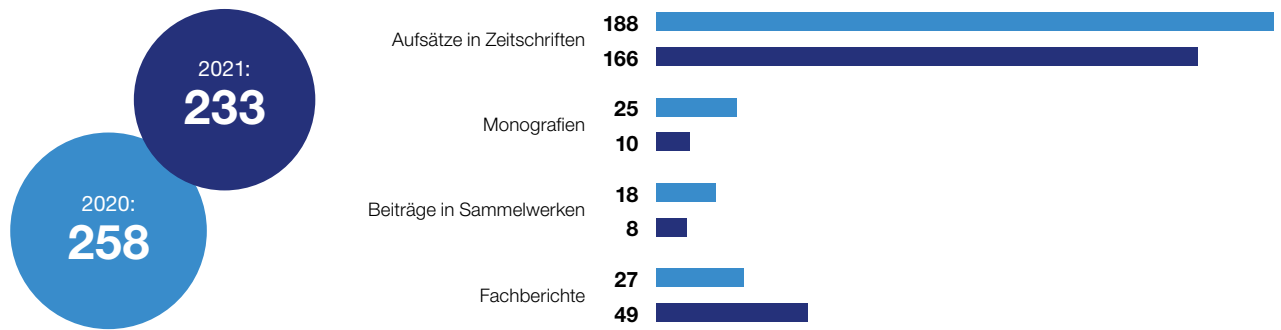
Ausgaben

107.661.110,11 € **17.505.509,96 €**

PUBLIKATIONEN

Wissenschaftliche Publikationen der BGR¹⁾

■ 2020 ■ 2021

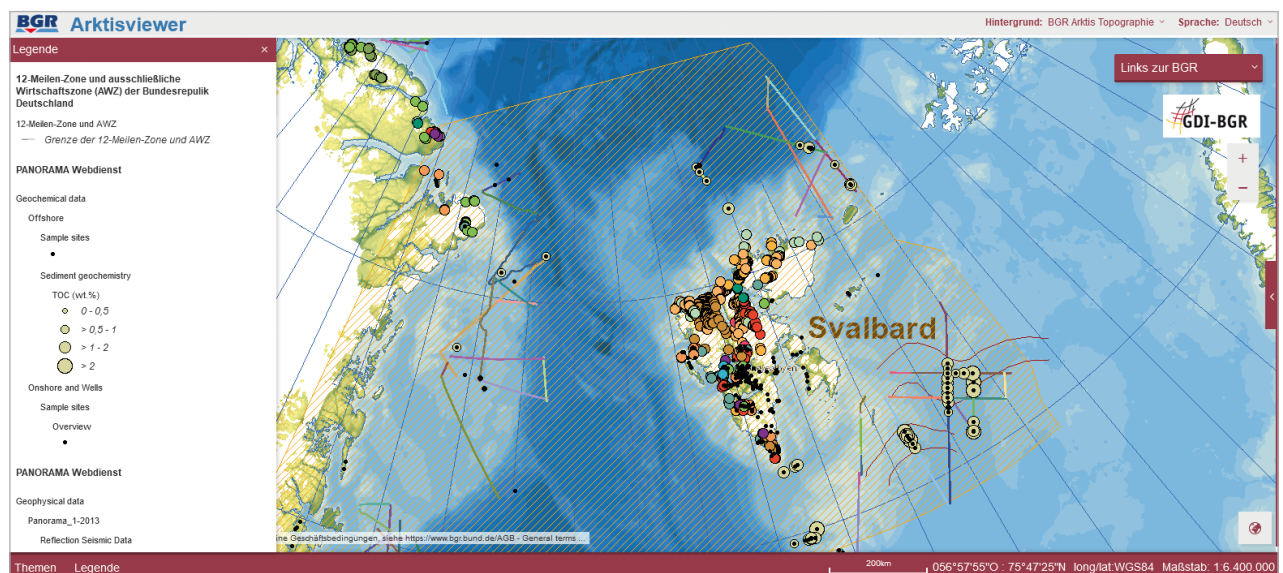


¹⁾ Von bzw. unter Mitwirkung von BGR-Mitarbeiterinnen und -Mitarbeitern.

Stichtag: 30.06.2022

PRODUKTCENTER

Die digital verfügbaren Fachinformationen der BGR sind über das Produktcenter auf der BGR-Website zugänglich. Aktuell erschließt das Produktcenter rund 830 geowissenschaftliche und rohstoffwirtschaftliche Fachdatensätze, insbesondere Karten(-blätter) und -serien. Letztere unterliegen größtenteils einer kontinuierlichen Aktualisierung. Zusätzlich zum bisherigen Angebot gehören zum Bestand des Produktcenters jetzt auch Webdienste aus dem nördlichen Polargebiet, welche in der neuen Anwendung „BGR Arktisviewer“ betrachtet und abgefragt werden können. Die Anwendung wird kontinuierlich um weitere Webdienste mit geophysikalischen und geologischen Erkenntnissen ergänzt.



Ein Beispiel für das Produktangebot: Der „BGR Arktisviewer“.

- Produktcenter: <https://produktcenter.bgr.de>
- Kurzlink „BGR Arktisviewer“: <https://geoviewer.bgr.de/arktis>

INTERNATIONALE EINSATZ- UND FORSCHUNGSGEBIETE DER BGR



DEUTSCHE ROHSTOFFAGENTUR

DERA-Projekte

KERNWAFFENTESTSTOPP

CTBTO und IAEAO

TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT

Regionale Projekte

Grundwasser

- ABN – Nigerbecken
- CBLT – Tschadseebecken
- CUVECOM – Cuvellaibecken
- OSS – Maghreb

Mineralische Rohstoffe

- CEPAL – Andenländer
- ICGLR – Region Große Seen

Geothermie

- SICA – Zentralamerika

Bilaterale Projekte

- Boden
- Georiskien
- Geothermie
- Grundwasser
- Mineralische Rohstoffe

ENDLAGERFORSCHUNG

Internationale Untertage-Labore

- Kristallin
- Ton

MARINE ROHSTOFFFORSCHUNG

Lizenzgebiet

- Manganknollen
- Massivsulfide

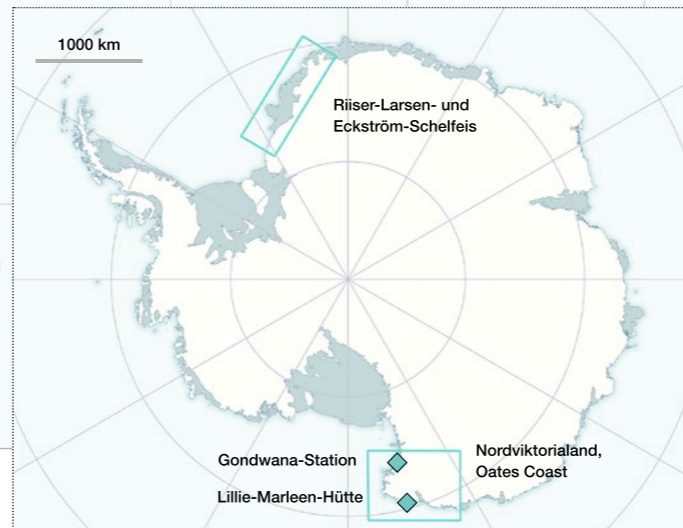
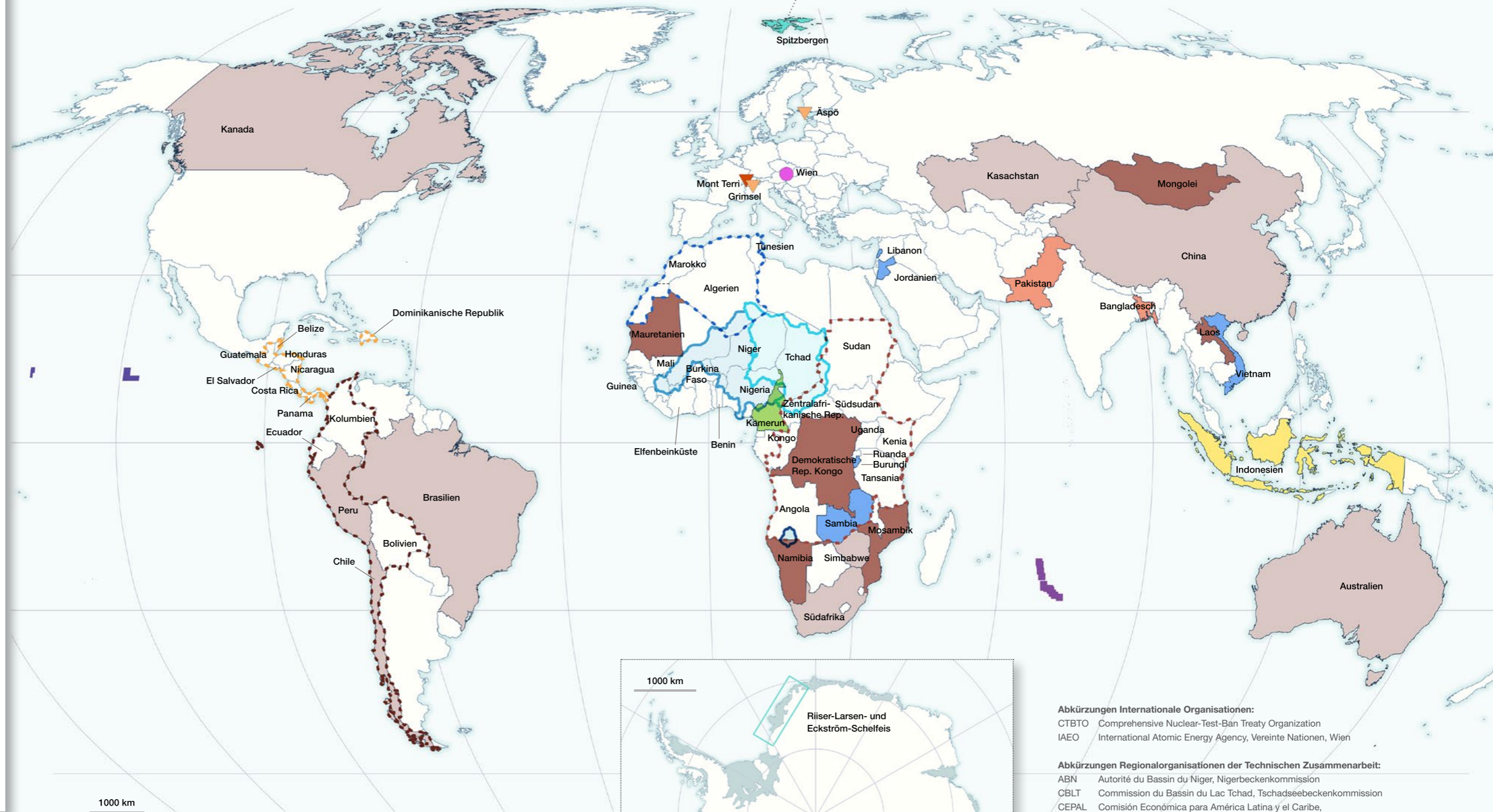
POLARFORSCHUNG

Antarktis

- Zielgebiete Antarktisexpeditionen
- Forschungsstationen der BGR

Arktis

- Zielgebiete Arktisexpeditionen



- Abkürzungen Internationale Organisationen:**
- CTBTO Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization
 - IAEO 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
 - OSS Observatoire du Sahara et du Sahel, Sahara und Sahel Observatorium
 - SICA Sistema de la Integración Centroamericana, Zentralamerikanisches Integrationssystem

BERATUNG

Die BGR ist die zentrale Forschungs- und Beratungseinrichtung der Bundesregierung auf den Gebieten der Geowissenschaften und Rohstoffe. Zu ihren Kernaufgaben zählt die Beratung und Information der Bundesregierung, der deutschen Wirtschaft und der Öffentlichkeit insbesondere 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 und informiert 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 stellen wissenschaftliche Expertise in Vorträgen und Veranstaltungen bereit. Sie 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.

Beispiele für Beratungsaufgaben der BGR

DEUTSCHE ROHSTOFFAGENTUR (DERA)



Mit ihrem Rohstoffmonitoring leistet die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der BGR bereits seit 12 Jahren einen substantiellen Beitrag zur Erhöhung der Markttransparenz im Rohstoffsektor und berät als Service des Bundes 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 wissenschaftsbasierte Rohstoffberatung ist ein Qualitätsmerkmal der DERA. Die detaillierten Rohstoffrisikobewertungen zu ausgewählten Rohstoffen umfassen z. B. Angebots- und Nachfrageszenarien, Analysen zu rohstoffspezifischen Beschaffungsrisiken und Ausweichstrategien.

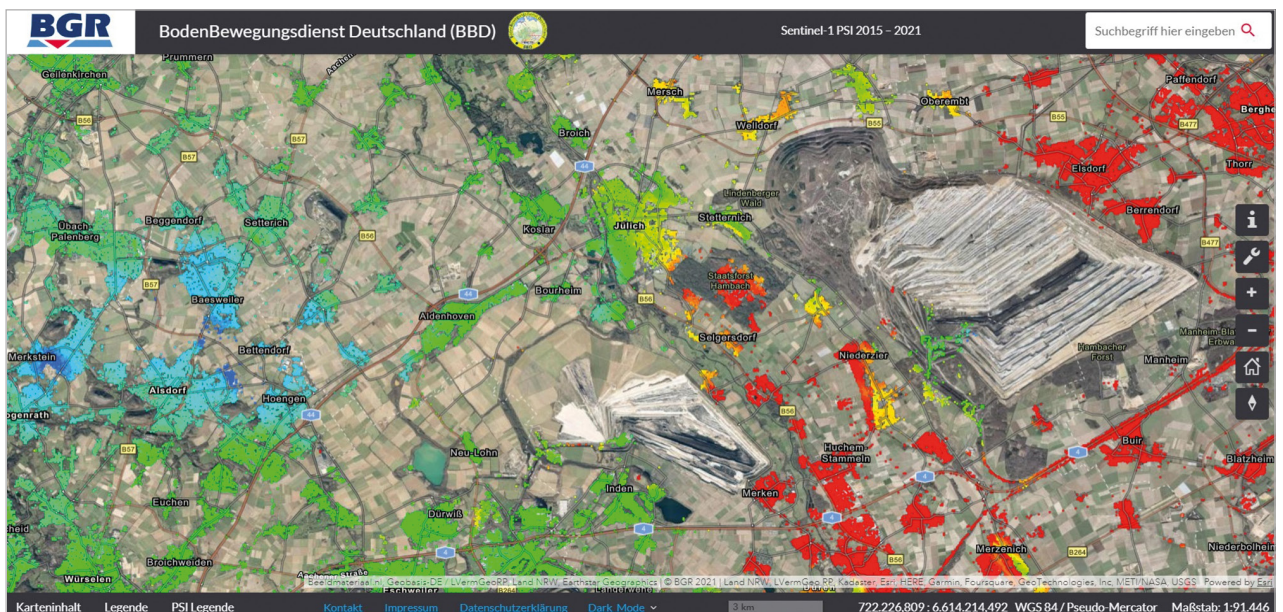
Die bei der DERA eingehenden Anfragen seitens der Politik, Wirtschaft und Gesellschaft haben sich seit Beginn des russischen Angriffskrieges auf die Ukraine

stark erhöht. Sie betreffen insbesondere auch Themen, die sich mit den Diversifizierungsmöglichkeiten Deutschlands bei zahlreichen Rohstoffen beschäftigen.

SEKTORVORHABEN ROHSTOFFE UND ENTWICKLUNG



Der Rohstoffsektor hat in vielen Partnerländern des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) eine herausragende Bedeutung für eine nachhaltige Entwicklung. Aus diesem Grund stellt die BGR mit ihrem Sektorvorhaben „Rohstoffe und Entwicklung“ fundierte wissenschaftliche Expertise zur Ad-hoc- und strategischen Beratung des BMZ in Bezug auf rohstoffwirtschaftliche und geowissenschaftliche Themen zur Verfügung. Dabei unterstützt das Sektorvorhaben die Ausrichtung der Entwicklungszusammenarbeit und die strategische Positionierung des BMZ im internationalen Politikdialog, um Nachhaltigkeitsziele im Rohstoffsektor zu erreichen. Neben wissenschaftlich basierter Politikberatung erstellt das Sektorvorhaben Analysen und erarbeitet wirkungsvolle Instrumente für Aufsichtsbehörden in Partnerländern sowie Handlungsempfehlungen für unterschiedliche Akteure im Rohstoffsektor. Das Sektorvorhaben unterstützt das BMZ in verschiedenen internationalen Gremien, wie z. B. der European Partnership for Responsible Minerals (EPRM) und dem Intergovernmental Forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development (IGF). Außerdem unterstützt das Sektorvorhaben das BMZ durch die Organisation von Veranstaltungen und Workshops.



Bodenbewegungsdienst Deutschland: Web-Anwendung zur interaktiven Analyse und zum Download.

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 zur Verfügung gestellt (s. Abbildung). Der BBD umfasst einen Zeitraum von sechs Jahren (2015-2021) und wird jedes Jahr ergänzt. Insgesamt werden darin über 100 Millionen Messpunkte – verteilt über ganz Deutschland – zur Verfügung gestellt. 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. Ergänzt wird das Informationsangebot durch Fachkonferenzen und Publikationen.

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 BGR

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/Report2022

Organisationsplan der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

<p>Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Postanschrift: Stilleweg 2, 30655 Hannover Postfach 51 01 53, 30631 Hannover Telefon: +49 511 643-0 bzw. Durchwahl Telefax: +49 511 643-2304</p> <p>Deutsche Rohstoffagentur (DERA)/Dienstbereich Berlin Postanschrift: Wilhelmstr. 25-30, 13593 Berlin Telefon: +49 30 36993-0 bzw. Durchwahl Telefax: +49 30 36993-100 Internet: http://www.bgr.bund.de E-Mail: Poststelle@bgr.de</p>	<p>PRÄSIDIALER STAB¹⁾, PRESSESTELLE</p> <p>C. Blume ☎ 2835</p> <p>Pressesprecher: A. Beuge ☎ 2679</p> <p>✉ PraesidialerStab@bgr.de</p>	<p>PRÄSIDENT</p> <p>Prof. Dr. R. Watzel ☎ 2101 ✉ Buero.Praesident@bgr.de</p>	<p>INTERNE REVISION</p> <p>K. Krämer ☎ 3840 ✉ Interne.Revision@bgr.de</p>	<p>Ansprechperson für Korruptionsprävention K. Krämer ☎ 3840</p>	<p>Gleichstellungsbeauftragte R. Altmann ☎ 2340 ✉ Gleichstellungsbeauftragte@bgr.de</p>	<p>Personalrat Vorsitz: G. Hartmann ☎ 3036 ✉ PRBGR@bgr.de</p>
		<p>VIZEPRÄSIDENT</p> <p>Dr. V. Steinbach ☎ 2352</p>	<p>DEUTSCHE KONTROLLSTELLE EU-SORGFALTPFLICHTEN IN ROHSTOFFLIEFERKETTEN (DEKSOR)</p> <p>M. Baier ☎ 2069 ✉ DEKSOR@bgr.de</p>	<p>Datenschutzbeauftragte A. Schenk ☎ 3688 ✉ Datenschutz@bgr.de</p>	<p>Interne Meldestelle gem. EU-Hinweisgeber-Richtlinie ☎ 0175 6873401 ✉ Whistleblower@bgr.de</p>	<p>Vertrauensperson der schwerbehinderten Menschen P. Abend ☎ 2421 ✉ Vertrauensperson.Schwbh@bgr.de</p>
				<p>Fachkraft für Arbeitssicherheit gem. § 5 ASiG D. Reinert ☎ 2248</p>	<p>Vertrauensperson gem. Ziffer 3.5 der Regeln zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis Dr. U. Lanzendorf ☎ 2312</p>	
<p>ABTEILUNG Z Zentrale Dienste</p> <p>F. Sieling ☎ 2494 ✉ Postfach-Z@bgr.de Vertr.: F. Lichtenberg ☎ 2303</p> <p>Abteilungscontrolling A.-C. Woodyard ☎ 2279</p>	<p>ABTEILUNG 1 Zentrale Dienste</p> <p>Dr. V. Steinbach ☎ 2352 ✉ Postfach-B1@bgr.de Vertr.: Dr. H. Wilken ☎ 2362</p> <p>Abteilungscontrolling Dr. I. Heyde ☎ 2782</p>	<p>ABTEILUNG 2 Grundwasser und Boden</p> <p>Prof. Dr. T. Himmelsbach ☎ 3794 ✉ Postfach-B2@bgr.de Vertr.: Dr. U. Meyer ☎ 3212</p> <p>Abteilungscontrolling Dr. S. Costabel ☎ 3489</p>	<p>ABTEILUNG 3 Unterirdischer Speicher- und Wirtschaftsraum</p> <p>G. Enste ☎ 2442 ✉ Postfach-B3@bgr.de Vertr.: Dr.-Ing. S. Fahland ☎ 2584</p> <p>Abteilungscontr.: C. Löschner ☎ 3892</p>	<p>ABTEILUNG 4 Geowissenschaftliche Informationen, Internationale Zusammenarbeit</p> <p>Dr. C. Bönnemann ☎ 3134 ✉ Postfach-B4@bgr.de Vertr.: Dr.-Ing. T. Lege ☎ 3001</p> <p>Abteilungscontr.: Dr. C. Pilger ☎ 2878</p>		
<p>REFERAT Z.1 Personal K. Fischer ☎ 2500 ✉ Postfach-Z1@bgr.de</p>	<p>FACHBEREICH 1.1 Deutsche Rohstoffagentur (DERA)</p> <p>Dr. P. Buchholz ☎ +49 30 36993-228 ✉ Postfach-B11@bgr.de Vertr.: Dr.-Ing. S.-U. Schulz ☎ +49 30 36993-235</p>	<p>FACHBEREICH 2.1 Geophysikalische Erkundung – Technische Mineralogie</p> <p>Dr. U. Meyer ☎ 3212 ✉ Postfach-B21@bgr.de Vertr.: Dr. B. Siemon ☎ 3488</p>	<p>FACHBEREICH 3.1 Nutzungspotenziale des geologischen Untergrundes</p> <p>Dr. G. von Goerne ☎ 3101 ✉ Postfach-B31@bgr.de Vertr.: Dr. S. Röbling ☎ 2623</p>	<p>FACHBEREICH 4.1 Internationale Zusammenarbeit</p> <p>N. N. ✉ Postfach-B41@bgr.de Vertr.: Dr. A. Hoffmann-Rothe ☎ 2651</p>		
<p>REFERAT Z.2¹⁾ Betriebstechnik, Innerer Dienst R. Schwier ☎ 3042 ✉ Postfach-Z2@bgr.de</p>	<p>FACHBEREICH 1.2 Geologie der mineralischen Rohstoffe</p> <p>Dr. H. Wilken ☎ 2362 ✉ Postfach-B12@bgr.de Vertr.: Dr. G. Franken ☎ 2370</p>	<p>FACHBEREICH 2.2 Informationsgrundlagen Grundwasser und Boden</p> <p>Dr. J. Reichling ☎ 2366 ✉ Postfach-B22@bgr.de Vertr.: Dr. E. Eberhardt ☎ 3733</p>	<p>FACHBEREICH 3.2 Geologisch-geotechnische Erkundung</p> <p>N. Schubarth-Engelschall ☎ 2436 ✉ Postfach-B32@bgr.de Vertr.: M. Beushausen ☎ 2625</p>	<p>FACHBEREICH 4.2 Geoinformationen, Stratigraphie, Bibliothek¹⁾</p> <p>T. Wodtke ☎ 3455 ✉ Postfach-B42@bgr.de Vertr.: Hon.-Prof. Dr. J. Erbacher ☎ 2795</p>		
<p>REFERAT Z.3 Organisation, Zentrales Controlling G. Lopez Wismer ☎ 2156 ✉ Postfach-Z3@bgr.de</p>	<p>FACHBEREICH 1.3 Geologie der Energierohstoffe, Polargeologie</p> <p>Hon.-Prof. Dr. C. Gaedicke ☎ 3790 ✉ Postfach-B13@bgr.de Vertr.: Dr. D. Franke ☎ 3235</p>	<p>FACHBEREICH 2.3 Grundwasserressourcen – Beschaffenheit und Dynamik</p> <p>Hon.-Prof. Dr. G. Houben²⁾ ☎ 2373 ✉ Postfach-B23@bgr.de Vertr.: N. N.</p>	<p>FACHBEREICH 3.3 Charakterisierung von Speicher- und Barrieregesteinen</p> <p>Dr. J. Lippmann-Pipke ☎ 2848 ✉ Postfach-B33@bgr.de Vertr.: Dr.-Ing. J. Hesser ☎ 3736</p>	<p>FACHBEREICH 4.3 Erdbediendendienst des Bundes, Kernwaffenteststopp</p> <p>Dr. L. Ceranna²⁾ ☎ 2252 ✉ Postfach-B43@bgr.de Vertr.: N. N.</p>		
<p>REFERAT Z.4 Haushalt und Finanzmanagement F. Lichtenberg ☎ 2303 ✉ Postfach-Z4@bgr.de</p>	<p>FACHBEREICH 1.4 Marine Rohstofferkundung</p> <p>Dr. C. Müller ☎ 3129 ✉ Postfach-B14@bgr.de Vertr.: Dr. habil. U. Barckhausen ☎ 3239</p>	<p>FACHBEREICH 2.4 Boden als Ressource – Stoffeigenschaften und Dynamik</p> <p>Dr. habil. E. Fries ☎ 2814 ✉ Postfach-B24@bgr.de Vertr.: Dr. habil. F. Stange ☎ 3071</p>	<p>FACHBEREICH 3.4 Langzeitsicherheit</p> <p>Dr.-Ing. J. R. Weber ☎ 2438 ✉ Postfach-B34@bgr.de Vertr.: N. N.</p>	<p>FACHBEREICH 4.4 Gefährdungsanalysen, Fernerkundung</p> <p>Dr.-Ing. T. Lege ☎ 3001 ✉ Postfach-B44@bgr.de Vertr.: Dr. D. Balzer ☎ 2742</p>		
<p>REFERAT Z.5 Beschaffung, Materialwirtschaft C. Jahn ☎ 2155 ✉ Postfach-Z5@bgr.de</p>	<p>FACHBEREICH 1.5 Geochemie der Rohstoffe</p> <p>Dr. K. Beckmann ☎ 2053 ✉ Postfach-B15@bgr.de Vertr.: Prof. Dr. A. Schippers ☎ 3103</p>	<p>AUFBAUSTAB zur Einrichtung des Forschungs- und Entwicklungszentrums Bergbaufolgen</p> <p>Dr. habil. C. Neukum³⁾ ☎ 2223 ✉ Postfach-B25@bgr.de Vertr.: N. N.</p>	<p>FACHBEREICH 3.5 Geotechnische Sicherheitsnachweise</p> <p>Dr.-Ing. S. Fahland ☎ 2584 ✉ Postfach-B35@bgr.de Vertr.: Dr.-Ing. J. Maßmann ☎ 2474</p>			
<p>REFERAT Z.6¹⁾ Zentrale Informationstechnik O. Steege²⁾ ☎ 3181 ✉ Postfach-Z6@bgr.de</p>						
<p>REFERAT Z.7 Interne Kommunikation, Service-Z-Management, Publikationen A.-C. Woodyard²⁾ ☎ 2279 ✉ Postfach-Z7@bgr.de</p>						

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

www.bgr.bund.de

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Stilleweg 2

30655 Hannover

Telefon: +49 511 643-0

E-Mail: info@bgr.de

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

