

BGR Report

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE DEZEMBER 2021



Dekarbonisierung stellt Rohstoffmärkte vor große Herausforderungen

BODEN DES JAHRES 2021

Wie die BGR nützliches Wissen über den Lössboden vermittelt, S. 6

BERGBAUFOLGEN

Neues Forschungs- und Entwicklungszentrum, S. 20

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Algorithmen für die Datenflut, S. 22

Impressum

© Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2021)

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

Sina Vollbrecht (verantw. für den Inhalt)
Andreas Beuge
Claudia Blume

Redaktionelle Mitarbeit

Sonja Göcke
Bettina Landsmann
Dr. Rüdiger Lutz
Pernette Messenger
Dr. habil. Christoph Neukum
Dr. Marc Filip Wiechmann

Texte

Holger Kroker

Gestaltung

René Winkler Grafik Design

Druck

Linden-Druck Verlagsgesellschaft mbH
Diese Ausgabe ist auf 100% Recyclingpapier gedruckt, das FSC-zertifiziert ist. Die Produktion erfolgte mit Strom aus erneuerbaren Energien, mit Farben aus nachwachsenden Rohstoffen sowie geruchsarmen Drucklack.

Bildquellen

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

Autorenfotos: BGR/BILDKRAFTWERK/Weiler, Ausnahmen: Fr. Tremareva (Matthias Sack, BGR), Fr. Vink (privat), Hr. Pein (privat), Hr. Ladage (privat), Hr. Pitz (privat), Hr. Kumar (privat); Titelbilder (v. l.): teksomolika/iStock, BGR, hrui – stock.adobe.com, jza1976/iStock, Unsplash/Zbynek Burival; S. 3: Stocktrek Images/Getty Images; S. 4 (Porträt Dr. Grohol): Europäische Kommission; S. 7: BGR/BILDKRAFTWERK/Lammel; S. 8, links: Falk Hieke; S. 16/17: hrui – stock.adobe.com; S. 18: estations – stock.adobe.com; S. 24: Maxiphoto/iStock; S. 26: LfULG, Christoph Starke; S. 29: Jo Kassis/pexels.com; S. 35, links: N. Grunwald: Franco; S. 37: Francois Molle/IRD; S. 43: Europäische Kommission; S. 46, Mitte: CTBTO (CC BY-2.0); S. 52, oben rechts: flaticon.com

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

Erscheinungsmonat

Dezember 2021

Der vorliegende BGR Report stellt Projekte und Arbeiten der BGR aus den Jahren 2020 bis 2021 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 Boden des Jahres 2021 – Wie die BGR nützliches Wissen über den Lössboden vermittelt

Projekte

Geo-Ressourcen

- 10 Information und Beratung für mehr Nachhaltigkeit in der Rohstoffgewinnung
- 12 Wasserstoff-Potenziale im geologischen Untergrund
- 14 Methanemissionen bei der Erdgasförderung
- 16 Dekarbonisierung stellt Rohstoffmärkte vor große Herausforderungen

Geowissen

- 20 Nachhaltige Lösungen für Bergbaufolgen: Forschung für neue Landschaften
- 22 Künstliche Intelligenz bei der BGR – Algorithmen für die Datenflut
- 25 Dem Kunststoff im Boden auf der Spur
- 26 Empfehlungen zur Abschätzung von geologischen Gefahren
- 28 Beirut-Explosion: Sprengkraft mit Infraschallsignalen bestimmt
- 30 3D-Modell gibt virtuellen Einblick in Norddeutschlands Untergrund

Endlagerung

- 32 Methodendatenbank für die Endlagersuche
- 33 Tiefe Rinnen im Untergrund
- 34 Endlagerforschung auf europäischer Ebene: Gemeinsam sind wir stärker

Internationale Kooperationen

- 36 Verständnis der politischen Strukturen vergrößert Erfolg im Projekt
- 38 Digitalisierungsschub durch Pandemie
- 40 Capacity building in Mauretanien und Namibia

Perspektive

- 42 Die Expertise der BGR ist für Europa von großer Bedeutung – Interview mit Dr. Milan Grohol, Rohstoffexperte bei der EU

Karriere in der BGR

- 44 Annemiek Vink: Zum Erfolg in der Wissenschaft gehören Offenheit und Flexibilität
- 46 Fachkompetenz von morgen – der wissenschaftliche Nachwuchs der BGR
- 47 Azubi und Azubine – die vielfältigen Ausbildungsmöglichkeiten in der BGR

Zahlen, Daten, Fakten

- 48 Die BGR
- 49 Publikationen, Produktcenter
- 50 Internationale Einsatz- und Forschungsgebiete der BGR
- 52 Beratung
- 55 Organisationsplan der BGR





Prof. Dr. Ralph Watzel,
Präsident der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Liebe Leserinnen und Leser,

bei der Kür des Lössbodens zum „Boden des Jahres 2021“ war die BGR erstmals Ausrichter der nationalen Festveranstaltung am Internationalen Tag des Bodens. Für die BGR war die Premiere mit einer besonderen Anforderung verbunden: Aufgrund der Corona-Pandemie wurde die Veranstaltung erstmalig im Hybrid-Format durchgeführt – mit einem kleinen Kreis von Gästen vor Ort sowie Teilnehmerinnen und Teilnehmern online im Internet. Erfahren Sie in unserem Beitrag [ab Seite 6](#), warum es so bedeutsam ist, Böden, wie den Lössboden, als unverzichtbare Lebensgrundlage wertzuschätzen.

Genauso relevant wie der Schutz wichtiger Georessourcen ist der Einsatz neuer Technologien. Der Beitrag [ab Seite 22](#) beschreibt, wie die BGR inzwischen in vielen Bereichen ihrer Arbeit künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen einsetzt, um immer größere Datenmengen zielgerichtet zu nutzen und Lösungen für spezifizierte Probleme zu entwickeln.

Der Weg aus dem fossilen Zeitalter führt zu einem Nachfrageboom bei zahlreichen High-Tech-Metallen. Der Bedarf für klimaneutrale Energietechnologien wird die Rohstoffmärkte auf Jahrzehnte verändern. Die Titelgeschichte dieses Reports schildert [ab Seite 16](#), wie die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der BGR Prognosen über die zukünftige Entwicklung erarbeitet.

Auf einem anderen Gebiet greift die BGR die konkreten Folgen des fossilen Zeitalters auf. In den Braunkohlerevieren hat der Abbau des Rohstoffs tiefe Spuren hinterlassen. Zurzeit baut die BGR in Cottbus ein neues Forschungs- und Entwicklungszentrum auf, das neue Konzepte für den Umgang mit Bergbaufolgen und eine nachhaltige Gestaltung von Bergbaufolgelandschaften entwickeln soll. Dieses Know-how ist auch für internationale Projekte interessant, wie der Beitrag [ab Seite 20](#) zeigt.

Die langzeitsichere Verwahrung der wärmeentwickelnden Abfälle aus der Kernenergienutzung ist nicht nur in Deutschland ein zentrales Thema. Die Endlagerforschung hat sich deshalb auf europäischer Ebene noch stärker vernetzt. Wie sich die BGR am wissenschaftlichen Austausch in internationalen Projekten und Programmen beteiligt, lesen Sie [ab Seite 34](#).

In der Entwicklungszusammenarbeit ist die BGR seit Jahrzehnten ein gefragter Akteur der Bundesregierung. Mit neuer Strategie versucht die BGR, Kooperationsvorhaben noch effizienter und nachhaltiger zu gestalten. Im Grundwassersektor kamen am Beispiel von Jordanien und Sambia jetzt erstmalig Governance-Untersuchungen zum Einsatz. Erfahren Sie im Beitrag [ab Seite 36](#), warum das Verständnis politischer Strukturen in den Partnerländern zum Erfolg von Projekten beiträgt.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß bei der Lektüre!



WIE DIE BGR NÜTZLICHES WISSEN ÜBER DEN LÖSSBODEN VERMITTELT

Böden sind Lebensraum für Pflanzen und Tiere. Sie erfüllen wesentliche Aufgaben für unsere Trinkwasserversorgung, liefern Nahrungsmittel, dienen der Erzeugung von Rohstoffen und sind ein bedeutendes Archiv der Natur- und Kulturgeschichte. Mit Forschung und Beratung leistet die BGR zentrale Beiträge zum Schutz und zur nachhaltigen Nutzung dieser wichtigen Geo-Ressource. Die BGR vermittelt mit ihrer Öffentlichkeitsarbeit aber auch nützliches Wissen, wie die Veranstaltungen zum „Lössboden – Boden des Jahres 2021“ zeigen.

Auch Bäume am Wegesrand profitieren von der guten Nährstoffversorgung durch den Lössboden.



Links: BGR-Präsident Ralph Watzel bei der Festveranstaltung zum „Boden des Jahres 2021“ im Geozentrum Hannover.

Unten: Prof. Dr. Tamás Harrach hielt die Festrede für den Boden des Jahres.



Tag für Tag verlieren wir Böden, zum Beispiel durch Überbauung. Böden werden vom Wasser weggeschwemmt oder vom Wind abgetragen. Zum Schutz unserer wichtigsten Lebensgrundlage bedarf es einer neuen Sicht auf die Gefährdung von Böden und einer höheren Wertschätzung für den Boden. Aus diesem Grund hat die BGR die Aktion „Boden des Jahres“ vom ersten Tag an unterstützt. Seit 2005 gibt es diese Auszeichnung, ausgelobt vom „Kuratorium Boden des Jahres“. Das Ziel der Aktion: Ein stärkeres Bewusstsein für die zentrale Bedeutung von Böden im Naturhaushalt zu erzeugen.

Auszeichnung für einen besonderen Boden

Bei der Kür des Lössbodens zum „Boden des Jahres 2021“ am Internationalen Tag des Bodens im Dezember 2020 war die BGR erstmals an der Seite des Kuratoriums Ausrichter der Festveranstaltung. Aufgrund der Corona-Pandemie fand die Veranstaltung im Hybrid-Format statt – mit einem kleinen Kreis von Gästen im Geozentrum Hannover sowie rund 200 Teilnehmerinnen und Teilnehmern online im Internet.

BGR-Präsident Prof. Dr. Ralph Watzel konnte zur Präsentation auch die Parlamentarische Staatssekretärin beim Bundesminister für Wirtschaft und Energie, Elisabeth Winkelmeier-Becker, begrüßen. „Ich hoffe dazu beizutragen, das Bewusstsein für Bodenschutz und den verantwortungsvollen Umgang mit unseren Böden in der Öffentlichkeit breiter zu verankern“, erklärte Frau Winkelmeier-Becker bei der Festveranstaltung zum „Boden des Jahres 2021“, für dessen Auszeichnung sie die Schirmherrschaft übernommen hatte.

„Gerade der Lössboden leistet mit seinen vielseitigen Funktionen wichtige Beiträge für die Landwirtschaft, zur Ernährungssicherheit und zum Grundwasserschutz“, betonte die Parlamentarische Staatssekretärin in ihrer Grußbotschaft.

In seiner Festrede zum Boden des Jahres hob Prof. Dr. Tamás Harrach die Einzigartigkeit des Lössbodens hervor. Harrach, der sich beinahe sein gesamtes Leben als Wissenschaftler mit den Böden aus Löss befasst hat, verwies auf die besondere Qualität dieses Bodentyps: Viele Funktionen die ein Boden erfüllt, werden von Lössböden besonders gut erbracht, z. B. speichern sie sowohl Wasser als auch wichtige Nährstoffe sehr gut. Die hohe Speicherfähigkeit trägt auch dazu bei, dass schädliche Stoffe vom Boden zurückgehalten werden und nicht so einfach von den Pflanzen aufgenommen oder ins Grundwasser ausgewaschen werden können. Diese Qualitätsmerkmale verdankt der Lössboden seiner recht einheitlichen Zusammensetzung. Löss ist ein mehr oder weniger kalkhaltiges, homogenes, hellgelblich-graues Sediment, das überwiegend aus Schluff, also der Korngröße zwischen 0,002 und 0,063 Millimeter besteht. Dadurch hat der Boden viel Oberfläche, an der sich Stoffe anlagern können und die Poren zwischen den Schluffpartikel können das Wasser gegen die Schwerkraft der Erde im Boden halten.





Lösskindel, die bei den Aufgrabungen für den Boden des Jahres gefunden wurden.



Untersuchungen zum Wasser- und Stofftransport im Lössboden der Kölner Bucht.

Konkretionen – die sog. Lösskindel. Den Namen haben sie bekommen, da sie häufig figürliche Form besitzen oder auch an Tiere und Pflanzen erinnern.

In Norddeutschland finden wir die Böden aus Löss in den Börden in einem Streifen nördlich der Mittelgebirge. Dazu gehören beispielsweise die Jülich-Zülpicher Börde und Soester Börde in Nordrhein-Westfalen, die Calenberger Lössbörde und Hildesheimer Börde in Niedersachsen sowie die Magdeburger Börde in Sachsen-Anhalt und die Leipziger Tieflandsbucht in Sachsen. In Süddeutschland kommt Löss in den Bereichen nördlich der Schotterfluren der Alpenflüsse und im Oberrheingraben sowie im Mittelgebirgsraum in den weiten Tälern und den Becken vor.

Woher der Begriff Löss stammt, ist nicht eindeutig geklärt. Wahrscheinlich wurde er vom mundartlichen Ausdruck lösch, der im Alemannischen so viel wie lose oder locker bedeutet, abgewandelt.

Der „Alleskönner“

Böden in den Lössbörden sind sehr fruchtbar und ertragreich und deshalb für den Ackerbau hervorragend geeignet. „Sie sind locker, gut durchlüftet und enthalten ausreichend Nährstoffe. Die Poren des Lössbodens sind gerade so groß, dass das darin gespeicherte Wasser für die Pflanzen optimal nutzbar ist“, erklärt BGR-Bodenexperte Dr. Florian Stange. Zudem ermöglicht diese Porengröße eine relativ gute Wasserleitfähigkeit. Beides zusammen führt zu einer sehr guten Wasserversorgung der Pflanzen durch kapillaren Aufstieg aus dem nicht durchwurzelten Bereich. „Wasserbedürftige Kulturen, beispielsweise die Zuckerrübe, werden daher bevorzugt auf Lössböden angebaut“, so Stange.

Damit nicht genug: Durch seine hohe Sorptionskapazität hält der Lössboden auch viele schädliche Stoffe zurück. Auf diese Weise leistet er auf natürlichem Wege einen wichtigen Beitrag zum Grundwasserschutz.

„All das macht den Lössboden zu einem ‚wahren Alleskönner‘“, sagt BGR-Bodenexperte Stange.

> Löss – ein Produkt der letzten Kaltzeit

Entstanden ist der Großteil des Lösses in der letzten Kaltzeit vor ca. 115.000 bis 13.000 Jahren. Damals waren weite Teile Deutschlands von Eis bedeckt. Gletscher hatten die Gesteine im Zusammenspiel mit der so genannten Frostsprengung zerrieben. Übrig blieb häufig nur noch Gesteinsmehl. Dieses wurde dann durch die trockenen, kalten Fallwinde, die von den Gletschern herabwehten, in die Luft gehoben und fiel meist auf der windabgewandten Seite der Höhenzüge nieder.

Abhängig vom Klima entwickelten sich daraus Schwarz-, Parabraun- oder auch Fahlerden. In den humusreichen Schwarzerden haben Trockenheit und Winterkälte die Zersetzung des organischen Material verzögert. Der Humus des Oberbodens wurde durch Bodentiere in tiefere Bodenbereiche verbracht, sodass sich mächtige dunkel gefärbte Horizonte entwickelten.

In den Regionen, in denen der Ton mit dem Sickerwasser in den Unterboden verlagert wurde, bildeten sich Parabraunerden. War die Auswaschung so stark, dass der Oberboden gebleicht wurde, entwickelten sich Fahlerden. Die Entstehung all dieser Böden beginnt mit der Auswaschung des Kalks. Ändern sich die Milieubedingungen, kann die Bodenlösung mit Kalk übersättigt sein und der Kalk fällt aus. So entstehen besonders in tieferen Bodenbereichen unregelmäßig geformte, harte, bis einige Zentimeter lange



Die Zuckerrübe ist eine wichtige Kultur auf Lössböden.



Durch Wasser verursachte Erosion in einem Lössboden.

Die hervorragenden Eigenschaften des fruchtbaren und ertragssicheren Lössbodens waren bereits den frühesten Bauern vor etwa 7500 Jahren bekannt. Zu dieser Zeit errichteten sie zum ersten Mal in der Menschheitsgeschichte Siedlungen in Mitteleuropa und betrieben Ackerbau und Viehzucht.

Die Schattenseite

Doch wo Licht ist, ist auch Schatten. Lössböden sind sehr anfällig gegenüber der Wind- und Wassererosion, wenn die schützende Vegetationsdecke fehlt. Durch geeignete Maßnahmen kann der Bodenabtrag durch Erosion allerdings erfolgreich verhindert werden. So sollte der Boden über Winter nicht brachliegen, der Zwischenfruchtanbau dient auch dem Erosionsschutz.

Bleibt ein weiteres Problem. Aufgrund der Überbauung durch Häuser und Straßen gehen nach wie vor viele gute Böden – so auch der Löss – unwiederbringlich verloren.

Doch es gibt auch positive Beispiele. Nach dem Abbau der Kohle in den westdeutschen Braunkohlegebieten gelang es, den zuvor abgetragenen Lössboden wiederherzustellen und so ganze Landschaften für den Ackerbau zurückzugewinnen. ■



Die BGR-Ausstellung zum Boden des Jahres 2021 – Lössboden mit dem Eingang zum Bodentunnel.

DAS BODEN-ERLEBNIS

Die BGR hat mit einer Ausstellung zum „Boden des Jahres 2021“ viele Aspekte rund um das Thema Lössboden aufgegriffen. Aufgrund der Corona-Pandemie war die Ausstellung zunächst nur virtuell im Internet zu sehen. Doch schon im Online-Format werden die Besonderheiten dieser Böden erlebbar. Eine Vielzahl von Themenpostern bietet umfassende Informationen. Echte Bodenprofile in Form von Lackabzügen geben einen einzigartigen Einblick in die Welt des Lössbodens. Ganz neue Perspektiven eröffnet schließlich ein Bodentunnel, der Besucherinnen und Besucher zu einem Rundgang mitten durch den „Boden des Jahres“ einlädt und dabei Aufbau, Struktur sowie das Leben unter unseren Füßen freilegt.

Als Wanderausstellung soll die Bodenschau auch über das Jahr 2021 zu sehen sein.

Einen direkten Zugang zur Online-Ausstellung sowie weitere nützliche Informationen zum „Boden des Jahres 2021“ mit Terminhinweisen finden Sie hier:





Tagebau auf Seltene Erden, Mount Weld, Australien.

INFORMATION UND BERATUNG FÜR MEHR NACHHALTIGKEIT IN DER ROHSTOFFGEWINNUNG

„Informationen zur Nachhaltigkeit“ heißt eine neue Publikationsreihe, in der die BGR Grundlagen zum Verständnis von ökonomischen, ökologischen und sozialen Auswirkungen bei der Gewinnung von wichtigen Rohstoffen liefert. Relevant ist dies vor allem auch für die Frage, ob die Lieferketten dieser Rohstoffe verlässlich, ökologisch verträglich und sozial gerecht sind. Zielgruppe der Veröffentlichungen sind Unternehmen, aber auch Politik, Gesellschaft und Öffentlichkeit.

Die deutsche Wirtschaft ist in hohem Maße auf den Rohstoffimport angewiesen. Das gilt auch für die zukunfts-trächtigen Hightech-Metalle. Bisher achteten die Unternehmen vor allem darauf, sich mit komplexen Liefernetzwerken auf dem Weltmarkt die Versorgung zu sichern. Ein zentrales Kriterium neben der Versorgungssicherheit ist beim Aufbau von Lieferketten inzwischen auch das Thema Nachhaltigkeit. Leitlinien wie der OECD-Leitfaden zu Lieferketten mineralischer Rohstoffe, die Gesetzesinitiative des EU-Parlaments zu Sorgfaltspflichten in der Lieferkette oder das jüngst vom Bundestag angenommene Lieferkettengesetz sind nur ein Treiber dieser Entwicklung. Zunehmend achten auch Investoren, Handelsplätze und nicht zuletzt die Öffentlichkeit darauf, woher die Rohstoffe stammen, die in den Produkten stecken.

„Gerade kleinere Firmen melden uns zunehmend, dass Sorgfaltspflichten in Lieferketten immer stärker thematisiert werden, dass sie Bescheid wissen müssen über Umwelt- oder Menschenrechtsrisiken“, betont Dr. Gudrun Franken, Arbeitsbereichsleiterin Bergbau und Nachhaltigkeit bei der BGR. Anders als so manch großer Konzern müssen sich diese Unternehmen erst an das Thema herantasten. Ihnen

bieten die Rohstoffpublikationen der BGR zum Thema Nachhaltigkeit eine wichtige Basisinformation. „Wir haben bei der Veröffentlichung unserer Reihe zunächst mit den Rohstoffen begonnen, die besonders für die Energiewende und die Digitalisierung relevant sind“, so Gudrun Franken. So sind bisher Studien zu Kupfer, Kobalt, Seltenen Erden, Tantal, Aluminium, Lithium, Nickel und Zinn erschienen. Zu jeder Veröffentlichung gehört ein Kapitel zum Thema „Governance“, das sich mit den politischen Rahmenbedingungen in den Lieferländern sowie mit internationalen Initiativen beschäftigt. Auf diese Weise bieten die Studien einen ersten Überblick für deutsche Unternehmen, Wirtschaftsverbände und die Politik.

Doch auch für die Lieferländer sind die Veröffentlichungen nützlich. So haben die Aufsichtsbehörden vor dem Hintergrund internationaler Regelungen zu Sorgfaltspflichten von Amts wegen ein Interesse daran, dass die Rohstoffe nachhaltig gewonnen werden. Hier unterstützt die BGR bereits im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit. „Wir beraten Aufsichts- und Bergbehörden zu Umweltstandards im Bergbau oder zu Fragen der Arbeitssicherheit, z. B. auch mit Blick auf den Kleinbergbau“, so Gudrun Franken.



Durch Tantal-Kleinbergbau verursachte Bodenerosionen und Hangrutschungen in Burundi.



Auswaschen von Tantal-Zinn-Pegmatitzerz in Ruanda.



Flotationsanlage zur Gewinnung von Seltenen Erden, Mount Weld, Australien.

Ihr Team engagiert sich auch in internationalen Gremien und Organisationen, z. B. in der Arbeitsgruppe der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) zur Sorgfaltspflicht in Rohstofflieferketten. Zusammen mit dem Umweltbundesamt leistet die BGR derzeit bei der Erarbeitung eines OECD-Handbuchs zur praktischen Umsetzung

von Umweltsorgfaltspflichten wertvolle Hilfe. Zwar gibt es bisher allgemeine OECD-Leitsätze, die auch die Risikobewertung von Umweltstandards in der Lieferkette einfordern. „Doch wie diese umzusetzen sind, ist teilweise noch unklar“, sagt Gudrun Franken. Das Handbuch, das im kommenden Jahr vorgestellt werden soll, soll hier praktische Hinweise geben. ■

INTERVIEW MIT GUDRUN FRANKEN, ARBEITSBEREICHSLIMITERIN BERGBAU UND NACHHALTIGKEIT BEI DER BGR, ZUM THEMA SORGFALTPFLICHT.

Was bedeutet Nachhaltigkeit mit Blick auf die Rohstoffgewinnung und die Lieferketten?

Gudrun Franken: Das klingt erst einmal wie ein Widerspruch. Aber wir verstehen Nachhaltigkeit in der Rohstoffwirtschaft so, dass Gewinnung und Nutzung einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung leisten können, gleichzeitig aber soziale oder Umweltrisiken minimiert werden müssen. Wir werden weiterhin Rohstoffe brauchen, zum Beispiel für die Energiewende oder für die Digitalisierung, und wir werden sie auch weiterhin zu einem gewissen Anteil abbauen müssen, denn Recycling alleine wird nicht ausreichen.

Was heißt das konkret?

Es ist ganz klar, dass die primäre Rohstoffgewinnung nicht ohne Eingriffe möglich ist. Bergbau ist immer ein Eingriff in die Landfläche und damit auch in Ökosysteme und das Lebensumfeld lokaler Gemeinden. Die Frage der Nachhaltigkeit betrifft immer alle drei Bereiche: ökonomische, soziale und ökologische Aspekte. Ökonomisch bedeutet, dass die Gemeinschaften vor Ort einen wirtschaftlichen Nutzen von diesen Projekten haben. Gleichzeitig müssen soziale und Umweltrisiken minimiert werden. Beispielsweise ist es wichtig, dass eine sachgerechte Rekultivierung stattfindet und Einkommensmöglichkeiten auch nach Ende des Bergbaus geschaffen werden. Man muss zudem den ganzen Lebenszyklus der Rohstoffe betrachten: die Aluminiumverhüttung ist sehr energieintensiv, daran kann man nichts ändern. Auf der anderen Seite spart der Einsatz von Aluminium z. B. im Transportsektor durch den Leichtbau auch viel Energie ein.

Worauf müssen Unternehmen achten?

Wenn Unternehmen sicherstellen wollen, dass ihre Produkte Umwelt- und Sozialstandards einhalten, dann müssen sie in ihren Lieferketten auf die Nachhaltigkeit der Gewinnung achten, auch wenn sie Rohstoffe nur verarbeiten. Große Unternehmen sind da zum Teil schon recht weit. Kleine Unternehmen können sich auch an größeren Initiativen beteiligen, um daraufhin zu

wirken. Ein Beispiel für eine solche Initiativen ist die Aluminium Stewardship Initiative (ASI), in der u. a. die Treibhausgasemissionen der Betriebe geprüft werden. Insofern gibt es an sich keine „guten“ oder „schlechten“ Rohstoffe, nur sehr unterschiedliche Gewinnungsbedingungen und sehr unterschiedliche Technologien. Natürlich gibt es rote Linien, wie etwa Menschenrechtsverletzungen. Die ILO-Kernarbeitsnormen zum Beispiel sollten eingehalten werden. Oder der Schutz von Gebieten mit sehr hoher Biodiversität. Inzwischen kommt der Druck nicht nur von der Öffentlichkeit und den Gesetzgebern. Auch Investoren und Kreditgeber achten immer stärker auf das Thema Nachhaltigkeit. Sie erwarten sowohl vom Bergbau-sektor als auch von den großen Rohstoffabnehmern, wie etwa der Automobil- oder der Informations- und Kommunikationsindustrie, dass international anerkannte Umwelt- und Sozialstandards eingehalten und auch überprüft werden können.

Wie können die Anforderungen erfüllt werden?

Natürlich ist die Frage ganz akut, inwieweit sie Informationen über ihre weltweiten Liefernetze erhalten. So haben wir zu einigen Ländern wie etwa China viel weniger öffentlich verfügbare Informationen zu den Nachhaltigkeitsaspekten der Gewinnung als im englischsprachigen Raum oder in Lateinamerika. Das gilt auch für den artisanalen Kleinbergbau im Vergleich zum industriellen Großbergbau. Weil Lieferketten global sind, ist es wichtig, dass Unternehmen sich hier gemeinsam engagieren und auch Regierungen und internationale Organisationen Transparenz und Sorgfaltspflicht in Lieferketten fördern.



Dr. Gudrun Franken
B1.2 Geologie der mineralischen Rohstoffe

✉ Gudrun.Franken@bgr.de

WASSERSTOFF-POTENZIALE IM GEOLOGISCHEN UNTERGRUND

Wasserstoff gilt als Hoffnungsträger einer aus erneuerbaren Quellen gespeisten Energieversorgung. Doch das reaktive Gas kommt kaum ungebunden in der Natur vor. Dennoch haben Vorkommen von freiem, geogenem Wasserstoff, in jüngster Zeit wissenschaftliche Aufmerksamkeit auf sich gezogen – auch bei der BGR.

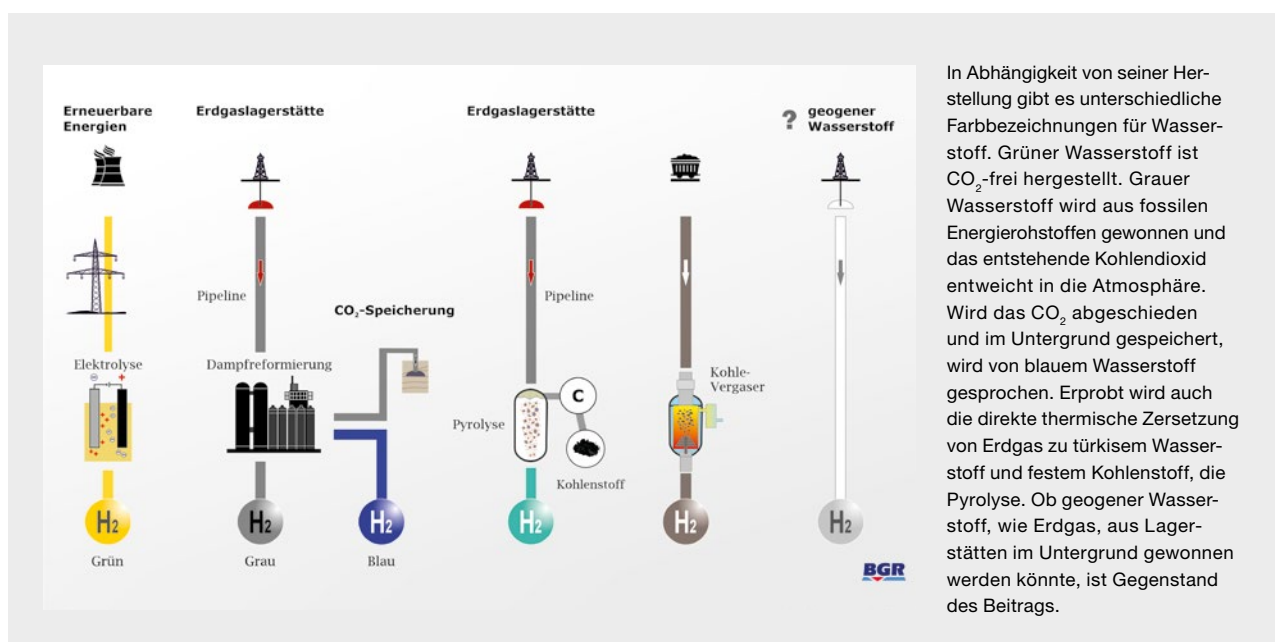
Für die Bundesregierung ist Wasserstoff eines der wichtigsten Mittel, um die deutsche Wirtschaft zu dekarbonisieren. Gegenwärtig verbraucht die Bundesrepublik pro Jahr 20 Mrd. Kubikmeter, vor allem für industrielle Zwecke. Käme die Nutzung in Verkehr und Gebäudeheizungen hinzu, würde sich der Bedarf vervielfachen. Grundvoraussetzung für den künftigen Einsatz ist, dass auch die Produktion des Gases ohne Treibhausgasausstoß gelingt.

Wasserstoff wird aber auch kontinuierlich durch verschiedene geologische Prozesse gebildet. Eine Erschließung solcher Vorkommen könnte daher für die künftige Energieversorgung bedeutsam sein.

Prominenteste dieser Örtlichkeiten ist wohl Bourakebouguou im westafrikanischen Mali. Dort wurde bei einer ursprünglichen Trinkwasserbohrung Wasserstoff entdeckt. „Das Gas trieb einen Motor an, der das Dorf zeitweise über einen Generator mit Strom versorgte“, so Martin Pein, Wirtschaftsgeologe der BGR im Fachbereich „Geologie der

Energierohstoffe, Polargeologie“. Der Ort liegt im Randbereich des Taoudeni-Beckens, des größten Sedimentbeckens auf dem westafrikanischen Kraton. Solche Sedimentbecken innerhalb von Kratonen sind möglicherweise bedeutende Sammelstellen für geogenen Wasserstoff.

Seither haben sich die Forschungsanstrengungen auf dem Gebiet des geogenen Wasserstoffs intensiviert. Die BGR hat zu den Wasserstoffvorkommen im geologischen Untergrund eine Studie verfasst. „Die Forschung ist aber noch ganz am Anfang“, betont Pein, „wir kennen die Bildungsprozesse und können daher auch die Lokalisation eingrenzen, an denen bevorzugt Wasserstoff auftreten kann. Die Fragen, ob und unter welchen Bedingungen Wasserstoff im Untergrund akkumulieren kann, bleiben allerdings bislang offen.“ Denn Wasserstoff verfügt über ein sehr hohes Diffusionsvermögen, das eine dauerhafte Erhaltung im Untergrund in vielen geologischen Formationen unwahrscheinlich macht. Darüber hinaus kann das hochreaktive Molekül leicht an Mineraloberflächen umgesetzt oder durch Mikroorganismen ver-





Verbreitung präkambrischer Gesteine an der Erdoberfläche (Blau) und Einheiten, die präkambrisches Gestein enthalten (Grau). Unter der Sedimentbedeckung erstrecken sich diese Gebiete über einen noch größeren Raum. Die Kreise markieren Fundorte mit mehr als 10 Volumenprozent Wasserstoff im Untergrund der Kontinente: Orangefarbene Kreise kennzeichnen Wasserstoffvorkommen in Zusammenhang mit präkambrischen Gestein, gelbe Kreise in Zusammenhang mit Ophioliten.

stoffwechselt werden. „Auch die Flussraten der Wasserstoffausgasungen aus den entsprechenden Oberflächenstrukturen sind Gegenstand der Untersuchungen“, so Pein.

Wasserstoff kann durch verschiedene Prozesse entstehen, einer der wichtigsten ist die Serpentinisierung. Dabei wird olivinhaltiges Gestein bei heißen Umgebungstemperaturen, etwa zwischen 200 und 300 °C, und Wasserkontakt in Serpentin umgewandelt, wobei Wasserstoff freigesetzt wird. Aus Vorkommen im Oman sollen täglich 150 Kubikmeter Wasserstoff pro Quadratkilometer austreten. In Deutschland befindet sich ein größerer Serpentinikörper bei Leopoldsdgrün in Oberfranken. Ein weiterer bedeutender Wasserstoffbildungsprozess ist die Radiolyse von Tiefenwässern. Dabei wird aufgrund des natürlichen radioaktiven Zerfalls von Uran, Thorium oder Kalium Wasser aufgespalten.

Daher kann geogener Wasserstoff auch dort auftreten, wo diese Elemente anzutreffen sind, wie beispielsweise im Umfeld von Uranlagerstätten oder Salzstöcken.

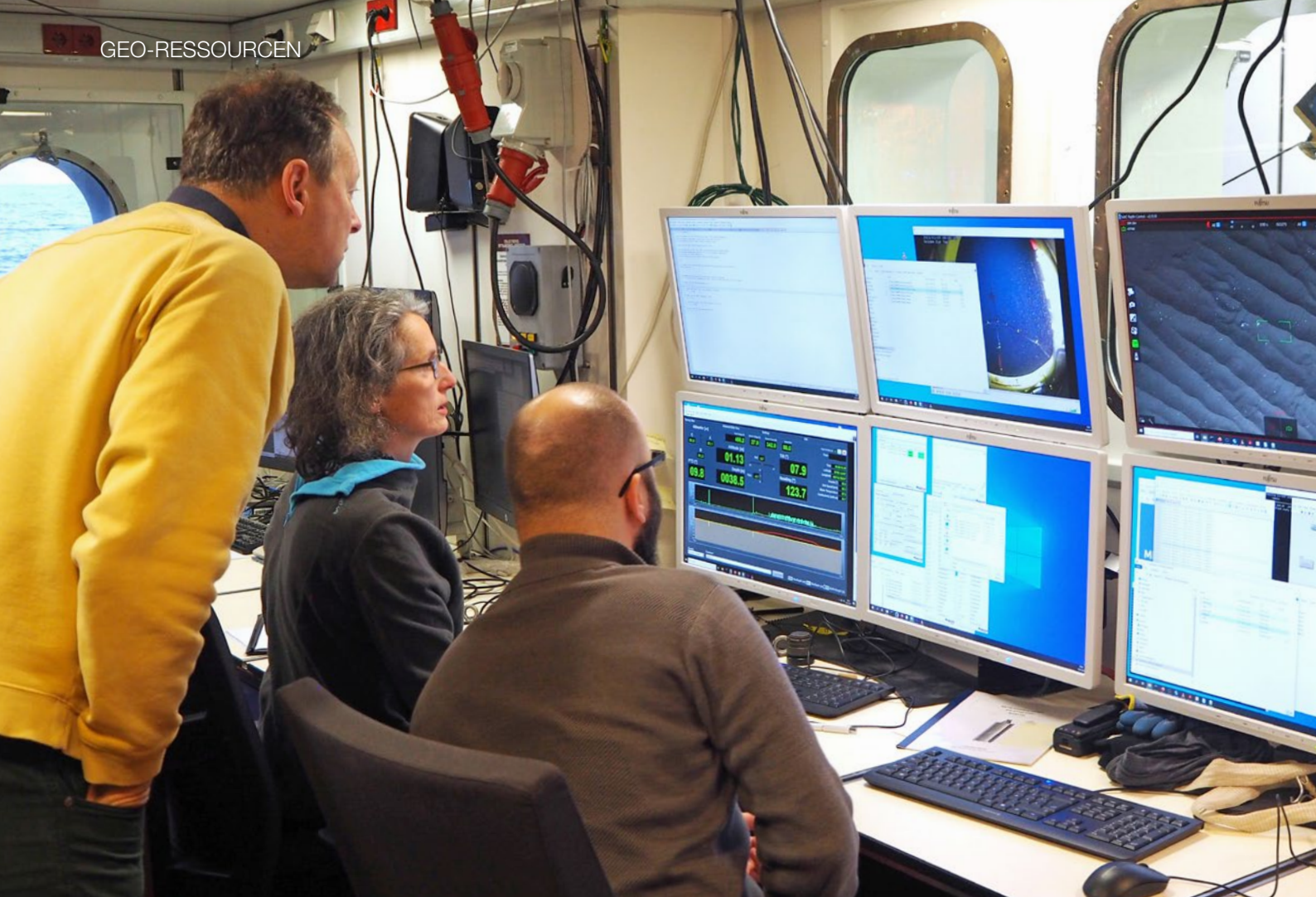
Die BGR hat in ihrer Studie global 16 Regionen mit Vorkommen von geogenem Wasserstoff identifiziert. „Bislang sind aber noch keine Ansammlungen von Wasserstoff im geologischen Untergrund nachgewiesen, deren Größenordnung auch nur in die Nähe kommerziell genutzter Erdgasfelder kommen“, sagt Pein. ■

Bild oben: Sources: Esri, HERE, Garmin, FAO, NOAA, USGS, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community Bouysse, P. et al. (2010) Geological Map of the World. Commission of the Geological Map of the WORLD (CGMW, Paris). Map by Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover (Asch, K. & Radke, M., 2020).



Martin Pein
B1.3 Geologie der Energierohstoffe,
Polargeologie

✉ Martin.Pein@bgr.de



Leitstand für das BGR-eigene marine Messsystem GOLDEN-EYE.

METHANEMISSIONEN BEI DER ERDGASFÖRDERUNG

Erdgas – der fossile Energierohstoff mit den geringsten CO₂-Emissionen – gilt als Brückentechnologie für die Energiewende. Allerdings ist die Erdgasnutzung in jüngster Zeit ins Kreuzfeuer geraten, weil die Verluste an Methan – dem zweitwichtigsten Treibhausgas – bei Gewinnung und Transport zu hoch seien. Die BGR untersucht jetzt diese Frage.

Trotz zweier schwerer Sturmtiefs gelang dem BGR-Team an Bord des Forschungsschiffes „Maria S. Merian“ Anfang 2021 ein erfolgreicher Abschluss der Nordsee-Expedition im Rahmen des Projekts „Varioseep“. Nach zweiwöchiger Ausfahrt hatten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, zu denen auch Martin Blumenberg gehörte, ihr komplettes Messprogramm durchgeführt. „Wir sind unserem Ziel, die Methanemissionen am Meeresboden der Nordsee besser zu verstehen, ein Stück nähergekommen“, sagt Blumenberg, Arbeitsbereichsleiter „Organische Geochemie und Gasgeochemie“ in der BGR.

Methan ist der Hauptbestandteil von Erdgas und ein potentes Treibhausgas: In der Atmosphäre entfaltet es laut Weltklimarat über zwanzig Jahre betrachtet die 84-fache Wirkung

von Kohlendioxid, bleibt allerdings nur ein Dutzend Jahre in der Lufthülle. CO₂ dagegen hat eine Verweildauer von Hunderten von Jahren. Zur Diskussion steht, ob Erdgas als Brückentechnologie die Umstellung der Energieversorgung von der derzeitig dominanten fossilen auf eine erneuerbare Basis unterstützen kann. Im Fokus stehen die Gasverluste bei Gewinnung, Transport und Lagerung. Zwar verursacht Erdgas bei der Verbrennung 40 % weniger Treibhausgase als Steinkohle und 50 % weniger als Braunkohle. Aber im unverbrannten Zustand entfaltet das Methan im Erdgas sein volles Treibhausgaspotenzial, sobald es in die Atmosphäre gelangt.

Wie hoch aber sind die Methanemissionen? Dieser Frage geht die BGR in Forschungsprojekten wie „Varioseep“ nach, bei dem die natürlichen Methanquellen der Nordsee – immerhin



Blick vom Forschungsschiff „Maria S. Merian“ während der Nordsee-Expedition „Varioseep“ im Januar 2021.



Tauchroboter (BlueROV2) des MARUM zur Beprobung und Observation von natürlichen Gasaustritten in der Nordsee.

„Wir sind unserem Ziel, die Methanemissionen am Meeresboden der Nordsee besser zu verstehen, ein Stück nähergekommen.“

Martin Blumenberg

port. Zwar ermöglichte die jüngste Copernicus-Satellitenmission der ESA es, auch Methanleckagen entlang der gewaltigen Pipelines von Sibirien nach Europa zu erkennen. „Noch sind das Momentaufnahmen und die genaue Quantifizierung der Verlustraten bleibt eine Herausforderung – aber die Methodik entwickelt sich weiter“, erläutert Geologe Ladage.

In einer gerade veröffentlichten Modellierung haben er und sein Team dennoch versucht, am deutschen Beispiel zu klären, ob der Ersatz der deutschen Kohle- durch Gaskraftwerke die Emissionen senken könnte. Das Ergebnis: Selbst bei Leckageverlusten von 4,9 % wäre es unter Treibhausgasgesichtspunkten immer noch vorteilhaft, in der Übergangsphase statt Kohle Erdgas zur Stromerzeugung einzusetzen. Je geringer die Methanemissionen in der Erdgaskette dabei ausfallen, umso besser. ■

Europas wichtigste Erdöl- und Erdgasprovinz – untersucht werden. Oder auch im Rahmen einer umfangreichen Literaturstudie, bei der die unterschiedlichen Angaben zu den Methan-Verlusten bei der Erdgas-Nutzung verglichen wurden.

„Das Problem ist, dass es erhebliche Unterschiede bei der Erfassung der Verlustraten gibt – zwischen den Ländern, aber auch bei der Methodik“, sagt Stefan Ladage aus dem BGR-Fachbereich für Energierohstoffe, der mit einem Team das Datenmaterial auswertete. So werden mit Blick auf die Erdgasversorgung Deutschlands aus den Lieferländern Norwegen und den Niederlanden sowie aus der geringen deutschen Produktion relativ geringe Verlustraten berichtet. Für Erdgas aus Russland liegen die Verlustraten deutlich höher, unter anderem wegen der großen Entfernungen beim Trans-



Stefan Ladage
B1.3 Geologie der Energierohstoffe,
Polargeologie

✉ Stefan.Ladage@bgr.de

DEKARBONISIERUNG STELLT ROHSTOFFMÄRKTE VOR GROSSE HERAUSFORDERUNGEN

Das Ende des fossilen Zeitalters führt zu einem Nachfrageboom bei vielen High-Tech-Metallen. Der notwendige Fokus auf klimaneutrale Technologien wird die Rohstoffmärkte auf Jahrzehnte verändern. Die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der BGR versucht, zukünftige Entwicklungen zu prognostizieren.

Die Welt steht in weiten Teilen vor einem Umbruch: Die Dekarbonisierung und avisierte CO₂-Neutralität werden einen Strukturwandel antreiben, der alle Sektoren der Wirtschaft umfassen und tiefe Spuren in der Gesellschaft hinterlassen wird. Weltweit haben sich nach Angaben der Internationalen Energieagentur (IEA) Staaten zur Klimaneutralität bis 2050 verpflichtet, die zusammengenommen für rund 70 % der derzeitigen Emissionen verantwortlich sind. Die EU gehört dazu und bald auch die USA, wenn die derzeitigen politischen Ziele erreicht werden. China, derzeit größter Treibhausgasemittent der Welt, hat sich die Klimaneutralität für das Jahr 2060 vorgenommen. Um das Ziel zu erreichen, mahnt die IEA zur Eile.

Brüssel hat im Juli das ehrgeizige „Fit for 55“-Gesetzprogramm vorgelegt. Bis 2030 sollen die EU-Staaten ihre Treibhausgasemissionen um 55 % gegenüber dem Jahr 1990 senken. Um dieses Ziel zu erreichen, soll es z. B. ab 2035 ein Verkaufsverbot von Neuwagen mit Verbrennungsmotor geben. Außerdem soll auf EU-Ebene der Anteil erneuerbarer Energien auf 40 % angehoben und der Emissionszertifikatehandel auf weitere Branchen wie die Schifffahrt und den Treibstoffhandel ausgeweitet werden. „Es wird eine echte Transformation, aber die ist auch notwendig, wenn wir die Klimaziele erreichen wollen“, sagt Siyamend Al Barazi, Arbeitsbereichsleiter Rohstoffwirtschaft bei der DERA.

Bleibt die Frage, wie man so einen Wandel in der kurzen Zeit von nur ein paar Jahrzehnten gestaltet. Besonders tiefgreifend werden die Veränderungen in den Sektoren Energieversorgung und Verkehr ausfallen, auf die weltweit mehr als 60 % der Emissionen entfallen. Hier ist allerdings nach IEA-Angaben auch ziemlich klar, wie die Transformation umgesetzt werden soll. Die Prognosen: Im Individualverkehr führt kein Weg an der E-Mobilität vorbei, während bei LKWs Brennstoffzellen, im Flugverkehr synthetische Kraftstoffe und im Schiffsverkehr Brennstoffzellen mit Ammoniak vorherrschen würden. Strom wird demnach zur dominanten Energieform, die Erzeugung wächst bis 2050 um 250 % gegenüber heute und deckt dann einen Anteil

von rund 50 % des Gesamtenergiebedarfs. Und dieser Strom würde bis dahin zu 90 % aus erneuerbaren Quellen stammen, zu denen die IEA – anders als Deutschland – auch die Kernenergie zählt. Wind und Sonne würden in diesem Segment mit 70 % Erzeugungsanteil die wichtigsten Quellen sein.

Erreichen lassen sich diese Ziele nur mit einem drastisch erhöhten Ausbautempo bei Wind- und Solaranlagen. Hier fordert die IEA bis zum Jahr 2030 die jährlich neu zu installierenden Kapazitäten bei Windenergie auf 390 Gigawatt und bei Photovoltaik auf 630 Gigawatt zu steigern. Das sind die vierfachen Werte des bisherigen Rekordjahres 2020. Für die Rohstoffmärkte sind die Konsequenzen erheblich. „Das nächste Jahrzehnt wird im Hinblick auf die wachsenden Rohstoffbedarfe für Dekarbonisierungstechnologien wie Photovoltaik und Windenergie sehr spannend für uns“, meint Johannes Perger, Rohstoffökonom bei der DERA. Das gigantische Ausbauprogramm bedeute, so die IEA, für Rohstoffe wie z. B. Kupfer, Nickel, Mangan, Kobalt, Lithium oder Seltene Erden einen gewaltigen Nachfrageschub. Die IEA erwartet bis 2030 eine Versiebenfachung des aggregierten Marktvolumens.

Szenarien wie dieses werden schon seit Jahren aus verschiedensten Blickwinkeln analysiert; mit entsprechenden Auswirkungen auf die Rohstoffmärkte. „Dort haben die Preise in den letzten Monaten und Jahren eine Dynamik gezeigt, die jedem Einkäufer das Leben schwer macht“, erklärt Rohstoffanalyst und Lithium-Experte Michael Schmidt von der DERA. Es ist davon auszugehen, dass sich diese Volatilität fortsetzen wird, je konkreter die Dekarbonisierungspläne der Staaten werden. Vor dem Hintergrund der zu erwartenden Dynamik auf der Angebots- und Nachfrageseite kommt der Beobachtung und Analyse der weltweiten Rohstoffmärkte eine entscheidende Bedeutung zu. Mit ihrem Rohstoffmonitoring unterstützt die DERA im Rahmen ihrer Beratungstätigkeit für die Bundesregierung deutsche Unternehmen dabei, sich auf die schnell verändernden Rohstoffmärkte vorzubereiten und Anpassungsstrategien zu entwickeln.

Weiter in die Zukunft blickt die im Juli veröffentlichte Auftragsstudie „Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2021“. Darin haben die Fraunhofer Institute für System und Innovationsforschung ISI sowie für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM analysiert, wie sich die zukünftige Bedarfsentwicklung für ausgewählte Zukunftstechnologien bis ins Jahr 2040 entwickeln könnte. Es ist die dritte Studie dieser Art, die alle fünf Jahre aktualisiert wird. „Die neue Analyse betrachtet Technologiecluster, die die drei großen Emissionssektoren Energieerzeugung, Verkehr und Industrie abbilden, dazu zwei Querschnittscluster, die Netzwerk- und Kreislauftechnologien darstellen“, erläutert Projektkoordinatorin Viktoriya Tremareva von der DERA. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass der Rohstoffbedarf mit Blick auf die 33 betrachteten Zukunftstechnologien im Jahr 2040 bei insgesamt elf von 19 identifizierten Metallen über dem heutigen Produktionsstand liegen könnte.

Für die Expertinnen und Experten der DERA sind es vor allem die Energieerzeugung und der Verkehrssektor, die die Nachfrage auf den Rohstoffmärkten bei einzelnen High-Tech-Metallen in den nächsten Jahren und Jahrzehnten dominieren werden. Auf mittlere Sicht sehen sie derzeit sogar nur ein beherrschendes Thema. „Es dreht sich im Moment einfach alles um das Thema Batterien für die E-Mobilität“, berichtet DERA-Rohstoffanalyst Schmidt aus seinem Beratungsalltag. „Da im Augenblick vor allem der Verkehrssektor im Fokus steht, rückt das ebenfalls bedeutende Thema Energiespeicherung von regenerativ erzeugtem Strom ein Stück weit in den Hintergrund“, so Schmidt.

Während die EU-Kommission ab 2035 keine PKW mehr mit Verbrennungsmotoren zulassen möchte, denkt man in den Zentralen der Fahrzeugbauer offenbar sogar an noch frühere Termine: Fiat und Volvo wollen schon ab 2030 nur noch Elektroautos anbieten, der Volkswagenkonzern und Mercedes-Benz peilen die Jahre 2033 bis 2035 für den Ausstieg aus der Verbrennertechnologie an. Der Wechsel zur Elektromobilität ist dabei mehr als der von der Zapfsäule zur Steckdose. In einem Elektroauto stecken nach Berechnungen der IEA mengenmäßig rund sechs Mal so viel High-Tech-Metalle, wie in einem vergleichbaren konventionellen Fahrzeug.

Die DERA-Auftragsstudie schlüsselt den Mehrverbrauch weiter auf. Abhängig von Motorstärke und -technologie stecken beispielsweise zwischen zwei und 24 Kilogramm Kupfer in einem elektrischen Antriebsaggregat. Die nötigen Magnete sind ebenfalls je nach Fahrzeugklasse und Motor-technologie zwischen ein bis drei Kilogramm schwer und bestehen zu rund einem Drittel aus den Seltenerd-Metallen

Neodym und Dysprosium. In der Studie übersteigt selbst in einem mittleren Entwicklungsszenario für das Jahr 2040 die Nachfrage nach Neodym/Praseodym und Dysprosium/Terbium – mit Blick auf die Elektromobilität – die Weltproduktion des Jahres 2018 um etwa 100 bzw. 590 %.

Ein ähnliches Bild ergibt sich für die Metalle, die in den Akkus der Elektroautos eingesetzt werden. Nach heutigem Stand sind Lithium-Ionen-Akkus auch in 20 Jahren noch die Speichertechnologie der Wahl, und das bedeutet zumindest für Lithium und Nickel einen dramatisch steigenden Bedarf. Die Forscherinnen und Forscher der Fraunhofer-Institute sehen eine Steigerung des Bedarfs für das mittlere Entwicklungsszenario um das 40- beziehungsweise 50-fache voraus. Bei Nickel würde der Verkehrssektor damit fast 80 % der derzeitigen Weltproduktion beanspruchen, bei Lithium über 300 %. Beim Kobalteinsetz geht der Trend zwar in Richtung Verringerung und perspektivisch Komplettverzicht. Dennoch wird sich beim mittleren Entwicklungsszenario der Bedarf des Verkehrssektors in nicht ganz 20 Jahren mehr als verzwanzigfachen – umgerechnet das Doppelte der Weltproduktion von 2018.

Auf dem Gebiet „Energieversorgung und Dekarbonisierung“ haben sich die Akzente etwas verschoben. Bei Dünnschicht-Solarzellen der Typen Kadmiumtellurid (CdTe) und CIGS, denen seit langem größere Potenziale zugeschrieben werden, haben Verbesserungen bei der Materialeffizienz bei gleichzeitig höherem Wirkungsgrad zu einer Verringerung des Einsatzes von Gallium, Indium, Selen, Kadmium und Tellur pro Watt Peak geführt. Zurzeit dominieren zwar Solarzellen aus Siliziumwafern mit über 90 % der ausgelieferten Module den Photovoltaikmarkt, allerdings besitzen Dünnschichtzellen technologische Vorteile. Der Rohstoffbedarf für Dünnschicht-Solarzellen, zumindest im mittleren Entwicklungsszenario, liegt sogar noch unter dem Niveau von 2018. Ausschlaggebend sind hier die erwarteten geringen Verkaufszahlen. Erst wenn der Ausbau der Photovoltaik auch mit Dünnschicht-Solarzellen forciert wird, wird auch die Nachfrage nach Gallium und Indium stärker steigen. Einen Engpass in der Rohstoffversorgung sollte es hier jedoch nicht geben. Anders ist das bei dem in Kadmiumtellurid-Modulen verwendeten Tellur. Bei beschleunigtem Ausbau der Photovoltaik könnte es knapp werden, >

weil die Photovoltaik-Industrie 2040 allein 35 % der Produktion von 2018 beanspruchen würde.

Das zweite Standbein einer regenerativen Energieerzeugung ist die Windkraft. Ein beschleunigter Ausbau ließe vor allem die Nachfrage nach Seltenerd-Metallen deutlich ansteigen, bei Dysprosium und Terbium würde selbst im mittleren Entwicklungsszenario der größte Teil der Jahresproduktion von 2018 für den Bedarf der Windkraftindustrie genutzt werden. Bei Praseodym und Neodym sind es immerhin noch bedeutende Anteile.

Ein weiterer Faktor bei der Dekarbonisierung der Wirtschaft ist der Einsatz von Wasserstoff und seine CO₂-freie Erzeugung. Daher wurden auch Elektrolysetechnologien in die DERA-Auftragsstudie aufgenommen. Engpässe sind bei einer entsprechenden Umsetzung jedoch nur bei Iridium und Scandium zu erwarten. Bei Scandium ist zu beachten, dass sowohl Festkörperoxid-Brennstoffzellen als auch die Festkörperoxid-Elektrolyse den Rohstoff benötigen, so dass beide Wasserstofftechnologien den Nachfragedruck erhöhen könnten.

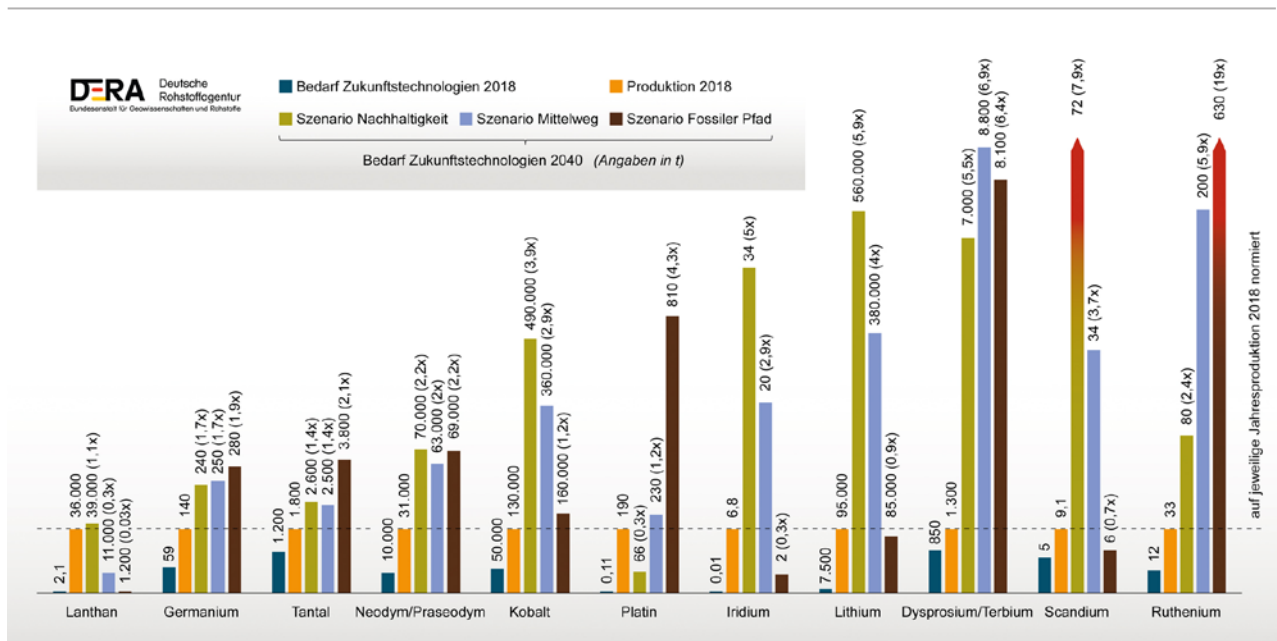
Bei der Frage, wie die Rohstoffproduzenten auf diese Entwicklung reagieren, sind aber selbst Expertinnen und Experten in der Zwickmühle. „Wir alle können die zukünftigen Bedarfe berechnen, aber beim zukünftigen Angebot kommt es auf viele Faktoren an, vor allem jedoch auf die Rohstoffpreisentwicklung“, räumt DERA-Rohstoffanalyst Schmidt ein. Nicht allein die schwankenden Marktpreise erschweren sowohl Bergbauunternehmen wie auch Kredit-



Automobilindustrie – im Transformationsprozess zur E-Mobilität.

gebern die für neue Projekte notwendige langfristige Planung. Der gesamte Bergbausektor steht vor einem tiefgreifenden Umbruch, denn die Dekarbonisierung macht auch vor der Primärproduktion nicht halt. Der Impuls kommt von internationalen Investoren und Finanzinstitutionen, für die Nachhaltigkeit zunehmend zu einem Entscheidungskriterium wird. Er kommt aber auch von den Kunden selbst, die den Dekarbonisierungsdruck ihrer Heimatmärkte so weit wie möglich weitergeben. „Der CO₂-Fußabdruck aus der Rohstoffgewinnung wird von der weiteren Produktionskette übernommen“, berichtet DERA-Experte Al Barazi und betont: „Wenn man ein möglichst CO₂-armes oder sogar -freies Produkt herstellen möchte, ist ein Rohstoff, der möglichst CO₂-arm produziert wird, die Grundlage dafür.“

Neben der Primärproduktion wird zunehmend auch das Recycling einen noch wichtigeren Stellenwert als Rohstoffquelle einnehmen. Bei wichtigen Massenrohstoffen ist man in Deutschland bereits auf einem guten Weg. Bei Aluminium, Rohstahl und Kupfer werden Quoten von über 40 % erzielt. Das muss nach Ansicht der DERA auch bei vielen



Bedarf unterschiedlicher Rohstoffe für 33 betrachtete Zukunftstechnologien für das Jahr 2018 und in den drei Szenarien für das Jahr 2040 im Vergleich zur Primärproduktion 2018 (Quelle: Studie „Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2021“).

i

WIRTSCHAFTLICHE ABHÄNGIGKEITEN: WIEDER STÄRKER AUF EIGENEN FÜSSEN STEHEN

Die moderne Weltwirtschaft ist arbeitsteilig und voneinander abhängig. Lieferketten laufen in vielen Fällen rund um den Globus. Die enge Verflechtung hat vielen Ländern großen Wohlstand beschert. Doch nicht erst die Covid-19-Pandemie hat vor Augen geführt, dass die Globalisierung für alle Seiten nicht nur Vorteile hat.

Immer deutlicher wird die wirtschaftliche Abhängigkeit der westlichen Industrieländer von Staaten in Fernost. Im Rohstoffbereich ist China schon seit einiger Zeit ein dominanter Spieler, auch bei wichtigen Komponenten für die E-Mobilität ist Europa auf Produkte aus Asien angewiesen. „Vor dem Hintergrund komplexer Wertschöpfungsketten und der Auswirkungen der Covid-19-Pandemie auf die Verfügbarkeit bestimmter Waren muss man sich schon fragen, ob man in Deutschland, Europa und den USA doch wieder Fertigungen für ausgewählte Produkte und Komponenten aufbaut, um unabhängiger zu sein“, betont Siyamend Al Barazi, Arbeitsbereichsleiter Rohstoffwirtschaft bei der Deutschen Rohstoffagentur (DERA) in der BGR.

Tatsächlich scheint auf beiden Seiten eine Neubewertung der bisherigen Wirtschaftsbeziehungen stattzufinden. Auch China strebt nach größerer wirtschaftlicher und technologischer Eigenständigkeit. Die Führung des Landes steuert seine Wirtschaft nicht zuletzt mit dem Ziel der Nachhaltigkeit auf einen Pfad zu mehr Binnenorientierung. Im Westen wird am Wiederaufbau ganzer Industrien gearbeitet, von der Batterie- bis hin zur Arzneimittelproduktion. Außerdem steht in Europa die Entwicklung des eigenen Rohstoffpotenzials wieder auf der Tagesordnung. Dabei gibt es nicht nur strategische Gründe, sich eine Rohstoffbasis im eigenen Land oder zumindest im nahen Ausland aufzubauen. „Man kann auch den CO₂-Fußabdruck der Rohstoffe spürbar verkleinern, wenn sie nicht mehr über 20.000 Kilometer und mehr transportiert werden müssen“, betont Lithium-Experte Michael Schmidt von der DERA.

weiteren Rohstoffen der Zukunftstechnologien gelingen. „Für Europa wird es mittelfristig enorm wichtig sein, dass die Rohstoffe, die wir jetzt in den Energietechnologien verbauen, auch zurückgewonnen und wiederverwendet werden können“, erläutert Dr. Britta Bookhagen, Leiterin des neu gegründeten Arbeitsbereichs Recyclingrohstoffe bei der DERA. „Dafür brauchen wir innovative Recyclingtechnologien“, so die DERA-Expertin. Denn: Akkus und Antriebsaggregate von Elektro-Altfahrzeugen werden in großen

Stückzahlen anfallen, dasselbe gilt für Photovoltaikmodule.

Die Rohstoffrückgewinnung bei Kadmiumtellurid-Photovoltaikmodulen liegt bereits heute bei 95 %. Bei CIGS-Modulen laufen Pilotversuche, die bereits eine Rückgewinnung von 90 % bei Gallium und Indium erreichen. Das Recycling von Lithium-Ionen-Akkus konzentriert sich derzeit vor allem auf die Rückgewinnung von Kobalt, Nickel und Kupfer, doch auch die Rückgewinnung von Lithium wird angestrebt.

Sinnvoll sind diese Ansätze nicht nur unter dem Gesichtspunkt des Klimaschutzes. „Recyclingpotenziale sollten auch im Hinblick auf die nachhaltige Rohstoffversorgung ausgebaut und stärker genutzt werden, um die Importabhängigkeit Europas zu reduzieren“, so DERA-Rohstoffökonom Perger. Dass sich Europa dringend mit der Sicherung der Rohstoffversorgung befassen muss, halten die Fachleute für ausgemacht. Gerade bei vielen High-Tech-Metallen hat sich China in den vergangenen Jahren eine einflussreiche, wenn nicht beherrschende Position erarbeitet. Mit dem 14. Fünf-Jahresplan steuert die Partei- und Staatsführung des Landes die Ausrichtung der Ökonomie ein Stück weit weg vom Export. Die Konsolidierung der Produktion bedeutet ein Lieferisiko für die westlichen High-Tech-Industrien. „Die Kapazitätskontrollen von energieintensiven Metallsektoren in China, wie wir sie in den vergangenen Jahren immer wieder gesehen haben, werden weitergehen“, so Al Barazi. Die Gewinnung von Sekundärrohstoffen aus dem Recycling kann da für die deutsche Wirtschaft eine wichtige Ausweichstrategie sein. ■



Siyamend Ingo Al Barazi
B1.1 Deutsche Rohstoffagentur, DERA

✉ Siyamend.AIBarazi@bgr.de



Michael Schmidt
B1.1 Deutsche Rohstoffagentur, DERA

✉ Michael.Schmidt@bgr.de



Viktoriya Tremareva
B1.1 Deutsche Rohstoffagentur, DERA

✉ Viktoriya.Tremareva@bgr.de

NACHHALTIGE LÖSUNGEN FÜR BERGBAUFOLGEN: FORSCHUNG FÜR NEUE LANDSCHAFTEN

Der Kohleabbau in Deutschland wird auf Beschluss der Bundesregierung spätestens im Jahr 2038 beendet sein. Damit endet auch eine viele Jahrzehnte andauernde Industriegeschichte, die sehr wesentlich zum Wiederaufbau der deutschen Industrie im Nachkriegsdeutschland beigetragen hat. In den Braunkohlerevieren hat der Abbau jedoch tiefe Spuren in der Landschaft hinterlassen. Die Sanierung und nachhaltige Gestaltung von Bergbaufolgelandschaften steht im Mittelpunkt der Arbeit eines internationalen Forschungszentrums, das die BGR jetzt in Cottbus aufbaut.

Die Braunkohleförderung bedeutet einen tiefgreifenden Eingriff in die Natur. Die großflächigen Tagebaue führen zur Umlagerung und Veränderung von Böden und ganzen Landschaftsformen. Hinzu kommt die Zerstörung von Siedlungen. Durch diese Eingriffe werden auch der Wasserhaushalt und die Wasserqualität der Gebiete oft dauerhaft beeinflusst. Damit keine Industriebrachen zurückbleiben, fordert das Bergrecht, Gelände wieder nutzbar zu machen. Und so beginnt, wo immer in Deutschland die Rohstoffgewinnung zu Ende geht, ein neues Kapitel: der Nachbergbau, die Rehabilitierung der Landschaft. Die BGR wird diesen Prozess im Auftrag der Bundesregierung mit ihrem neuen Forschungs- und Entwicklungszentrum Bergbaufolgen (FEZB) in Cottbus unterstützen.

Wie in allen deutschen Braunkohlerevieren läuft auch in der Lausitz ein tiefgreifender Strukturwandel. Seit der Wende sind in dem Grenzgebiet zwischen Brandenburg und Sachsen bereits 80.000 Arbeitsplätze im Braunkohlebergbau weggefallen. Nur ein vergleichsweise geringer Anteil der am Ende verbleibenden Stellen wird auch hier in der Rekultivierung eine Weiterbeschäftigung finden.

In der Lausitz sind bereits großräumig neue Landschaften entstanden. Dabei sind im Verhältnis zu Äckern und Wiesen vor allem große Waldflächen aufgeforstet worden, und aus den Tagebau-Löchern haben sich teilweise neue Seen gebildet. Hier setzt die Arbeit des neuen FEZB an. „Zu den Pro-

blemen, die sich in der Lausitz zeigen, gehören instabile Abraumkippen. Nur eine Frage von vielen, zu deren Lösung wir unser Know-how anbieten“, sagt der Leiter des FEZB-Aufbaustabes in der BGR, Dr. Christoph Neukum.

Die BGR verfügt auf den Gebieten Boden, Grundwasser, Umweltmonitoring und Geotechnik über die notwendige geowissenschaftliche Expertise. Neukum: „Es müssen neue Sanierungs- und Monitoring-Technologien entwickelt und Prognosewerkzeuge für die sichere und umweltgerechte Nachnutzung und Gestaltung ehemaliger Bergbauflächen erforscht werden.“ Für diese Aufgaben werden im FEZB der BGR in Cottbus künftig 34 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Einsatz sein. Sie werden ihre Projekte vernetzt mit anderen Partnern durchführen, etwa der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg, der Lausitzer und Mitteldeutschen Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV), der Wismut GmbH und weiteren Unternehmen aus der Region. „Die BGR wird solche Forschungsaufgaben übernehmen, die von den Sanierern ohne eine wissenschaftliche Begleitung bisher nicht berücksichtigt und angewendet werden konnten“, erklärt Neukum. Dazu gehören auch Fragen der geotechnischen Sicherheit. Die kann in den Nachfolgelandschaften Probleme bereiten. So wie z. B. im März 2021, als eine Böschung des Lausitzer Knappensee abrutschte und eine meterhohe Flutwelle auslöste.



Maßnahmen zur Uferstabilisierung eines Bergbaufolgesees im Rahmen der Sanierung von ehemaligen Tagebauen.



Start des BGR-Hubschraubers vom Flugplatz Welzow zur aerogeophysikalischen Erkundung im Bereich der Finsterwalder Restlochkette.

Ein weiteres und weit in die Zukunft reichendes Forschungsgebiet stellen die zu erwartenden hydrogeochemischen Veränderungen in Grundwasser und Boden dar, die durch den Tagebau und nach seinem Ende auftreten. „Zu den bekanntesten Problemen zählen die Versauerung und Verockerung von Fließgewässern und Seen“, sagt Hydrogeologe Neukum. Für die Kohleförderung aus den Tagebauen musste der Grundwasserspiegel jahrzehntelang massiv abgesenkt werden. „Waren Boden und Untergrund zuvor wassergesättigt und sauerstofffrei, so konnte nun Luft eindringen und das im Sediment enthaltene Eisensulfid oxidieren. Dabei entstanden und entstehen bis in die kommenden Jahrzehnte Eisen-Hydroxide, die für eine charakteristische Ockerfärbung im Wasser sorgen – und letztlich Schwefelsäure. Da die jungen Ablagerungen in der Lausitz sehr kalkarm sind, kann die Schwefelsäure im Grundwasser nicht neutralisiert werden“, erklärt Neukum.

In der Folge lässt sich eine Verockerung der Spree und anderer Flüsse durch die Eisenminerale beobachten, die im Kontakt mit Sauerstoff ausfallen. Zudem entsteht eine schleichende aber unsichtbare Versauerung der Flüsse und Seen, der mancherorts durch massive Einleitung von Kalkmilch begegnet wird. Es sind Fragen wie diese, mit denen sich die Menschen konfrontiert sehen – sowohl in der Bergbaunachfolgelandschaft als auch weit darüber hinaus. So können sich infolge des Durchflusses der Spree auch Belastungen im Bereich der Berliner Wasserversorgung ergeben.

Das FEZB hat bereits mit ersten Arbeiten begonnen. So untersuchte die BGR im Sommer 2021 mit ihrem Hubschrauber und einer Messsonde den Untergrund der „Finsterwalder

Restlochkette“, etwa 60 Kilometer südwestlich von Cottbus. „Mit luftgestützten geophysikalischen Messverfahren lassen sich wichtige Fragen beantworten, z. B., wie tief der Grundwasserspiegel liegt, ob es Tonschichten im Untergrund gibt oder wie salzhaltig das Grundwasser ist“, erklärt Neukum.

Das Wissen, das in Cottbus am FEZB generiert wird, wird nicht nur für die Lausitz von Bedeutung sein. Ins rheinische Braunkohlerevier gibt es bereits erste Kontakte, die nach Abschluss der Aufbauphase des FEZB intensiviert werden sollen. Und auch international sieht Neukum Kooperationschancen. Zwar seien nicht unbedingt alle Methoden übertragbar, doch „es müssen nicht nur in der Lausitz Bergbaufolgen überwunden werden, sondern das Know-how, das hier entsteht, kann im Rahmen von internationalen Kooperationsprojekten auch für Asien, Afrika oder Amerika interessant sein.“ Die große Hoffnung ist, dass eines Tages die massiven Eingriffe in die Landschaft nicht mehr zu erkennen sein werden – weil eine neue Landschaft an die Natur zurückgegeben worden ist. ■



Dr. habil. Christoph Neukum
FEZB (Aufbaustab zur Einrichtung des Forschungs- und Entwicklungszentrums Bergbaufolgen)

✉ Christoph.Neukum@bgr.de

Bergbaufolgelandschaft in der Lausitz. Die Sanierung und nachhaltige Gestaltung von Bergbaufolgelandschaften steht im Mittelpunkt der Arbeit des FEZB.



Dr. Dieter Rammlmair im Röntgenfluoreszenzlabor bei der Analyse von Bohrkernabschnitten des magmatischen Bushveld Komplexes in Südafrika, der weltgrößten Platinlagerstätte.

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ BEI DER BGR – ALGORITHMEN FÜR DIE DATENFLUT

Der Einsatz neuer Technologien beschert eine Fülle zusätzlicher Daten. Künstliche Intelligenz (KI) und maschinelles Lernen können helfen, die immer größeren Datenmengen auch in der geowissenschaftlichen Forschung zielführend zu nutzen. In der BGR laufen dazu mehrere Projekte, die den Einsatz der Computersysteme in der Anwendung testen.

Im Labor des BGR-Arbeitsbereichs „Mineralische Reststoffe“ können ganze Bohrkernmeter mit modernsten Methoden innerhalb von wenigen Minuten oder – für komplexere Untersuchungen – Stunden in höchster Auflösung gescannt werden, um anschließend z. B. Aussagen über deren mineralogische Zusammensetzung treffen zu können. „Die Interpretation der gewonnenen Daten ist die eigentliche Hauptarbeit bei der Forschung“, sagt Dr. Dieter Rammlmair, Leiter des Arbeitsbereichs. Diese benötige natürlich ihre Zeit und Hintergrundwissen, so der Mineraloge. In seinem Labor werden Tausende von Proben zur Beantwortung der unterschiedlichsten geowissenschaftlichen Fragestellungen untersucht. „Um diese Datenflut für die Forschung noch effizienter zu kanalisieren, legen wir im Rahmen unseres internen KI-Projekts Datenbasen an, die sozusagen eine automatisierte Interpretation ermöglichen“, erläutert Rammlmair.

Auf dieser Grundlage werden in seinem Arbeitsbereich auch Informationen, die aus verschiedenen Analysemethoden zu einer einzigen Probe generiert werden, miteinander verschnitten. Die fusionierten Daten werden anschließend mit KI-Methoden wie Deep Learning gesichtet, um so

übergeordnete Muster in den Proben zu erkennen. „Auf diese Weise testen wir die Leistungsfähigkeit der einzelnen Methoden und gewinnen dadurch neue Erkenntnisse“, erklärt Rammlmair.

Das Projekt in Rammlmairs Arbeitsbereich gehört zu mehreren BGR-Vorhaben, in denen künstliche Intelligenz eingesetzt wird. Auch in der übrigen geowissenschaftlichen Community ist KI ein wichtiges Thema. So stieß die Konferenz „Big data and machine learning in geosciences“, die von der BGR Anfang 2020 in Berlin veranstaltet wurde, auf großes Interesse. 150 Teilnehmerinnen und Teilnehmer versammelten sich im prachtvollen Eichensaal des Bundeswirtschaftsministeriums. „Wir hätten auch die doppelte bis vierfache Zahl an Gästen begrüßen können“, erinnert sich Dr. Stefan Broda. Der Leiter des BGR-Arbeitsbereichs „Flächeninformation Grundwasser“ gehörte zu den Organisatorinnen und Organisatoren der Konferenz und nutzt in seinem Arbeitsbereich ebenfalls KI-Anwendungen.

Ziel der Veranstaltung war es, die geowissenschaftlichen Akteurinnen und Akteure in Behörden, Forschung und Industrie bei der Nutzung von „Big Data“ und der Weiter-



Prof. Dr.-Ing. Christian Bauckhage vom Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme berichtet über den wachsenden Einfluss des maschinellen Lernens im täglichen Leben.

entwicklung von Methoden des maschinellen Lernens enger zu vernetzen. Expertinnen und Experten u. a. von Google, der Fraunhofer-Gesellschaft und der Universität von Minnesota berichteten über den aktuellen Stand der KI-Forschung. Fachleute des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt, der Europäischen KI-Allianz und vom Unternehmen „TomTom“ skizzierten Möglichkeiten und Herausforderungen, die die Geowissenschaften für Anwendungen der Künstlichen Intelligenz darstellen. Am zweiten Tag berichteten Branchenexpertinnen und -experten aus Nordamerika und Europa über konkrete KI-Anwendungen in den Geowissenschaften.

Von den Erfahrungen anderer KI-Expertinnen und -Experten profitiert auch die BGR, die künstliche Intelligenz in einer Vielzahl von Projekten nutzt. Dazu gehören neben der Mineralogie u. a. die Bereiche Erdbebenüberwachung, Endlagerforschung, Rohstoffmonitoring und Hydrogeologie. Die Anforderung ist überall gleich. Es kommt darauf an, große Datenmengen schnell zu durchsuchen und auf Zusammenhänge abzuklopfen. „Das ist sogenannte schwache KI, in der die Systeme mehr oder weniger autonom Strukturen innerhalb der Datenbestände erkennen und spezifizierte Probleme lösen“, erklärt Grundwasser-Experte Broda.

In Brodas Arbeitsbereich setzt man die Künstliche Intelligenz u. a. für die Grundwasserstandsvorhersage ein. Für die Zukunft deutet sich in Deutschland eine noch stärkere Trockenheit an. So zählten die Sommer 2018, 2019 und 2020 bereits zu den trockensten der vergangenen Jahrzehnte. „Deutschlands Grundwasser kann problemlos zwei



BGR-Präsident Prof. Dr. Ralph Watzel (4.v.li.) mit den Referentinnen und Referenten des ersten Konferenztages (v.li.): David Osimo (European AI Alliance), Sören Sonnenburg (TomTom), Ed Parsons (Google), Xiaoxiang Zhu (DLR) und Vipin Kumar (University of Minnesota).

„Dürresommer überleben“, betont der Hydrogeologe Broda, „wenn wir aber eine längere Dürreserie bekommen, dann wird es in einigen Landesteilen kritisch.“

Das Team von Stefan Broda will daher einen flächendeckenden Vorhersagedienst für die Grundwasserstände in Deutschland entwickeln, der die Entwicklung der Wasserstände über Wochen, Monate bis zu Jahren prognostizieren kann. Künstliche Intelligenz kam bereits zum Einsatz, als die Grundwasserexpertinnen und -experten der BGR herausfinden wollten, welche der von den Bundesländern zur Verfügung gestellten Zeitreihen aus den Ergebnissen der rund 14.000 Grundwassermessstellen in Deutschland repräsentativ für größere Gebiete sind. „Wir mussten die Zahl der für die Vorhersage zu nutzenden Messstellen auf ein vernünftiges Maß reduzieren, schon allein, weil wir nicht alle Logger mit Datenfernübertragung ausstatten können, was Voraussetzung für einen operationellen Dienst ist“, so Broda. Die KI ermittelte aufgrund der vorliegenden Messwerte und regionalen Verteilung rund 200 Stationen als Basis für einen nationalen Vorhersagedienst. Anhand ihrer historischen Daten konnte bereits demonstriert werden, dass dieses Instrument die Entwicklung der Grundwasserstände zuverlässig abbilden kann. Zurzeit wird der Dienst operationalisiert und in naher Zukunft für eine wirkliche Prognose geöffnet.

Ein besserer Service für die Öffentlichkeit steht auch im Fokus des Verbundprojektes SEIGER, für das im BGR-Fachbereich „Erdbebedienst des Bundes, Kernwaffenteststopp“ KI-Methoden eingesetzt werden. Ihr Einsatzgebiet sind die Regionen der beiden Geothermiekraftwerke von Landau und Insheim in der Süd-Pfalz. Dort kommt es immer wieder zu sogenannten induzierten Erdbeben, die mit der Arbeitsweise der Anlagen zusammenhängen. „Wir



Einsatz von Big Data zur Echtzeitüberwachung von Rohstoff-Lieferketten.

- wollen innerhalb von Sekunden nach einem solchen Beben abschätzen, in welchem Bereich es Auswirkungen an der Oberfläche gegeben haben könnte“, sagt BGR-Experte Dr. Andreas Steinberg.

Die 15 Seismometer-Stationen des Forschungsnetzwerks Südpfalz liefern die Daten, mit denen ein selbstlernendes neuronales Netzwerk nahezu in Echtzeit die Eigenschaften eines Erdbebens bestimmen soll. Damit das System auch schnell genug ist, haben die BGR-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler es mit den Daten von 100 Millionen künstlicher Beben trainiert. Dies geschah mit Hilfe von drei verschiedenen Untergrundmodellen für die Südpfalz, die die Beben simulierten. „So kann das System auch mit Unsicherheiten umgehen und zuverlässige Aussagen über Auswirkungen treffen, wenn Erdbeben auftreten“, so Steinberg.

Eine gleichmäßig zuverlässige Analyse von Gesteinsproben erhoffen sich die Forscherinnen und Forscher im Projekt ITERATOR, einem weiteren Einsatzfeld der Künstlichen Intelligenz in der BGR. Hier sollen die Algorithmen helfen, auf Grundlage von Aufnahmen eines Rasterelektronenmikroskops die Zahl, Größe und Form der Poren in den Proben zu identifizieren. Das ist zum Beispiel für die Endlagerforschung wichtig, weil die Poren im Fall eines Flüssigkeitseintritts unter anderem die Durchlässigkeit des Speichergesteins bestimmen. Ein selbstlernendes neuronales Netzwerk soll hier mit wachsender Analyseerfahrung und von den Fachleuten durchgeführten Korrekturen Ausdauer und Konstanz in die Analyse bringen. „Aktuell hängt das sehr stark von der Kollegin oder dem Kollegen ab, der die Untersuchungen bearbeitet“, so Christoph Schettler, Geoinformatiker im BGR-Arbeitsbereich „Geoinformation, Stratigraphie“. „Wir versuchen herauszufinden, ob man mit der künstlichen Intelligenz eine zuverlässige Referenzbasis schaffen kann“, erklärt er. Derzeit werden verfügbare neuronale Netzwerke getestet, die für den Einsatz geeignet sein könnten. „Es gibt viele Netzwerke von aktuellen Forschungsprojekten, die zum Teil schon mit vielen Millionen

Bildern geschult wurden. Wir hoffen, dass wir sie mit vergleichsweise geringem Aufwand auf unsere Anwendung trainieren können“, erklärt BGR-Ingenieur Marco Brysch.

Ein Frühwarnsystem für Lieferrisiken auf den Rohstoffmärkten will die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der BGR für die heimische Industrie entwickeln. Big Data-Systeme sollen hier die Fülle an Informationsquellen im Blick halten, relevante Informationen herausfiltern und bewerten und so ein stetig aktualisiertes Lagebild zur Liefersituation bei bis zu 60 mineralischen Rohstoffen bereitstellen. „Wir verarbeiten ganz verschiedene Indikatoren – klassische Wetterdaten und Wirtschaftsindikatoren, aber auch Informationen über politische Krisen, Kriege, soziale Spannungen oder andere Quellen, die relevant für Störungen in der Lieferkette sein können“, erläutert DERA-Experte Arne Schumacher. Als Informationsquellen dienen sowohl bewährte Geoinformationssysteme als auch die gesamte Palette der Online-Quellen.

Der Testlauf wird über weite Strecken BGR-intern stattfinden, denn die DERA-Expertinnen und -Experten müssen die Informationen, die das Computersystem zusammengestellt hat, eingehend auf ihre Qualität prüfen. „Je mehr das System aber lernt und je stärker sich zuverlässige Informationsquellen herauskristallisieren, werden wir dazu übergehen, die Informationen teilautomatisiert auszuwerten und weiterzugeben“, so Schumacher. Bis 2024 soll eine Beta-Version des Tools verfügbar sein, mit der das Konzept getestet werden kann. ■

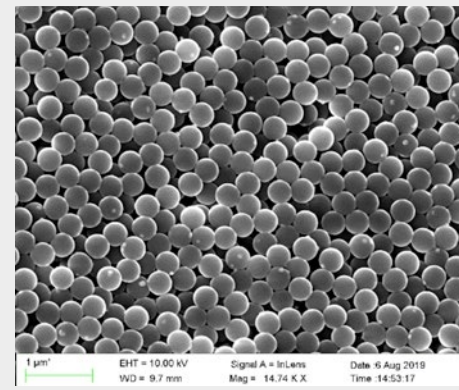


Dr. Stefan Broda
B2.2 Informationsgrundlagen
Grundwasser und Boden

✉ Stefan.Broda@bgr.de



Pflanzenzest am Fraunhofer IME mit verschiedenen Polystyrol-Partikeln, die in der BGR hergestellt wurden. Das Bild zeigt Haferpflanzen nach sieben Wochen Wachstum.



Synthese (links) und Charakterisierung (rechts) von Polystyrol-Partikeln in der BGR.

DEM KUNSTSTOFF IM BODEN AUF DER SPUR

Mikro- und Nanoplastik findet sich heutzutage überall in der Umwelt. Die Forschung hierzu konzentrierte sich allerdings lange Zeit auf Meere, Seen und Flüsse. Böden blieben bisher außen vor. Das ändert sich gerade. Auch die BGR beteiligt sich an der Forschung zu Kunststoffen im Boden.

Die Bodenbelastung durch Mikro- und Nanoplastik ist eine globale Herausforderung. Nach einer Schätzung aus dem Jahr 2016 landen in der EU jährlich bis zu 430.000 Tonnen Mikrokunststoffe auf den Äckern. Zum Vergleich: Im Oberflächenwasser der Ozeane sind es einer anderen Studie zufolge bis zu 236.000 Tonnen.

In Europa sind Klärschlämme eine wichtige Quelle für die Plastikpartikel in Böden. In Deutschland wird etwas mehr als ein Viertel der Klärschlämme als Dünger ausgebracht. „Während die düngende Wirkung endet, bleiben die Kunststoff-Konzentrationen im Boden selbst Jahre nach dem letzten Ausbringen von Klärschlamm noch deutlich erhöht“, erklärt BGR-Bodenkundler Dr. Martin Hoppe.

Böden sind komplexe Systeme aus Mineralen, Humus, Wasser, Mikroorganismen und anderen Lebewesen. Um die Auswirkungen der winzigen Kunststoffpartikel auf die Lebensgrundlage von Pflanzen einschätzen zu können, fehlen bislang Daten – etwa zur Frage, ob Plastik ins Grundwasser gelangt oder für Mikroorganismen im Boden schädlich ist.

Die BGR arbeitet gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie IME und der Leibniz-Universität Hannover an der Entwicklung wissenschaftlich valider Untersuchungsmethoden. In der BGR wurden unter anderem Testpartikel entwickelt, die aus Polystyrol bestehen – einem im Alltag weit verbreiteten Kunststoff. „Im Boden steckt viel Kohlenstoff, dem Hauptelement, aus dem Plastik aufgebaut ist. Um also eine Aussage über Wirkung und Verbleib der Kunststoffe treffen zu können, mussten wir zunächst einen Weg finden, sie für den Nachweis zu kennzeichnen“, beschreibt BGR-Experte Hoppe das Vorgehen. Das passiert über das sogenannte

Dotieren, bei dem Kunststoffpartikel mit Silber oder Palladium markiert werden. Diese Metalle eignen sich, weil sie im Ackerboden sehr selten sind.

In Laborexperimenten sind Versuche mit Bodensäulen geplant, in die dotierte Partikel gegeben werden. Hoppe: „Wir wollen herausfinden, wie viele Partikel durch die Bodensäulen transportiert werden. So erhalten wir erste Informationen darüber, wie mobil die Partikel in der Umwelt sind.“

Genauso wichtig sind Freilandexperimente. In einem aktuellen Versuch wurden mit dotierten Partikeln angereicherte Klärschlämme auf einem Testfeld ausgebracht. Die Fläche ist mit nach oben offenen Zylindern präpariert, die in die Erde eingelassen und mit Bodenkernen sowie eingesäten Pflanzen befüllt sind. Die Gefäße sind nach unten verschlossen, um Sickerwasser aufzufangen und zu messen.

„Auf diese Weise untersuchen wir, ob sich Plastikpartikel in der Wurzel oder in den oberirdischen Pflanzenteilen nachweisen lassen“, erklärt Hoppe. Er und das übrige Team erhoffen sich so weiterführende Aussagen für die Forschung. Denn für die Risikoabschätzung im Rahmen von Gesetzen und Verordnungen sind verlässliche Daten unverzichtbar. ■



Dr. Martin Hoppe
B2.4 Boden als Ressource –
Stoffeigenschaften und Dynamik

✉ Martin.Hoppe@bgr.de



Felssturz im Kirnitzschtal bei Bad Schandau (Landkreis Sächsische Schweiz-Osterzgebirge, Sachsen) – verlagertes Volumen ca. 120 m³. Der mächtige Felsbrock hat eine Höhe von 3,7 m.

EMPFEHLUNGEN ZUR ABSCHÄTZUNG VON GEOLOGISCHEN GEFAHREN

Gefahrenabwehr ist in Deutschland Ländersache. Zwischen den Bundesländern gibt es bei der Gefährdungsabschätzung allerdings erhebliche Unterschiede. Im Bereich der geologischen Gefahren, zu denen z. B. Hangrutschungen und Felsstürzen gehören, hat ein Bund-Länder-Projekt Empfehlungen zu einer bundeseinheitlichen Methodik erarbeitet.

Deutschland ist ein Land mit vergleichsweise überschaubarem Potenzial an geologischen Gefahren. Nur in wenigen Gebieten kann es zu Erdbeben kommen, eine Gefährdung durch Vulkane ist räumlich noch begrenzter. Hangrutschungen und Felsstürze (Steinschläge) dagegen stellen eine weit verbreitete Gefahr dar. „Besonders ausgeprägt ist diese Gefährdung in den Mittelgebirgen und natürlich in den Alpen, aber auch an den Steilküsten“, betont Dr. Dirk Balzer, Arbeitsbereichsleiter „Ingenieurgeologische Gefährdungsanalysen“ bei der BGR. Für die Einschätzung und Lokalisierung der Gefährdung sind im Fall von geolo-

gischen Gefahren die Staatlichen Geologischen Dienste der Bundesländer zuständig.

Die betroffenen Länder haben mehr oder weniger ausgefeilte Instrumentarien, um die geologischen Gefahren auf ihrem Territorium zu erfassen und zu bewerten. Dabei gibt es Unterschiede in Terminologie, Skalierung, Systematik und Detailgrad. Naturgefahren dagegen kümmern sich nicht um Ländergrenzen, und so wird es spätestens dann schwierig, wenn ein Betrachtungsraum die Territorien von zwei oder mehr Ländern umfasst. „Der Harz zum Beispiel

erstreckt sich mit einer Ausdehnung von 110 mal 40 Kilometern über die Länder Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen – und in jedem Bundesland hat die Gefahrenhinweiskarte für Massenbewegungen bisher anders ausgeschaut“, so Balzer.

Das Bund-Länder-Projekt Massenbewegungen in Deutschland (MBiD) hat vor diesem Hintergrund die unterschiedlichen Methoden zur Gefährdungsabschätzung untersucht und Empfehlungen zu einer bundesweiten Anwendung

„Wir haben untersucht, welche Methode für die Modellierung welcher Art von Massenbewegung unter derzeitigen Voraussetzungen geeignet ist und welche nicht.“ Dr. Dirk Balzer

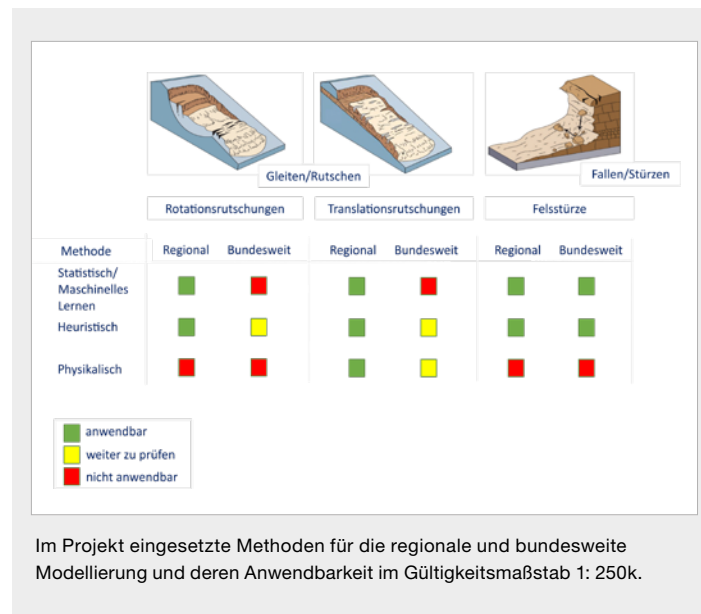
vorgelegt. Die Koordination des Projekts lag bei der BGR und dort in der Verantwortung von Dr. Michael Fuchs, Mitarbeiter in Balzers Arbeitsbereich. „Ziel war es, länderübergreifend gemeinsame Verfahren aufzubauen und zu diesem vereinheitlichten Vorgehen haben wir als Bundesinstitution mit entsprechenden Verbindungen zur EU-Ebene wichtige Beiträge leisten können“, sagt Fuchs. So galt es innerhalb des Projekts die notwendige Vorarbeit für eine einheitliche Gefahrenhinweiskarte für Hangrutschungen und Felsstürze auf dem Gebiet der Bundesrepublik zu leisten. „Wir haben untersucht, welche Methode für die Modellierung welcher Art von Massenbewegung unter derzeitigen Voraussetzungen geeignet ist und welche nicht“, erläutert Arbeitsbereichsleiter Balzer. Die Karte selbst soll mittelfristig erarbeitet werden.

An dem Projekt beteiligten sich neben der BGR die Geologischen Dienste der Länder Bayern, Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen und Sachsen. In insgesamt 14 detaillierten Fallstudien wurden jeweils mehrere Methoden untersucht, die entweder auf der statistischen Auswertung historischer Aufzeichnungen, auf physikalischen Modellen oder Experteneinschätzungen aufbauen. „Grundsätzlich ist das immer besser, wenn man über detaillierte physikalische Daten oder umfangreiche Aufzeichnungen der Ereignisse verfügt, aber wir müssen natürlich auch einen Plan B bereithalten für den Fall, dass es keine entsprechenden Informationen gibt“, so Fuchs.

Alle Methoden wurden in den Fallstudien auf ihre Vorhersagetauglichkeit getestet. Sie mussten die Zonen möglichst gut ausweisen, in denen bislang Hangrutschungen oder Felsstürze aufgetreten sind. „Wenn das Modell in den

höchsten Gefährdungszonen etwa 80 Prozent der bekannten Ereignisse erfasst und diese Zonen räumlich auf etwa 20 Prozent der Gesamtfläche eingegrenzt werden können, sprechen wir von einem guten Modell“, erklärt Arbeitsbereichsleiter Balzer.

Ein Ergebnis der ausführlichen Methodentests war, dass man eine vorläufige Einteilung nach Gefährdungszonen für Felsstürze in Deutschland anhand eines Geländeparameters vornehmen kann. Für Übersichtsdarstellungen, die auf einem digitalen Geländemodell basieren, kann man sich an der Hangneigung orientieren und ab einer Neigung von 45 Grad gefährdete Zonen ausweisen. Die genaue Bestimmung der Gefährdung ist von der Geologie abhängig.



Neben Hangrutschungen und Felsstürzen lauern jedoch noch weitere Gefahren. In einem nächsten Schritt wollen sich die Fachleute mit den Gefährdungen durch Erdfälle beschäftigen, die wiederum ganz anderen Gesetzmäßigkeiten unterliegen. ■



Dr. Michael Fuchs
 B4.4 Gefährdungsanalysen,
 Fernerkundung

✉ Michael.Fuchs@bgr.de

BEIRUT-EXPLOSION: SPRENGKRAFT MIT INFRASCHALLSIGNALLEN BESTIMMT

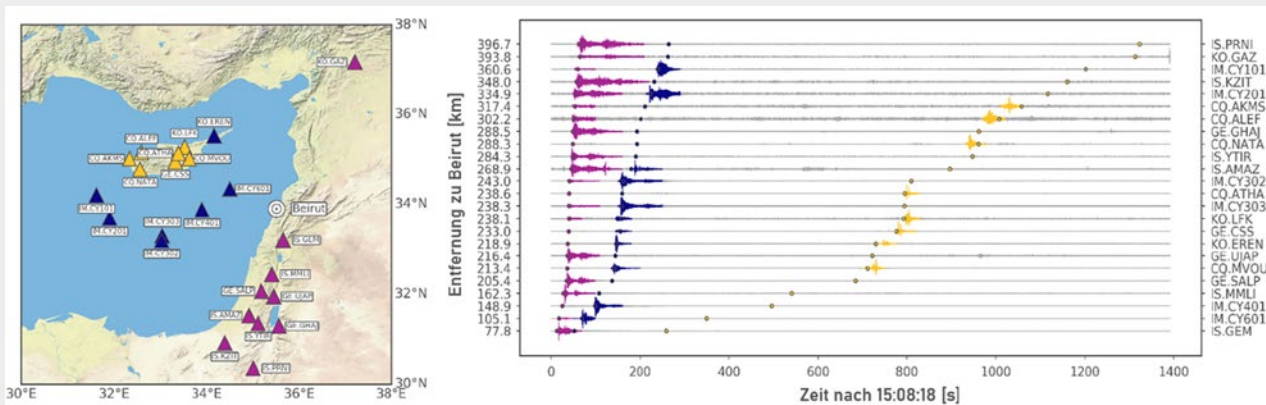
Die schwere Explosion im Hafen von Beirut im August 2020 wurde auch von Messstellen der internationalen Organisation für die Überwachung des Kernwaffenteststoppabkommens (CTBTO) aufgezeichnet. Unter Federführung der BGR, die mit Stationen am weltumspannenden CTBTO-Messnetz beteiligt ist, nutzten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Infrasschalldaten, um die Stärke der Detonation zu bestimmen.

Keine drei Sekunden dauerte es am 4. August 2020, um den Hafen von Beirut und die ihn umgebenden Stadtviertel in Schutt und Asche zu legen. In einem Lagerhaus im Hafen kam es nach einem Brand um 18:08 Uhr Ortszeit zu einer gewaltigen Detonation, deren Druckwelle die gesamte Stadt erfasste. Mehr als 200 Menschen wurden getötet, 6500 verletzt. Die Schätzungen der materiellen Schäden gehen in die Milliarden.

Schnell stand die Ursache der Katastrophe fest: In dem Lagerhaus explodierten 2750 Tonnen des Düngers Ammoniumnitrat, nachdem zuvor Feuerwerkskörper, die ebenfalls dort gelagert wurden, durch einen Brand entzündet worden waren. Die Detonation riss einen 43 Meter tiefen und 124 Meter breiten Krater in die Kaianlagen des Hafens – und sie wurde von hochempfindlichen geophysikalischen Messinstrumenten in bis zu 6000 Kilometern Entfernung erfasst, die zum globalen CTBTO-Netz gehören. Dies umfasst insgesamt 321 Stationen für Infrasschall, Seismik, Hydroakustik und Radionuklide. Die BGR betreibt vier dieser Anlagen – jeweils zwei seismologische und zwei Infrasschall-Messsysteme im Bayerischen Wald und in der Antarktis.

Die Erschütterungen der Detonation in Beiruts Hafen pflanzten sich zu Lande, im Wasser und in der Luft fort. Seismometer in Israel und der Türkei schlugen als erste an, als die Erdbebenwellen bei ihnen eintrafen. Dann fingen Stationen auf dem Meeresboden der Levante hydroakustische Signale auf, die von der Explosion in Meeresnähe verursacht worden waren. Nach diesen regionalen Sensoren registrierten auch Infrasschall-Stationen der CTBTO in Europa und Afrika die Explosion. Der Zeitabstand betrug da allerdings schon einige Stunden, da sich die akustischen Wellen mit der Geschwindigkeit des Luftschalls ausbreiten.

Auf eine Auswertung dieser Messdaten konzentrierten sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der BGR sowie des Deutschen Geoforschungszentrums in Potsdam und der Christian-Albrechts-Universität in Kiel zur Bestimmung der Sprengkraft der Detonation in Beirut. Infrasschallwellen reichen tausende Kilometer weit, weil sie auf ihrem Weg zwischen der Erdoberfläche und der oberen Stratosphäre hin und her reflektiert werden, ohne besonders an Stärke zu verlieren. Das Forschungsteam nutzte die Infrasschalldaten von Stationen, die in westlicher Richtung am nächsten zum Unglücksort



Seismometer (links) in einem Radius von 400 km um Beirut, die die Erschütterung durch die Explosion registriert haben. Die Farbe der Dreiecke verdeutlicht den vornehmlich aufgezeichneten Wellenformtyp (Lila: seismisch – Ausbreitung in der festen Erde, Blau: hydroakustisch – Ausbreitung als Wasserschall im Meer, Gelb: akustisch – Ausbreitung als Infrasschall in der Atmosphäre). Die Laufzeiten der Signalausbreitung (rechts) variieren je nach Medium.



Die Explosion im Hafen von Beirut führte zu schwerer Zerstörung an Gebäuden und Infrastruktur in mehreren Kilometern Umkreis zum Explosionsort.

lagen. Das waren neben der von der BGR im Bayerischen Wald betriebenen Messstelle Anlagen in Tunesien und der Elfenbeinküste. Die westlichen Stationen wurden gewählt, weil zum Zeitpunkt der Explosion die Stratosphärenwinde aus Osten wehten und daher die Infraschallwellen gen Westen trugen.

Aus den CTBTO-Daten errechneten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eine Ladungsstärke zwischen 800 und 1400 Tonnen TNT, was ziemlich gut zur theoretischen Sprengkraft von 2750 Tonnen Ammoniumnitrat passt. Damit lag die Explosion in Beirut ungefähr auf dem Niveau, das die CTBTO-Sensoren vertragsgemäß erkennen müssen. „Als deutsches Datenzentrum für den Kernwaffenteststopp muss die BGR sicherstellen, dass wir Ereignisse ab einer Stärke von einer Kilotonne TNT-Äquivalent registrieren können“, so Dr. Christoph Pilger aus dem BGR-Fachbereich „Erdbebendienst des Bundes, Kernwaffenteststopp“, der für die BGR an den Untersuchungen beteiligt war.

Um die Sprengkrafteinschätzung der Infraschallstationen überprüfen und präzisieren zu können, zogen Pilger und das Forschungsteam bei den Untersuchungen die frei verfügbaren seismologischen Daten der Erdbebenmessstationen in der Levante hinzu. „Aus ihnen konnten wir eine Momentmagnitude von 3,47 ermitteln. Das entspricht der Sprengkraft von rund 1100 Tonnen TNT und liegt genau im Mittel der von den Infraschallsensoren gelieferten Werte“, erläutert Pilger das Ergebnis.

Mit Hilfe von Satellitendaten der europäischen Sentinel-Erdbeobachtungssatelliten konnte das Team gemeinsam mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus dem Bereich der Fernerkundung zudem Aussagen zu den Schäden treffen, die die Explosion in der libanesischen Hauptstadt angerichtet hatte. Erdbeobachtungssatelliten liefern regelmäßig und unabhängig vom Einverständnis betroffener Staaten hochauflösende Bilder der Erdoberfläche. Sie stellen auf diese Weise eine weitere unabhängige Quelle für die Beurteilung von schweren Explosionen dar. Der Forschungsgruppe gelang es, die Schäden mit einem automatisierten Vergleich von Bildern vor und

nach dem Unglück abzuschätzen und aus ihnen mit einem neuartigen Ansatz ebenfalls einen Hinweis auf die Sprengkraft der Explosion zu gewinnen.

Die Ergebnisse, die vom Forschungsteam in einem wissenschaftlichen Aufsatz im Journal „Scientific Reports“ aus dem Verlag der renommierten Fachzeitschrift „Nature“ veröffentlicht wurden, haben gezeigt, dass das internationale Messnetz der CTBTO hält, was sich die UN-Institution von ihm verspricht. Wenn irgendwo auf dem Globus ein Kernwaffentest stattfindet, sei es im Wasser, an Land oder in der Luft, müssen die hochempfindlichen Anlagen des CTBTO-Netzes in der Lage sein, die Signale – ganz gleich, ob seismische oder auch Schallwellen – zu messen. „Wichtigstes Signal ist dabei die Erschütterung bzw. die Druckwelle durch die Explosion, weshalb wir die Sprengkraft in Beirut ebenso ermitteln konnten, wie z. B. die Stärke des Kernwaffentests in Nordkorea im September 2017“, so Pilger. Anders als bei diesen international geächteten Waffentests ist bei Unfallexplosionen wie in Beirut in der Regel schnell klar, welche Sprengkraft ihnen zugrunde liegt. Mit ihnen kann daher die Genauigkeit der CTBTO-Messungen überprüft werden.

Die BGR will den multitechnologischen Ansatz, der jetzt am Beispiel von Beirut erprobt wurde, bei der Überwachung des Abkommens weiterverfolgen. Außerdem ist geplant, den von der BGR betriebenen Erdbebendienst des Bundes ebenfalls durch Infraschallkomponenten zu ergänzen. Dieser neue Infraschalldienst soll Informationen über Ereignisse ähnlich schnell, automatisiert und qualitätsgesichert zur Verfügung stellen, wie dies mit den seismologischen Daten schon seit Jahrzehnten geschieht. ■



Dr. Christoph Pilger
B4.3 Erdbebendienst des Bundes,
Kernwaffenteststopp

✉ Christoph.Pilger@bgr.de

3D-MODELL GIBT VIRTUELLEN EINBLICK IN NORDDEUTSCHLANDS UNTERGRUND

Ein neues digitales Untergrundmodell zeigt im Internet die Geologie des Norddeutschen Beckens in drei Dimensionen. Das in einem Bund-Länder-Projekt unter Leitung der BGR entstandene 3D-Modell gibt einen virtuellen Einblick in geologische Horizonte, Störungen und Salzstrukturen, die bis in eine Tiefe von knapp 11 Kilometern reichen.

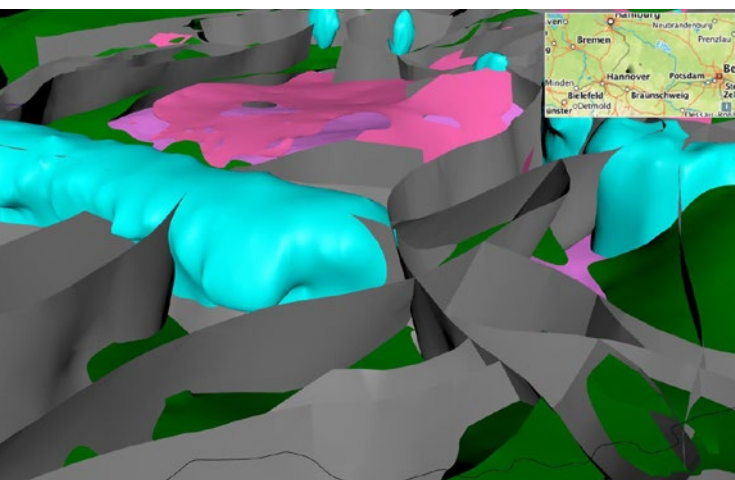
Seit 2015 haben die Geologischen Dienste der norddeutschen Bundesländer und die BGR im Projekt TUNB an der Entwicklung der dreidimensionalen Darstellung gearbeitet. Das Modell zeigt den tiefen Untergrund des Norddeutschen Beckens inklusive des deutschen Teils der Nordsee. Über den 3D-Webviewer der BGR kann es angesehen und durchsucht werden – am besten Region für Region. „Es dauert eine Weile, das ganze Modell zu öffnen, weil die Datenmenge gewaltig ist und man viel Rechnerleistung braucht“, betont Dr. Gabriela von Goerne, Leiterin des Fachbereichs „Nutzungspotenziale des geologischen Untergrundes“, die das Mammutprojekt koordiniert hat.

Nahezu 170.000 Quadratkilometer, davon 138.000 Quadratkilometer an Land und damit fast ein Drittel des Staatsgebietes der Bundesrepublik, bildet das digitale Modell bis in eine Tiefe von 10.700 Metern ab. Insgesamt 14 stratigraphische Flächen von der heutigen Erdoberfläche bis zur Basis des Zechsteins aus dem Oberen Perm vor 260 Millionen Jahren sind im TUNB-Modell aufgeführt. Dazu kommen 5331 Störungen und 273 Salzstrukturen, die die Flächen durchstoßen. Hunderttausende von Daten wur-

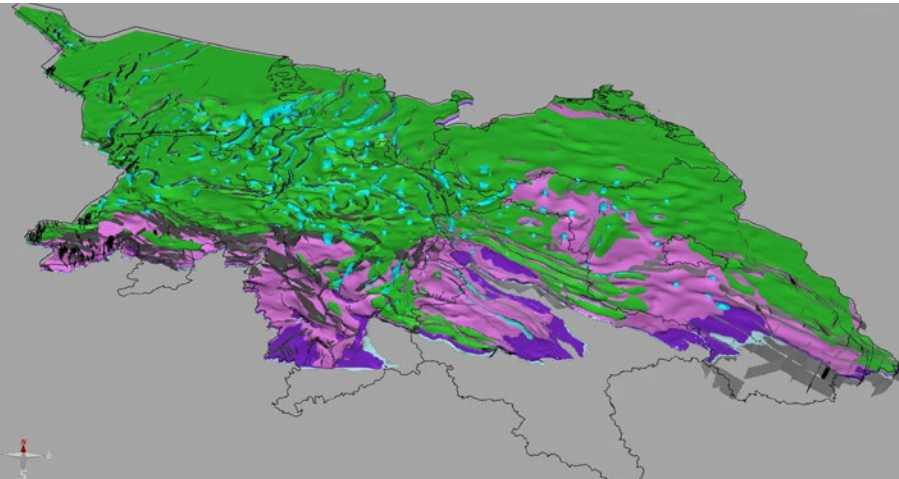
den für das Modell gesichtet und verarbeitet. Die Modellteile, die von den Geologischen Diensten der Länder für die jeweiligen Territorien und von der BGR für die Seegebiete erarbeitet wurden, mussten grenzübergreifend abgestimmt und harmonisiert werden. „Ich kenne kein anderes auch nur annähernd gleich großes Modell des tiefen Untergrundes in Europa“, sagt Gabriela von Goerne.

Das Interesse an geologischen 3D-Modellen ist groß, denn der tiefere geologische Untergrund in Deutschland entwickelt sich mehr und mehr zu einem vielbeachteten und vielgenutzten Raum. Der Bedarf an Optionen zur Gewinnung und Speicherung von Energieträgern wächst, insbesondere auch durch die Energiewende und dem damit verbundenen Bedarf an Speichermöglichkeiten, beispielsweise für Wasserstoff. „Das 3D-Modell des TUNB-Projekts kann mit seiner Auflösung bei solchen Fragen nur einen Überblick liefern, doch lässt sich so erfahren, in welcher Region es sich möglicherweise lohnt, für den jeweiligen Bedarf genauer hinzuschauen“, erklärt Gabriela von Goerne. Wer dagegen schon genau weiß, wo er suchen will, kann die Überblicksdarstellung von TUNB getrost überspringen und direkt in die genauere Erkundung und Detailuntersuchung eintreten. Denn: Detailuntersuchungen sind für geplante Untergrundnutzungen zwingend notwendig.

Derzeit liefert das Modell in seinem gegenwärtigen Ausbaustand die Schichtgrenzen der stratigraphischen Einheiten, aus denen der Untergrund aufgebaut ist. Anhand dieser Horizonte kann man quer durch das Becken verfolgen, wie die Sedimentpakete seit dem Perm abgelegt wurden, wie sie an Störungen versetzt, durch den Aufstieg von Salzkissen aufgewölbt und letztendlich durch die Gletscher des Quartär teilweise abgetragen wurden. Was zwischen den Horizonten liegt – also die Gesteine – das zeigt das Modell noch nicht. Hierfür sind noch weitere Arbeitsschritte notwendig. „Wir wollen das stratigraphische Flächenmodell in ein Volumenmodell überführen“, sagt Gabriela von Goerne. Das Modell des norddeutschen Beckens hat allerdings noch eine Lücke: die Ostsee. Über deren tiefen Untergrund liegen kaum Informationen vor. „Wir hätten die Ostsee sehr gern mitmodelliert, aber anders als für die Nordsee müssen wir



Blick von Südwesten auf einen Ausschnitt des TUNB-Modells. Bemerkenswert sind die verschiedenen Salzstrukturen in Hellblau und das komplexe Netzwerk an Verwerfungen (Störungen) in Dunkelgrau. Diese Verwerfungen versetzen und unterteilen die modellierten Horizonte. Triassische Basis-Horizonte sind in Pink und Violett und die Basis der Kreide in Grün dargestellt.



Blick auf das TUNB-Modell von Süden. Dargestellt sind die modellierten Horizonte für die Oberkreide (Grün), Oberer Buntsandstein und Buntsandstein (Pink) sowie die modellierten Salzstrukturen (Hellblau) und Störungen (Schwarz).

„Unser Fernziel ist ein 3D-Untergrundmodell für die gesamte Bundesrepublik.“

Dr. Gabriela von Goerne

uns erst die Daten beschaffen“, betont Gabriela von Goerne. In der deutschen Ostsee gibt es nahezu keine Öl- und Gaslagerstätten, deren Suche die Erkundung des Untergrunds unter der Nordsee vorangetrieben haben. Das Interesse der Industrie an der Ostsee ist daher vergleichsweise gering gewesen. Mit geophysikalischen Vermessungen will die BGR das Datenmanko ausgleichen. Eine 14-tägige Expedition des Forschungsschiffes „Maria S. Merian“ bis Bornholm und vor die polnische Küste ergab neue Daten, die für die Modellerstellung des deutschen Teils der Ostsee genutzt werden sollen, um zukünftig an das TUNB-Modell ange-dockt zu werden.

Immerhin dürfte die Integration neuer Datenbestände in das umfassende Modell schnell gehen, da jetzt der stratigraphische Rahmen nahezu ohne Konflikte steht. Das Thema Harmonisierung der Stratigraphie klingt harmloser als es ist, denn das beckenübergreifende Modell des norddeutschen Untergrundes ist eigentlich ein Mosaik aus Teilmodellen der acht kooperierenden Institutionen. Erst auf Grundlage der gemeinsamen Darstellung wird es zu einem geschlossenen Gesamtmodell. Nicht immer verlief die Harmonisierung der zugrundeliegenden Daten problemlos. Wo Landesgrenzen aufeinandertreffen, wurde es unter Umständen knifflig, da die stratigraphischen Flächen zum Teil unterschiedlich definiert waren oder die Daten schlicht und ergreifend nicht zusammenpassten.

So blieb eine der größten Schwierigkeiten die unterschiedliche Datenbasis und Horizontdefinition der ehemals west- und ostdeutschen Länder. Gabriela von Goerne: „Im Ostteil basierten die Horizonte auf seismischen Reflektoren des Reflexionsseismischen Kartenwerks der ehemaligen DDR,

im Westteil bildete der Geotektonische Atlas von Nordwestdeutschland mit lithostratigraphisch definierten Horizonten die Grundlage. Im Westteil wurden die Horizonte an stratigraphischen Bohrmarkern aufgehängt und die seismischen Reflektoren in stratigraphische Horizonte umgerechnet. So konnte es passieren, dass eine Fläche von einem Bundesland zum nächsten einen Sprung vollzog.“ Erst in mühevoller Abstimmung gelang es der Bund-Länder-Arbeitsgruppe, die meisten dieser Artefakte zu beseitigen. „Wir haben jetzt nur noch eine Handvoll Stellen in den Flächen, an denen die Daten nicht miteinander harmonisiert werden konnten“, erklärt Gabriela von Goerne.

Für die Geologin und ihre Kolleginnen und Kollegen ist das deutsche TUNB-Modell allerdings erst der Anfang. Längst laufen Gespräche mit den Nachbarstaaten über eine Harmonisierung der jeweiligen digitalen Untergrundmodelle über Nationalgrenzen hinweg. Gabriela von Goerne: „Im EU-Projekt GeoERA wurden die 3D-Modelle des Untergrunds bereits grenzüberschreitend zwischen Dänemark, den Niederlanden und Deutschland neu abgestimmt.“ Schließlich arbeitet man in der EU an einheitlichen Ansätzen, die zumindest perspektivisch einen gemeinschaftsweit einheitlichen Zugriff auf die 3D-Modelle des Untergrunds erlauben.

Auch innerdeutsch soll das Modell sukzessive über das Norddeutsche Becken hinaus nach Süden erweitert werden. „Unser Fernziel ist ein 3D-Untergrundmodell für die gesamte Bundesrepublik“, verrät Gabriela von Goerne. ■



Dr. Gabriela von Goerne
B3.1 Nutzungspotenziale des geologischen Untergrundes

✉ Gabriela.von-Goerne@bgr.de

METHODENDATENBANK FÜR DIE ENDLAGERSUCHE

Im Auftrag der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) entwickelt die BGR eine Datenbank, die die Suche nach einem geeigneten Endlager für die stark strahlenden Abfälle aus der Kernenergienutzung beschleunigen soll.

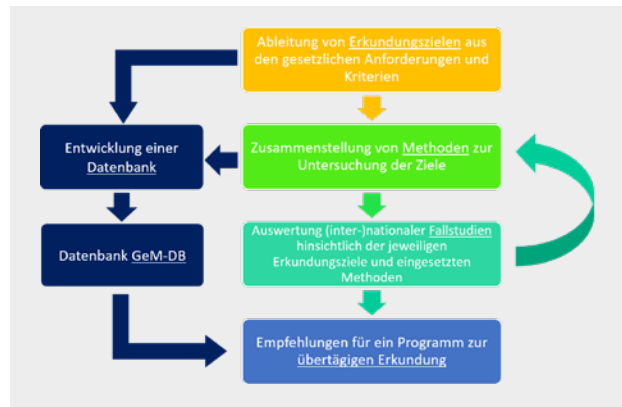
27.000 Kubikmeter Kernbrennstoffe in rund 1900 Behältern – das ist laut Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) das bisherige Ergebnis eines halben Jahrhunderts „Atomstrom“ in Deutschland. Ein Erbe, das für eine Million Jahre sicher untergebracht werden muss. Nachdem die Debatten über einen Standort mehr als vier Jahrzehnte lang unversöhnlich geführt worden waren, beschlossen Bundestag und Bundesrat 2013 einen Neustart, der 2017 im Standortauswahlgesetz mündete. Ziel dieses Gesetzes: das Endlager mit der bestmöglichen Sicherheit zu finden.

Es ist eine Suche, die unter hohem Zeitdruck steht. Schon 2031 soll dem Parlament ein Standortvorschlag zur Abstimmung vorgelegt werden.

Die neue Datenbank der BGR unterstützt das Vorhaben, den richtigen Standort zu suchen. Seit 2019 arbeitet die BGR an ihrem Aufbau. „Mit der Datenbank stellen wir einen Katalog geowissenschaftlicher Methoden zur übertägigen Erkundung der drei Wirtsgesteine Tonstein, Steinsalz und Kristallin zusammen, mit denen die Vorgaben des Gesetzes erfüllt werden können“, erläutert Dr. Thies Beilecke, Arbeitsbereichsleiter „Geophysikalische Standorterkundung“ bei der BGR.

Um eine effiziente Datenbank aufzubauen, haben die Fachleute der BGR zunächst sogenannte „Erkundungsziele“ erarbeitet. In die flossen die vom Gesetz definierten Ausschlusskriterien ebenso ein wie die Mindestanforderungen an einen Endlagerstandort und die geowissenschaftlichen Abwägungskriterien. Dazu kamen aber auch die Erfahrungen der BGR aus anderen Erkundungsprogrammen und Endlagerprojekten, so dass die Basis für das künftige Datenmaterial sehr breit ist. Aus dem Ausschlusskriterium „aktive Störungszonen“ resultiert beispielsweise das Erkundungsziel zur Bestimmung von Verwerfungen und ihrer räumlichen Ausdehnung im geologischen Untergrund. Ein anderes Beispiel: Um zu wissen, ob an einer Stelle die Mindestanforderungen an eine Wirtsgesteinsformation erfüllt sind, muss bei der Erkundung u. a. festgestellt werden, ob der Gebirgsbereich, der das Endlager aufnehmen soll, mindestens 300 Meter unter der Geländeoberfläche liegt.

„In der Datenbank haben wir die verschiedenen Methoden hinterlegt, die geeignet sind, um das ausgewählte Erkundungsziel zu bedienen“, erläutert Beilecke. Ein breites Spektrum, das von geologischen Kartierungen über geophysikalische Untersuchungsmethoden wie etwa Vibrationsseismik



Die Methodendatenbank als Kernelement im Prozess der Entwicklung von Empfehlungen für ein übertägiges geowissenschaftliches Erkundungsprogramm.

oder Geoelektrik bis hin zu Bohrungen reicht. Außerdem werden die Methoden aufgrund von Erfahrungen und Auswertungen der wissenschaftlichen Literatur bewertet. „Wir unterscheiden für die jeweilige Fragestellung unterschiedliche Eignungsstufen“, so Beilecke.

Die Geowissenschaftlerin oder der Geowissenschaftler, die mit der Datenbank arbeiten, können zwischen den verschiedenen Ebenen navigieren, sich beispielsweise den Gesetzestext anschauen, die Untersuchungsmethoden für ihr Erkundungsziel vergleichen und sich daraus nach dem Baukasten-Prinzip ein übertägiges Erkundungsprogramm zusammenstellen. Alles ist miteinander verknüpft, damit die besten Erkundungsstrategien möglichst schnell erkannt und effizient entwickelt werden können.

Inzwischen zeigt sich, dass die Datenbank nicht nur für die BGE und die Endlagersuche wichtig ist, sondern auch bei der BGR selbst in anderen Arbeitsfeldern als Nachschlagewerk genutzt wird. Beilecke: „Die Datenbank hat einfach einen Mehrwert über den ursprünglichen Zweck hinaus, und das freut mich persönlich sehr.“ ■



Dr. Thies Beilecke
B3.2 Geologisch-geotechnische Erkundung

✉ Thies.Beilecke@bgr.de

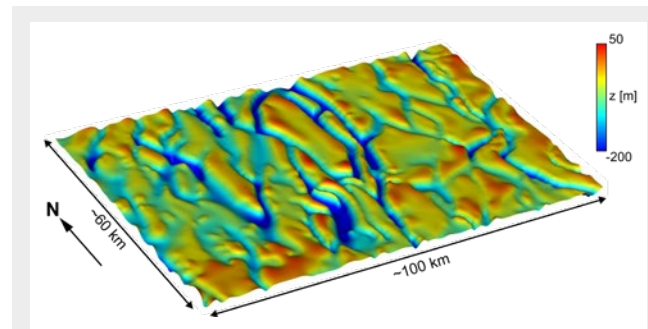
TIEFE RINNEN IM UNTERGRUND

Der Untergrund Norddeutschlands ist von tiefen Rinnen durchzogen, die zum größten Teil mit Sedimenten verfüllt sind. Sie sind die Hinterlassenschaften der zahlreichen Gletscher, die in der Erdgeschichte während der Kaltzeiten die Region bedeckten. Die BGR erkundet die Entstehung dieser subglazialen Rinnen.

Seit gut 2,5 Millionen Jahren läuft die Erde im Eiszeit-Modus. Das Klima des Quartärs schwankt zwischen Kalt- und warmen Zwischenzeiten, die sich zum Teil geradezu abrupt abwechseln. Mindestens drei große Vereisungsphasen sind für Norddeutschland nachgewiesen. In allen prägten Gletscher die Landschaft im heutigen Mitteleuropa. Die Eisvorstöße haben im Untergrund tiefe Spuren hinterlassen. So gehören sogenannte subglaziale Rinnen, die unter Gletschern entstehen, zu den tiefsten Erosionsformen überhaupt. In den ehemals eisbedeckten Gebieten Norddeutschlands wurden Tiefen zwischen 100 und 300, stellenweise gar bis 500 Meter gemessen. „Von den meisten sieht man heutzutage nichts mehr, denn sie sind eigentlich alle wieder verfüllt“, berichtet Dr. Jörg Lang vom Fachbereich „Langzeitsicherheit“. Nur aus der Weichsel-Kaltzeit, wie die jüngste der drei Vereisungsphasen im Norden genannt wird, sind Rinnen erhalten, die an der Oberfläche zu erkennen sind. Lang: „In Schleswig-Holstein zum Beispiel die Schlei, oder zahlreiche der Seen in Mecklenburg-Vorpommern und im nördlichen Brandenburg“.

Der Wissenschaftler leitet bei der BGR ein Projekt, das die Entstehung und Verbreitung subglazialer Rinnen aus dem Quartär in Norddeutschland untersucht. „Wir wollen erst einmal ein Übersichtsmodell des Untergrunds erstellen, das verdeutlicht, wo die Rinnen verlaufen, wo Störungen und Salzstrukturen sich befinden, wie mächtig Sedimente sind“, erklärt er. Ziel des Projekts ist es, herauszufinden, welche Mechanismen und Faktoren für die Entstehung dieser Rinnen eine Rolle spielen.

Die Untersuchungen haben einen konkreten Hintergrund: Derzeit läuft in Deutschland die Suche nach einem Endlager für die stark strahlenden Hinterlassenschaften der auslaufenden Kernkraftwerke. Dieses Endlager soll so tief in geologisch geeigneten Gesteinsformationen untergebracht werden, dass es für einen Zeitraum von mindestens einer Million Jahre sicher ist. Da in diesem Zeitraum weitere Kaltzeiten zumindest möglich sind, ist ein Verständnis für die Erosionsprozesse, die zur Ausbildung subglazialer Rinnen führen, notwendig.



Der Ausschnitt aus einem neu erstellten 3D-Untergrundmodell zeigt subglaziale Rinnen an der Basis der pleistozänen Abfolge in Norddeutschland (Datengrundlage: LBEG).

Entstanden sind die Rinnen nach derzeit vorherrschender Meinung durch Schmelzwasser, das durch den gewaltigen Druck des Gletschers ins Sediment des Untergrunds gedrückt wurde und sich dort einen Weg zum Druckausgleich bahnte. „Das kann man sich im Prinzip wie einen artesischen Brunnen am Eisrand vorstellen“, erklärt Lang. Das im Gletschervorfeld emporschießende Wasser hinterlässt dabei im Untergrund die charakteristischen Rinnen.

Viele Rinnen verlaufen parallel zur Bewegungsrichtung der Gletscher, aber eben nicht alle. Es sind auch Fälle bekannt, in denen Rinnen sich kreuzen oder Kurven beschreiben. Lang: „Es ist nicht klar, was da passiert ist.“ Die Vermutung liegt nahe, dass der Untergrund eine Rolle spielt. Vielleicht war er zu hart, so dass das Wasser seine Richtung änderte, vielleicht war er aber auch weicher als die Umgebung und stellte so den Weg des geringsten Widerstands dar. Diese und andere Fragen soll das Projekt klären. ■



Dr. Jörg Lang
B3.4 Langzeitsicherheit

✉ Joerg.Lang@bgr.de



ENDLAGERFORSCHUNG AUF EUROPÄISCHER EBENE: GEMEINSAM SIND WIR STÄRKER

Die Nutzung der Kernenergie hat zur Folge, dass sich die Gesellschaft um die Verwahrung der langlebigen und stark strahlenden Abfälle aus den Kernkraftwerken kümmern muss. Neben Deutschland beschäftigen sich 14 von 27 EU-Mitgliedsstaaten mit dieser Thematik in gemeinsamen Forschungsprojekten und -programmen, an denen auch die BGR intensiv teilnimmt.

Gut die Hälfte der EU-Staaten betreibt Kernkraftwerke oder hat Atomkraft zumindest in der Vergangenheit genutzt. Sie alle stehen vor derselben Frage: Wohin vor allem mit den hochradioaktiven Stoffen, deren Halbwertszeit die Dauer der menschlichen Zivilisation voraussichtlich weit übertreffen wird? Über die Antwort ist man sich seit geraumer Zeit weitgehend einig: Die Abfälle sollen tief und sicher im Untergrund gelagert werden.

Solche geologischen Tiefenlager werden in etlichen Ländern geplant und in Finnland bereits gebaut. Es sind anspruchsvolle Bauwerke, die die Abfälle für nach menschlichen Maßstäben unvorstellbar lange Zeiträume sicher einschließen sollen. In Deutschland gilt die Vorgabe, die radioaktiven Stoffe für eine Million Jahre von Grundwasserkreislauf und Biosphäre fernzuhalten. Die wissenschaftlichen wie ingenieurtechnischen Fragen, die gelöst werden müssen, sind für viele Länder identisch. Internationale Zusammenarbeit liegt daher nahe, um Informationen auszutauschen und Ressourcen zu bündeln.

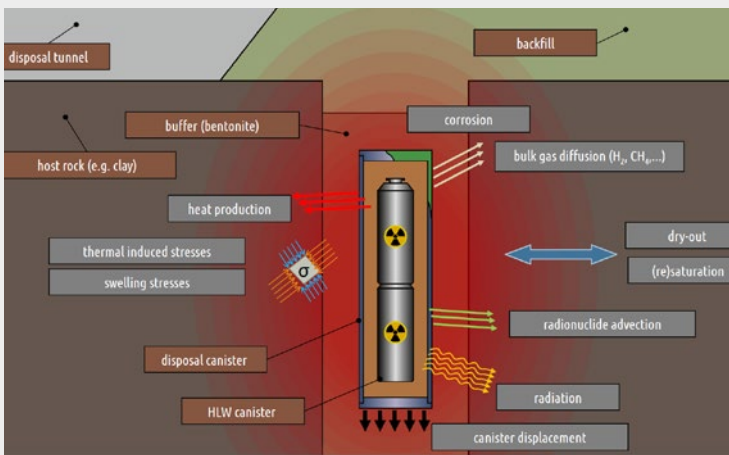
Neben zahlreichen bi- und multilateralen Initiativen der Einzelstaaten ist auch die Europäische Union ein bedeutender Akteur auf dem Feld der Endlagerforschung. Über die Europäische Atomgemeinschaft EURATOM und seit 2019 über das gemeinsame Programm EURAD fördert die Union die Kooperation ihrer Mitgliedsstaaten auf diesem wichtigen Gebiet. Die BGR ist neben der Arbeit im Programm EURAD auch im EURATOM-Projekt BEACON beteiligt. „Auf der europäischen Ebene wird angestrebt, die Forschungsprogramme der Nationalstaaten qualitativ und vom Entwicklungsstand her auf einem ähnlichen Niveau zu halten“, erläutert Dr. Gesa Ziefle, Projektverantwortliche für EURAD im BGR-Fachbereich „Geotechnische Sicherheitsnachweise“.

Der Anspruch ist hoch, schließlich gibt es in Europa nicht nur forschungs- und finanzstarke Staaten mit einer großen

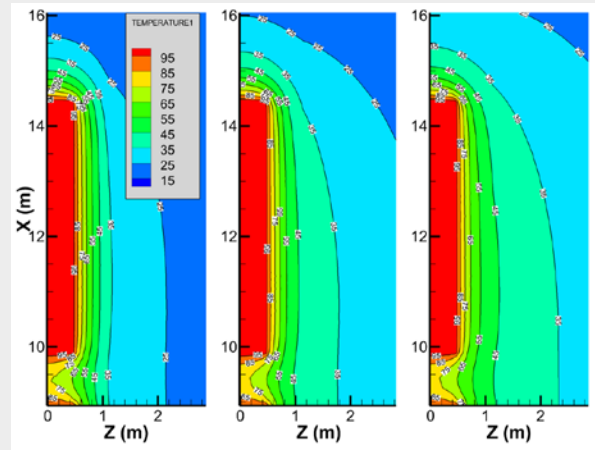
Wissenschafts- und Industriebasis in der Kernenergie. In EURAD sind neben den bekannten Schwergewichten wie Frankreich, Schweden, der Schweiz oder Deutschland auch Staaten wie Litauen, Rumänien oder Bulgarien involviert. Gesa Ziefle: „Es geht bei der Forschungsarbeit auf EU-Ebene darum, den Austausch und auch das gegenseitige Vertrauen zu fördern. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sollen nicht jeder für sich arbeiten, sondern Wissen teilen und Probleme gemeinsam lösen.“

Die künftigen Endlager sind als Systeme mit mehreren Barrieren geplant, die zusammenwirken und so die radioaktiven Stoffe über einen langen Zeitraum einschließen. Dieses Multibarrieren-System gibt es in jedem Endlagerkonzept der europäischen Staaten. Die BGR ist in der Endlagerforschung breit aufgestellt und forscht auf europäischer Ebene an zwei Typen von Barrieren. Dazu gehört zum einen die geologische Barriere. Die BGR untersucht im Rahmen des EURAD-Programms den Gestransport im Wirtsgestein Ton. Der andere Forschungsgegenstand betrifft die geotechnische Barriere. Im EURATOM-Projekt BEACON führt die BGR Untersuchungen zu Bentonit durch, der in Kristallin und Tongestein als Verfüll- und Verschlussmaterial eingesetzt werden soll.

„Bentonit ist aufgearbeitet aus bestimmten Tonmineralen. Wenn später Endlagerbehälter eingelagert werden, sollen die Kammern mit diesem Material gefüllt und im Lauf der Zeit abdichten“, erklärt Vinay Kumar, Projektverantwortlicher der BGR für BEACON. Bentonit wird als Pulver, Pellets oder in Blöcken verwendet. Wenn es mit Wasser in Kontakt kommt, quillt das Material auf, und Wasser ist sowohl in Tonstein als auch in Kristallin allgegenwärtig. Im Laufe der Zeit schließen sich die Zwischenräume zwischen den Bentonit-Partikeln, am Ende ist das Material homogen, sehr kompakt und fest. So schließt es einerseits den Behälter nahezu wasserdicht ab und sorgt andererseits dafür, dass das umschließende Gestein stabil bleibt.



Bei der Einbringung von radioaktiven Abfällen in das Endlager werden u. a. thermisch, hydraulisch und mechanisch gekoppelte Prozesse ausgelöst. Neben der Wärmebildung durch radioaktiven Zerfall werden beispielsweise mechanische Spannungen induziert und Gas freigesetzt.



Räumliche Verteilung der Temperatur im Bentonit in der Umgebung eines Heaters nach ca. 100, 500 und 1800 Tagen. Simulationsergebnisse eines in-situ Heater-Experiments in einem axial-symmetrischen Berechnungsmodell.

„Es geht bei der Forschungsarbeit auf EU-Ebene darum, den Austausch und auch das gegenseitige Vertrauen zu fördern.“ Dr. Gesa Ziefle

Dieses Aufquellen und Abdichten geschieht in den ersten Jahrhunderten der Einlagerung. Das ist verglichen mit dem gesamten Betrachtungszeitraum eine kurze Zeitspanne, aber immer noch wesentlich länger als Ingenieurinnen und Ingenieure in der Regel für ihre Bauwerke kalkulieren. Mit numerischen Modellen müssen die Fachleute daher ausgleichen, was mit Experimenten und Erfahrungen nur unzureichend abgedeckt werden kann. Hier ist das Arbeitsgebiet von Kumar und seinem Team. „Wir haben ein neues Materialmodell entwickelt, das das mechanische Verhalten von Bentonit vergleichsweise gut darstellen kann. Und damit können wir sowohl die Laborversuche, die sich rein auf das Verhalten von Bentonit beschränken, als auch In-situ-Experimente besser modellieren“, erklärt Kumars Kollege Dr. Steffen Beese.

Ende 2021 soll das BGR-Modell ein In-situ-Experiment im Tongestein simulieren. Dann wird man sehen, ob das Modell für die Integritätsnachweise verwendet werden kann, die für die Endlagerung von hochaktivem Abfall nötig sind.

Hier ist ein direkter Anknüpfungspunkt zu den Forschungen von Gesa Ziefle und ihrem Team. Die Gruppe modelliert in EURAD den Gastransport in Tonsteinformationen. „Wir kümmern uns um den Einfluss, den Gasbildung im Endlager auf die Integrität der geologischen und der geotechnischen Barriere hat“, erläutert ihr Kollege Michael Pitz. Es ist bekannt, dass sich je nach Material des Endlagerbehälters im Lauf der ersten Jahrhunderte bis Jahrtausende

durch Korrosion Gase bilden können, die den Fluiddruck auf Bentonitumhüllung und Wirtsgestein erhöhen können. Die Frage ist jetzt, ob diese Gasbildung eine Gefahr für die Barrierewirkung darstellt. „Habe ich einen gleichmäßigen Anstieg“, führt Pitz aus, „oder sind das lokale Effekte, die plötzlich große Auswirkungen an konkreten Punkten haben können?“

Am Ende müssen Modellierungsansätze im Tonstein und Bentonit zusammengeführt werden, denn bei einem Sicherheitsnachweis muss ein Endlagerbetreiber zeigen, dass alle Barrieren zusammenwirken und gemeinsam das strahlende Inventar sicher einschließen. Den Grundstein dafür hat man im BGR-Fachbereich bereits gelegt, denn sowohl die Gruppe bei BEACON als auch das Team von EURAD nutzen dieselbe Open-Source-Software OpenGeoSys. Gesa Ziefle: „Am Ende müssen beide Gruppen auch dieselbe Frage beantworten, ob ausreichend sicher nachzuweisen ist, dass die betrachteten Prozesse keinen erheblichen negativen Einfluss auf die Barrieren haben.“ ■



Vinay Kumar
B3.5 Geotechnische
Sicherheitsnachweise

✉ Vinay.Kumar@bgr.de



Michael Pitz
B3.5 Geotechnische
Sicherheitsnachweise

✉ Michael.Pitz@bgr.de

VERSTÄNDNIS DER POLITISCHEN STRUKTUREN VERGRÖSSERT ERFOLG IM PROJEKT

Technische Lösungen können in der Entwicklungszusammenarbeit nur dann etwas bewirken, wenn sie in das gesellschaftliche, politische und kulturelle Umfeld des Partnerlandes eingebettet und an die lokalen Strukturen angepasst sind. Wie wichtig bei Projekten eine zielgerichtete Analyse der politischen Verhältnisse vor Ort ist, zeigt die Arbeit der BGR in Sambia und Jordanien. Dort engagiert sich die BGR im Auftrag des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) seit vielen Jahren im Rahmen der technischen Zusammenarbeit im Grundwassersektor.

Jordanien ist ein Schlüsselstaat für die Stabilität im fragilen Nahen Osten. Seine politische Bedeutung zeigt sich u. a. auch darin, dass Jordanien in der deutschen Entwicklungszusammenarbeit ein Schwerpunktland ist. Die BGR war eine der ersten deutschen Organisationen, die sich vor Ort engagierten. „Wir haben in den 1960er-Jahren mit geologischen Fragestellungen angefangen und sind seit rund 40 Jahren vor allem im Wassersektor aktiv“, berichtet Alexander Jokisch, der bei der BGR im Fachbereich „Internationale Zusammenarbeit“ die Kooperation mit Jordanien koordiniert.

Die BGR hat in Jordanien, das zu den wasserärmsten Ländern der Erde gehört, bereits zahlreiche Projekte durchgeführt. Der Wüstenstaat ist bei der Wasserversorgung zu 60 % von den eigenen Grundwasservorkommen abhängig. Seit Jahren schwinden die Ressourcen. Ein Grund ist der bedeutende Landwirtschaftssektor mit hoher Exportorientierung, der einen erheblichen Teil der Wasserressourcen für sich beansprucht. Zudem verzeichnet Jordanien ein hohes Bevölkerungswachstum – auch durch die großzügige Aufnahme von Flüchtlingen aus den krisengeplagten Nachbarländern, wie etwa Syrien.

Als Resultat stehen die Grundwasservorkommen unter erheblichem Druck, die Entnahme übersteigt die Erneuerungsrate um den Faktor zwei bis drei. Das führt zu rasant fallenden Grundwasserspiegeln. In den vergangenen 20 Jahren sanken sie durchschnittlich um 20 bis 50 Meter, lokal teilweise sogar noch mehr. „Seit 30 Jahren ist bekannt, dass Jordanien in puncto Wasserverbrauch über seine Verhältnisse lebt“, so Jokisch. Bisher hat diese Erkenntnis aber zu keiner grundlegenden Trendwende der Wassernutzung geführt. Auch die zahlreichen Projekte der technischen Zusammenarbeit der BGR, die gemeinsam mit dem jordanischen Wasser-

ministerium umgesetzt wurden, konnten den Trend nicht umkehren.

„Man hat den wichtigsten wassernutzenden Sektor in Jordanien, nämlich die Landwirtschaft, selten effektiv mit einbezogen, auch nicht in der Entwicklungszusammenarbeit“, resümiert Dr. Michael Eichholz aus dem Sektorvorhaben „Politikberatung Grundwasser“, das bei der BGR die technische Zusammenarbeit unterstützt. Eichholz hat die institutionellen Strukturen im Wassersektor Jordaniens untersucht. Wesentlicher Gegenstand solcher Governance-Untersuchungen ist die Steuerungskapazität der politischen Akteure, das heißt ihre Fähigkeit, gemeinsam einem Problem, wie der Grundwasserübernutzung, mit geeigneten Maßnahmen erfolgreich zu begegnen. Eichholz hat dazu das „Water Governance Capacity Framework“ genutzt, ein Konzept, das am niederländischen Wasserforschungsinstitut KWR entwickelte wurde.

In diesem Konzept wird die Steuerungsfähigkeit im Wassersektor in drei Kerndimensionen mit jeweils drei Grundbedingungen betrachtet. Ob die Bedingungen gegeben sind, wird an einzelnen Indikatoren überprüft. In strukturierten Interviews befragte Eichholz gemeinsam mit dem Gutachter Hussam Hussein von der Universität Oxford Expertinnen und Experten aus 22 relevanten Institutionen zu Strukturen, Problemen und Lösungsansätzen im Wassersektor Jordaniens. Auf Grundlage des Analysekonzepts konnten beide an Hand der Antworten eine Bewertung des Steuerungs- und Regelungssystems im Grundwassersektor Jordaniens vornehmen. Das Ergebnis war nicht positiv. „Das Wasserministerium hat die Probleme schon lange erkannt, aber es verfügt im jordanischen Regierungssektor nur über eine geringe Durchsetzungskraft und ist infolge



Landwirtschaftlicher Betrieb in Jordanien. Nach Schätzungen aus 2017 werden in der Bewässerungslandwirtschaft in Jordanien jährlich etwa 470 Mio. m³ pro Jahr verbraucht.



Neben fehlender Sanitärversorgung sind wilde Mülldeponien ein Kernproblem beim Schutz des Grundwassers in Lusaka.

von Wirtschaftskrise und Pandemie in Fragen langfristiger Planung nicht im notwendigen Umfang handlungsfähig“, erklärt BGR-Koordinator Jokisch.

Die Untersuchung zeigt, dass es in der Praxis nur sehr eingeschränkt Austausch und Abstimmung zwischen dem jordanischen Wasserministerium und dem Landwirtschaftssekto gibt. Zudem fehlen interministerielle Steuerungsmöglichkeiten. „Die Agrarwirtschaft wird von einflussreichen Unternehmern dominiert, die einen guten Zugang zu den politischen Entscheidungsträgern haben. Sie verfügt zudem über eine politische Organisation, die ungleich durchsetzungsfähiger ist als die politische Lobby des Wassersektors“, erläutert Eichholz. Auch die Entwicklungszusammenarbeit konnte bislang diese unterschiedlichen Interessenlagen nicht überbrücken.

Auf Basis der Studie von Hussein und Eichholz soll sich dies zumindest in der deutschen Entwicklungszusammenarbeit mit Jordanien nun ändern. Für 2024 plant die BGR im Auftrag des BMZ für Jordanien ein Grundwasser-Projekt, das erstmals auch das Landwirtschaftsministerium mit einbeziehen soll. Parallel unterstützt die BGR bereits jetzt das Wasserministerium bei Informationskampagnen zum Grundwasserschutz.

„Die Studie zeigt, dass eine nachhaltige Antwort auf Jordaniens Wasserprobleme auch eine Transformation der wirtschaftlichen Entwicklung braucht, bei der alle Akteure an einem Strang ziehen“, sagt Autor Eichholz. Selbst wassersparende Technologien seien nicht mehr als ein Tropfen auf dem heißen Stein, wenn der Agrarsektor weiterhin auf Exportmaximierung und unangepasste Kulturen setzt.

Der Ansatz, Governance-Untersuchungen im Vorfeld einer geowissenschaftlich-technischen Projektumsetzung einzusetzen, hat sich nicht nur in Jordanien bewährt. Schon zuvor lieferte eine Governance-Studie in Sambia fruchtbare Einsichten. Dort ging es um den Grundwasserschutz in der Hauptstadt Lusaka. Professor Dr. Thomas Himmelsbach, bei der BGR Leiter der Abteilung „Grundwasser und Boden“: „Lusaka platzt aus allen Nähten und hat seine Wasservorkommen eigentlich schon übernutzt. Ohne eine geregelte Sanitärversorgung fließen die Abwässer ungeklärt

in den Untergrund und wir bekommen einen fatalen Kreislauf. Mittlerweile ist die Cholera endemisch in Lusaka.“

BGR-Experte Eichholz befragte in Lusaka Akteure aus Regierung und Stadtverwaltung, dem Wassersektor und Abwasserwesen, um sich ein Bild von den Organisations- und Einflusstrukturen im Wassersektor der Hauptstadt zu machen. Auch dort gibt es Defizite. Eichholz: „Die Wasserbehörde hat kaum institutionell verankerte Kommunikationskanäle zur Stadtplanung.“ Dabei fand die Studie bereits erste Ansätze, integrierte Konzepte auch in abgestimmtes Handeln zu übersetzen. Die Etablierung und institutionelle Verankerung solcher Ansätze gehört seitdem zu den zentralen Empfehlungen der BGR-Experten bei der Implementierung von Projekten in der technischen Zusammenarbeit. Doch mitunter gibt es auch unter den internationalen Projektpartnern Abstimmungsprobleme. „Organisationen aus verschiedenen Staaten richten ihre Projekte vor allem an eigenen Strategien der Zusammenarbeit aus, was nicht zu einer kohärenten Bearbeitung der Probleme führt“, berichtet BGR-Experte Eichholz. Governance-Untersuchungen, wie sie die BGR in Jordanien und Sambia durchgeführt hat, können die technische Zusammenarbeit daher insgesamt effizienter und nachhaltiger machen. ■



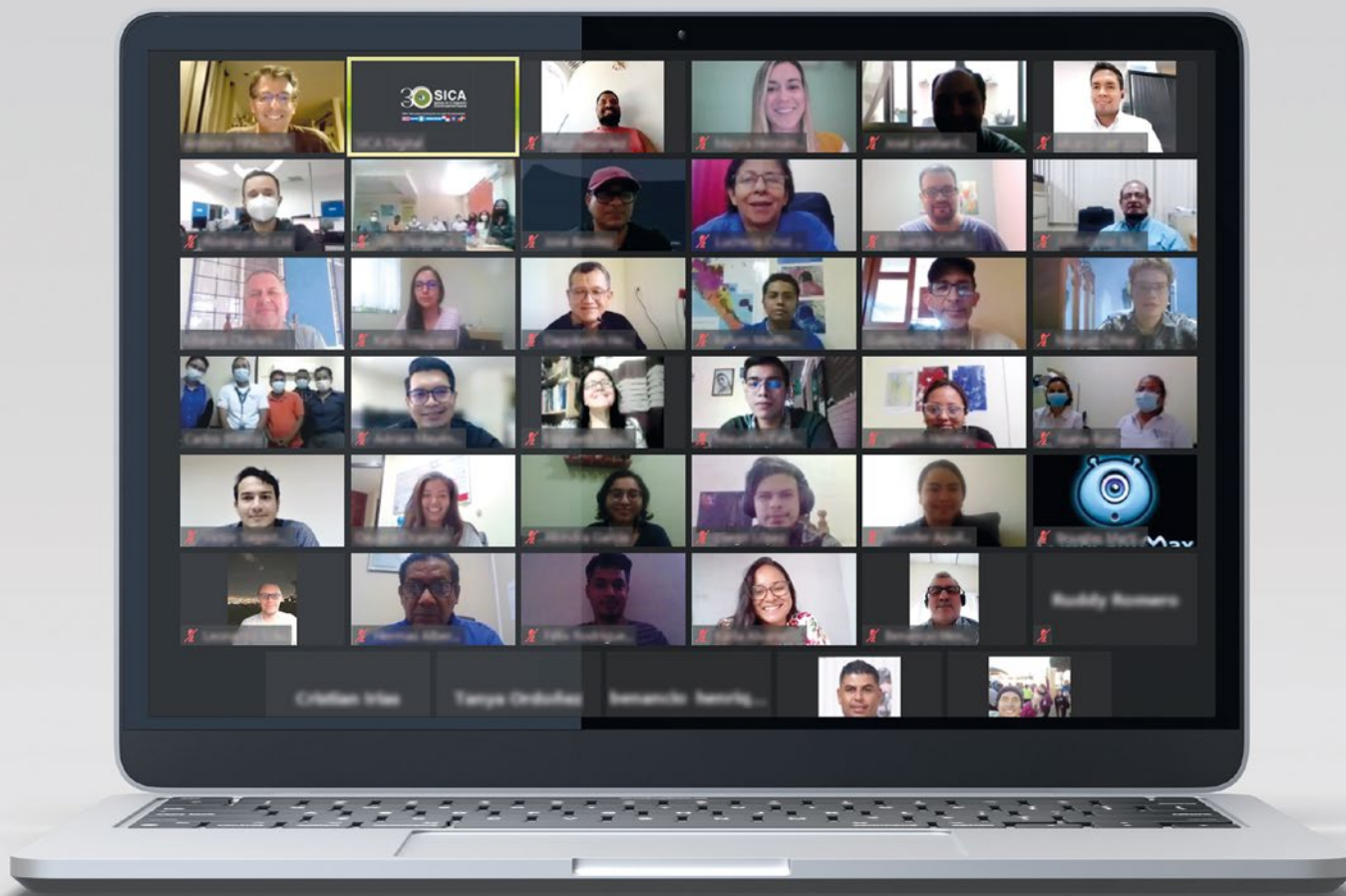
Dr. Michael Eichholz
B2 Abteilung Grundwasser und Boden

✉ Michael.Eichholz@bgr.de



Alexander Jokisch
B4.1 Internationale Zusammenarbeit

✉ Alexander.Jokisch@bgr.de



Online-Workshop in einem Regionalvorhaben zur Geothermie in Zentralamerika während der Pandemie 2020.

DIGITALISIERUNGSSCHUB DURCH PANDEMIE

Im Pandemie-Jahr 2020 erlebten Videokonferenzen einen beispiellosen Boom. Auch die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der BGR waren zwingend auf die Online-Kommunikation angewiesen. Gerade im Bereich der Entwicklungszusammenarbeit bot der digitale Austausch für die nach Deutschland zurückgerufenen Projektteams die einzige Möglichkeit, um sich mit dem Personal der Partnerinstitutionen in den Partnerländern abzustimmen.

Die COVID-19-Pandemie sorgte auch in der Technischen Zusammenarbeit der BGR für einen abrupten Halt der Aktivitäten. „Als die Pandemie kam, wurden Ende März fast alle Projektmitarbeiterinnen und -mitarbeiter aus den Ländern zurückgerufen und alles musste auf Fernsteuerung umgestellt werden“, erzählt Annette Lisy. Statt vor Ort saßen die Fachleute in der hannoverschen Zentrale oder im Home-Office und versuchten von dort, den Kontakt zu den Partnerorganisationen der BGR zu halten.

Unter Beachtung der strengen Datenschutzregeln für Regierungsbehörden gelang es dem IT-Bereich der BGR, das Personal in Windeseile mit datenschutzkonformer Software auszustatten und die virtuelle Zusammenarbeit zu ermöglichen. „Die BGR entwickelt sich derzeit stark weiter in diesem Bereich, das ist schon beeindruckend“, sagt Sulamith Kastl, die für die BGR ein Regionalprojekt zur Förderung der Geothermie in Zentralamerika leitet.



Tablet-gestützte Befragung von Landwirtinnen und Landwirten in Nord-Kamerun zu praktizierten Methoden der Bodenverbesserung.

Gerade in Partnerländern mit gut ausgebauter Telekommunikationsinfrastruktur erwies sich die Umstellung auf Online-Instrumente als ausgesprochen nützlich. „Die Internet-Abdeckung hier in der Region ist in der Regel sehr gut“, berichtet etwa Achim Constantin aus Südamerika. Er ist Leiter eines Regionalprojektes zu nachhaltigem Bergbau und ist – anders als die meisten seiner BGR-Kolleginnen und -Kollegen – an seinem Dienstsitz in Santiago de Chile geblieben. Die Einschränkungen seien in Chile wesentlich strikter als in Deutschland gewesen, doch per Videokonferenz habe er sogar Projektpartner in einem Bergbauort auf fast 4000 Metern Höhe erreichen können. „Das funktioniert ausgezeichnet, obwohl die da in Gegenden sind, wo es kaum asphaltierte Straßen gibt“, erzählt Constantin.

Dem Zwang zur Videokonferenz kann der Projektleiter sogar viel Gutes abgewinnen: „Nur so konnten wir beispielsweise 80 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus fünf Ländern zu einem Tagesseminar zusammenholen. Als Präsenzveranstaltung wäre das logistisch, finanziell und auch vom Zeitaufwand nicht machbar gewesen.“ Das gilt auch für die Teilnahme von hochkarätigen Rednerinnen und Rednern, etwa internationalen Fachleuten, Ministerinnen oder Ministern. „Diese für einen Vortrag in ein anderes Land zu holen, ist nur selten möglich, aber dass sie sich mal eine halbe Stunde bei einer Online-Veranstaltung zuschalten, ist häufig drin“, so Constantin.

Die Pandemie hat einen Digitalisierungstrend beschleunigt und verstärkt, der ohnehin schon in Gang war. „Als geowissenschaftlich-technische Behörde nutzen wir digitale Instrumente in unserer täglichen Arbeit und vermitteln das auch in unseren Projekten“, erklärt Annette Lisy. Dies umfasst unter anderem die standardmäßige Nutzung von digitalen Datenbanken, geographischen Informationssystemen, der computergestützten Auswertung von Fernerkundungsdaten oder die automatisierte Datenübertragung in Messnetzen.

Aktuell wird beispielsweise die Feldarbeit im deutsch-kamerunischen Projekt ProSEP auf Tablets umgestellt. Das Projekt vermittelt Methoden des nachhaltigen Bodenmanagements in zwei kamerunischen Regionen. Die Mit-

arbeiterinnen und Mitarbeiter dort sind mit Tablets ausgestattet, um beispielsweise Umfragen durchzuführen. „Die meisten Menschen hier vor Ort nutzen ohnehin ein Smartphone“, berichtet der Projektleiter Daniel Leibitz aus Kameruns Hauptstadt Yaoundé, „und können dann sogar mit diesen Geräten auf die Fragebögen zugreifen.“ Die tragbaren Computer sollen perspektivisch auch zur Erhebung anderer Daten, etwa Wasserstandswerten von Data-Loggern in Brunnen oder meteorologische Informationen, genutzt werden.

Die Pandemie hat aber auch gezeigt, dass die virtuelle Zusammenarbeit eindeutige Grenzen hat und nicht für jeden Zweck geeignet ist. „Man kann Planungstreffen, Monitoring, Kurzworkshops hervorragend digital durchführen, aber es ersetzt nicht die persönliche Kommunikation bei lernintensiven Formaten wie Geländearbeiten, Schulungen oder auch bei der Konfliktlösung“, weiß Sulamith Kastl nach über einem Jahr intensiver Online-Erfahrung. Videokonferenzen werden auch nach Ende der Pandemie viel stärker zum Alltag gehören als zuvor, aber sie werden die Präsenz vor Ort nicht verdrängen können. Stattdessen wird es wohl einen Mix aus beidem geben. „Bei schnellen Absprachen haben Videofomate ihren unbestreitbaren Wert“, so Annette Lisy, „aber die direkte Zusammenarbeit mit unseren Partnern vor Ort, das darauf aufbauende Vertrauen, können sie nicht ersetzen.“ ■



Dr. Arne Hoffmann-Rothe
B4.1 Internationale Zusammenarbeit

✉ Arne.Hoffmann-Rothe@bgr.de



Annette Lisy
B4.1 Internationale Zusammenarbeit

✉ Annette.Lisy@bgr.de



Vorbereitung der Bohrungen zur Erkundung des Kaolinvorkommens bei Hassi Abyad in Mauretanien.

CAPACITY BUILDING IN MAURETANIEN UND NAMIBIA

Rohstoffreiche Staaten in Afrika profitieren oft nur wenig von ihrem Reichtum. Die Verarbeitung der Rohstoffe findet im Wesentlichen woanders statt. In Kooperationsprojekten im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit setzt die BGR mit Institutionen in Mauretanien und Namibia Strategien um, die Wertschöpfung in diesen rohstofffördernden Ländern stärken.

Das Wohl und Wehe der Wirtschaft des westafrikanischen Wüstenstaats Mauretanien hängt am Metall. Eisenerz aus Zouérate im hohen Norden des Landes sowie gewonnenes Gold bzw. Kupfer-Gold-Konzentrat aus dem Nordwesten machen 54 % der Exporterlöse aus. Die Rohstoffgewinnung trägt damit den größten Teil des Staatshaushalts. Entsprechend abhängig ist das Land von den Rohstoffpreisen auf dem Weltmarkt. Nach einer vielversprechenden Entwicklung zu Beginn der 2000er Jahre traf die Wirtschaftskrise im Jahr 2008 das Land sehr hart. Die Covid-19-Pandemie unterbrach 2020 die langsame Erholung erneut.

„Die Abhängigkeit der mauretanischen Wirtschaft von den Weltmarktpreisen ist so hoch, dass man uns gefragt hat, wie man den Rohstoffsektor breiter aufstellen kann“, berichtet Annika Lüttig vom Fachbereich „Internationale Zusammenarbeit“ über den Beginn des deutsch-mauretanischen Kooperationsprojekts. Die Expertinnen und Experten von der BGR und dem mauretanischen Geologischen Dienst ANARPAM suchten Rohstoffe, die von einheimischen Unternehmen zum Ausbau der Wertschöpfung im eigenen Land genutzt werden können, um die Wirtschaft zu stärken und Arbeitsplätze zu schaffen.

Im Süden des Landes wurde das Projektteam im wahrsten Sinne des Wortes fündig. Dort, in der Region um M'Bout, hatten die Bewohner bei ihrer ursprünglichen Suche nach Grundwasser statt der erhofften Wasserquelle ein weißes Gestein entdeckt. Nach umfangreicher Beprobung durch die Fachleute erwies sich der Fund als bedeutendes Vorkommen von Kaolin in ausgezeichneter Qualität. Den Kaolin aus der Lagerstätte Hassi Abyad, was übersetzt „weißer Brunnen“ bedeutet, soll jetzt in der mauretanischen Bauindustrie für Fliesen oder gar Sanitärkeramik verwendet werden. „Ein mauretanischer Unternehmer hat bereits eine Abbaulizenz erworben“, erzählt Annika Lüttig. „Wenn der Kaolin-Abbau startet, wäre das ein Riesenerfolg für unsere Arbeit“, so die BGR-Projekt Koordinatorin. Zwar fänden sich in Mauretanien selbst vorerst noch keine industriellen Abnehmer für den Kaolin, die Fliesen oder andere Keramikprodukte herstellen könnten. Die Projekt Koordinatorin: „Doch dafür gibt es im benachbarten Gambia potenzielle Kunden.“

Neben Mauretanien ist Namibia im Rahmen der Technischen Zusammenarbeit der BGR mit Entwicklungs- und Schwellenländern ein weiterer Partner für die Umsetzung von Strategien zur verbesserten Wertschöpfung, damit die Kooperationslän-



Große Feldspatkristalle in einem Pegmatit in Zentralnamibia.

„Wir wollen erkunden, welche Möglichkeiten es gibt, mehr Wertschöpfungsprozesse in diesen Ländern zu halten, anstatt die Rohstoffe einfach zu exportieren.“

Antje Hagemann

der über den Status eines reinen Rohstofflieferanten hinauswachsen können. „Wir wollen erkunden, welche Möglichkeiten es gibt, mehr Wertschöpfungsprozesse in diesen Ländern zu halten, anstatt die Rohstoffe einfach zu exportieren“, erklärt Annika Lüttigs Kollegin Antje Hagemann. Sie koordiniert im Fachbereich „Internationale Zusammenarbeit“ der BGR das Projekt in Namibia. Das Land hat sich die Diversifizierung des Bergbaus auf die Fahnen geschrieben. Die BGR unterstützt den namibischen Geologischen Dienst GSN dabei, heimische Rohstoffe auf ihre Wirtschaftlichkeit zu prüfen und Möglichkeiten für die lokale Wertschöpfung herauszuarbeiten.

In Namibia sind umfangreiche Potenzialstudien zu Feldspat und Lithium erstellt worden. Die Untersuchungen dienen den namibischen Behörden und den Akteuren im Bergbau und der Industrie als Informationsgrundlage mit dem Ziel, Explorationsarbeiten und Investitionen auszulösen, um so neue Märkte und Arbeitsplätze zu schaffen. „In Namibia wird nun geprüft, ob man die Rohstoffe z. B. für die Glasproduktion nutzen kann“, sagt Antje Hagemann. Zwar ist die Glasindustrie nicht das prominenteste Anwendungsbeispiel für Feldspat, der hauptsächlich in der Keramikindustrie eingesetzt wird bzw. für Lithium, das eine zentrale Bedeutung für die Lithium-Ionen-Akkutechnologie hat. Doch angesichts der Größe der Vorkommen haben diese beiden Rohstoffe in Namibia ein großes Potenzial in der lokalen Wertschöpf-

fung. So hat das Land z. B. eine florierende Brauindustrie, die Investitionen in den Ausbau der heimischen Glasproduktion wirtschaftlich interessant macht. Im Augenblick füllen namibische Brauereien ihre Bier noch immer zum Großteil in Flaschen, die im Nachbarland Südafrika produziert werden.

Mauretanien und Namibia sind erfolgversprechende Beispiele für den „Capacity Building“-Ansatz der vom Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) beauftragten Kooperationsprojekte der BGR. Die Partnerorganisationen vor Ort – in diesem Fall die Geologischen Dienste und die zuständigen Bergbauministerien, sollen in die Lage versetzt werden, die Ressourcen ihres Landes unabhängig zu erkunden und den Nutzen der Bodenschätze für Bevölkerung und Staat zu erhöhen. „Wir unterstützen unsere Partnerorganisationen, wie man nach Stand der Wissenschaft und Technik Proben nimmt, wie man sie aufbereitet, analysiert und dann letztendlich bewertet“, erklärt Antje Hagemann die Bausteine des ‚Capacity Building‘ in den Projekten in Mauretanien und Namibia. ■



Antje Hagemann

B4.1 Internationale Zusammenarbeit

✉ Antje.Hagemann@bgr.de



Annika Lüttig

B4.1 Internationale Zusammenarbeit

✉ Annika.Luettig@bgr.de

DIE EXPERTISE DER BGR IST FÜR EUROPA VON GROSSER BEDEUTUNG

Interview mit Dr. Milan Grohol, Rohstoffexperte bei der EU

Welche Bedeutung haben die geowissenschaftlichen Forschungseinrichtungen Europas für die EU-Kommission und die anderen europäischen Institutionen?

Der wachsende Bedarf an natürlichen Ressourcen, also Energie, Rohstoffen oder Grundwasser, ist eine zentrale Herausforderung für die EU. Wir stehen vor der Notwendigkeit einer stärker integrierten, effizienteren und nachhaltigeren Nutzung dieser natürlichen Ressourcen. So ist die EU beispielsweise zunehmend von der weltweiten Versorgung mit Rohstoffen abhängig, die wir insbesondere für die Stromerzeugung, die Speicherung von Energie und den Verkehr benötigen, um den Übergang zur Klimaneutralität zu schaffen. Leider gibt es auch auf europäischer

„Leider gibt es auch auf europäischer Ebene bis heute keine vollständigen und harmonisierten Daten über das Potenzial und die Qualität der Vorkommen mineralischer Rohstoffe.“

Ebene bis heute keine vollständigen und harmonisierten Daten über das Potenzial und die Qualität der Vorkommen mineralischer Rohstoffe. Zudem besteht Bedarf an einer standardisierten Berichterstattung und einer einheitlichen Bewertung der unterirdischen Kapazitäten für die CO₂-Sequestrierung und die vorübergehende Speicherung nachhaltiger Energieträger, zu denen auch Wasserstoff gehört, um eine sichere, erschwingliche und kohlenstoffarme Energieversorgung zu unterstützen. Ein weiterer Punkt sind die Grundwasserressourcen, die aufgrund des Klimawandels und konkurrierender Nutzungen des Untergrunds – dazu gehören Energieressourcen und auch mineralische Rohstoffe – zunehmend unter Druck geraten. Aus diesem Grund haben wir integrierte geologische Dienstleistungen für Europa gefordert. Das Ziel ist es, der Zivilgesellschaft und den Unternehmen in Europa sowie den EU-Institutionen hochwertige, politisch relevante geowissenschaftliche Informationen und Fachkenntnisse zur Verfügung zu stellen. Darüber hinaus können Geowissenschaftlerinnen und Geowissenschaftler der EU dabei helfen, das volle Potenzial der Erdbeobachtungstechnologien zu nutzen, z. B. bei der Bewältigung von Georisiken, der Exploration mineralischer Rohstoffe oder der Überwachung von Berg-

bauarbeiten. Die EU arbeitet auch aktiv mit Drittländern in einem breiten Spektrum von Themen zusammen. Dazu gehören die strategischen Rohstoffpartnerschaften mit Kanada, der Ukraine, Serbien, Lateinamerika und Afrika, bei denen die Unterstützung durch geologische Dienste entscheidend ist.

Wie bewerten Sie die Arbeit der BGR in diesem Zusammenhang?

Die BGR ist als einer der führenden nationalen geologischen Dienste ein wichtiger Akteur bei der Gestaltung der geologischen Dienstleistungen für Europa. Die internationalen Aktivitäten der BGR sind für die EU von Bedeutung, auch im arktischen Raum. Im Bereich der Rohstoffe besitzt die BGR mit der Deutschen Rohstoffagentur, DERA, eine einzigartige Einrichtung. Die DERA liefert sehr wertvolle globale Informationen zu verschiedenen Rohstoffen, insbesondere mit Potenzialanalysen und zentralen Daten zu Preis- und Lieferrisiken.

Welche Erwartungen hat die EU-Kommission an die Arbeit von EuroGeoSurveys (EGS)?

EuroGeoSurveys war eine treibende Kraft bei der Koordination und langfristigen Angleichung der Forschungs- und Wissensaktivitäten im Kreis der nationalen geologischen Dienste in Europa. Dies war und ist keine leichte Aufgabe. Die EU braucht jedoch einen Dienstleister, der in der Lage ist, auf die EU-weiten Herausforderungen zu reagieren. Deshalb unterstützen wir bereits seit mehr als einem Jahrzehnt finanziell und politisch Bemühungen zur Integration der bestehenden geologischen Dienstleistungen in Europa, insbesondere im Bereich der Rohstoffe.

Die BGR ist am Verbundprojekt GeoERA beteiligt, das von der EU-Kommission gefördert wird. Welche strategische Bedeutung haben solche Projekte?

Nach dem EU-Forschungsprojekt Minerals4EU ist GeoERA ein weiterer wichtiger Schritt zur langfristigen Zusammenführung von Forschung und Wissen der einzelnen nationalen geologischen Dienste. Der Schwerpunkt beim Projekt GeoERA liegt auf den Themen mineralische Rohstoffe, Energie und Grundwasserressourcen. Bei den mineralischen Rohstoffen sehen wir den Hauptmehrwert des Projekts in der Harmonisierung der nationalen Daten und Informationen auf EU-Ebene als Bestandteil des UNFC-Systems der Vereinten Nationen.


DR. MILAN GROHOL

ist bei der Generaldirektion Binnenmarkt, Industrie, Unternehmertum und KMU (Kleine und mittlere Unternehmen) der Europäischen Kommission zuständig für das Thema Rohstoffe. Seit 2021 ist er auch Mitglied des Kuratoriums der BGR.

Wie beurteilen Sie die weitere Entwicklung der geologischen Dienste im Hinblick auf die Beteiligung an Maßnahmen im Rahmen von „Coordination & Support Actions“ (CSA)?

Das langfristige Ziel von EuroGeoSurveys ist es ja, eine Gemeinschaft von geologischen Dienstleistern für Europa zu sein – als dauerhaftes Kooperationsnetzwerk der europäischen geologischen Dienste. Dies entspricht auch genau den Erfordernissen einer gemeinsamen europäischen Politik. Wir brauchen einen starken Partner, der in der Lage ist, geologisches Wissen und Dienstleistungen auf gesamteuropäischer Ebene bereitzustellen. Unterstützt werden könnte dies durch gemeinsame Vorhaben, deren Finanzierung aus nationalen Forschungsprogrammen sicherzustellen wäre.

„Horizon Europe“ ist das wichtigste Förderprogramm der EU für Forschung und Innovation? Welche Perspektiven eröffnet es für geologische Dienste in Europa und speziell für die BGR?

In der Tat bietet „Horizon Europe“ großartige Möglichkeiten, die Finanzierung von exzellenten Ideen mit großer Wirkung zu sichern. Es ist auch das Finanzierungsinstrument für CSA-

„In der Tat bietet ‚Horizon Europe‘ großartige Möglichkeiten, die Finanzierung von exzellenten Ideen mit großer Wirkung zu sichern.“

Maßnahmen zur Unterstützung der Aktivitäten der europäischen geologischen Dienste und der Ausschreibungen im Zusammenhang mit Projekten zur nachhaltigen Nutzung geothermischer Energie und im Hinblick auf Speichermöglichkeiten im geologischen Untergrund. Im Bereich der Rohstoffe haben wir mehrere einschlägige Aufforderungen veröffentlicht, u. a. zur geologischen Charakterisierung, Modellierung und Kartierung von Vorkommen mineralischer Rohstoffe, zu Erdbeobachtungstechnologien für den Lebenszyklus des Bergbaus, zur Ermittlung der künftigen Verfügbarkeit von Sekundärrohstoffen, zu Monitoring- und Überwachungssystemen für Explorations- und künftige Gewinnungsarbeiten in der Tiefsee, aber auch zum Aufbau von Partnerschaften zwischen der EU und Afrika im Bereich von nachhaltigen Rohstoff-Wertschöpfungsketten. ■

ANNEMIEK VINK: ZUM ERFOLG IN DER WISSENSCHAFT GEHÖREN OFFENHEIT UND FLEXIBILITÄT

Dr. Annemiek Vink ist Biologin. Seit 17 Jahren gehört sie zum Team der Meeresgeologie in der BGR. Vor zwei Jahren übernahm Annemiek Vink im Fachbereich „Marine Rohstoff-erkundung“ die Koordination des Projekts zur Erkundung der Manganknollen-Vorkommen im deutschen Lizenzgebiet im Ostpazifik. Parallel leitete sie im Frühjahr 2021 eine europäische Forschungsfahrt zu den Umweltauswirkungen des weltweit ersten Tests eines Manganknollen-Kollektors in großer Wassertiefe.

Begonnen hat die wissenschaftliche Karriere der Niederländerin 1996. Damals zog sie nach ihrem Biologie-Studium – Schwerpunkt Geobiologie/Paläoökologie – an der Universität in Utrecht nach Deutschland. Angetrieben durch ihr Interesse an klimabezogenen Fragestellungen aus der jüngeren geologischen Vergangenheit rekonstruierte Annemiek Vink im Rahmen ihrer Doktorarbeit an der Universität Bremen anhand von fossilem Phytoplankton spätquartäre Oberflächenwassermassen des subtropischen Atlantiks.



Ein Sedimentkern aus dem deutschen Nordseesektor wird beschriftet und zerteilt, bevor er anschließend geöffnet und analysiert wird.



Annemiek Vink auf der Ausbeute von 1,1 Tonnen Manganknollen nach einem Einsatz der Dredge im deutschen Lizenzgebiet (Ostpazifik).

Die Einstellung bei der BGR in der Meeresgeologie im Jahr 2004 beschreibt sie als einen „Sechser im Lotto“. Annemiek Vink war zuvor fast eineinhalb Jahre durch Südamerika gereist und hatte fast nicht mehr mit einer Anstellung im wissenschaftlichen Bereich gerechnet. „Wer mehr als ein Jahr aus der Wissenschaft aussteigt, hatte schon damals schlechte Karten für die weitere Karriere“, erinnert sie sich. Der Job bei der BGR war genau das, was Annemiek Vink gesucht hatte: „Nach der Promotion und einer Post-Doc Stelle an der Uni Bremen hatte ich für mich entschieden, dass ich angewandter und bedarfsorientierter arbeiten möchte. Die BGR bot mir

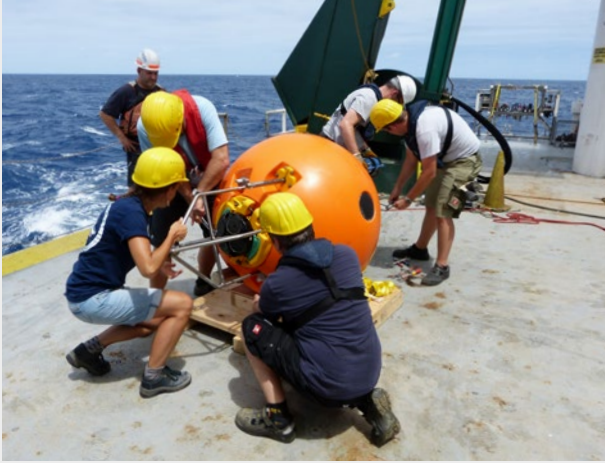
diese Möglichkeit mit einer Mischung aus wissenschaftlicher und beratender Tätigkeit.“ Und das seither in immer wieder neuen Aufgabenfeldern.

Zunächst führte Annemiek Vink bei der BGR sedimentologische, paläoklimatologische und stratigraphische Arbeiten an Sedimentkernen aus allen Weltmeeren und der Nordsee durch. Als 2008 im Rahmen einer Konsolidierung der Aufgaben das Thema Paläoklima nicht mehr zum thematischen Portfolio der BGR gehörte, arbeitete sie für die BGR im Rahmen eines deutschen Verbundprojekts zur Untersuchung von Geopotenzialen der Deutschen Nordsee. Im Rahmen des Vorhabens publizierte sie über die Entdeckung von Basaltorfen, die während der Schiffsexpeditionen in Sedimentkernen aufgefunden wurden und lieferte damit einen vielbeachteten Beitrag zur Rekonstruktion des Meeresspiegels im Nordseeraum der letzten 12.000 Jahre.

Eine weitere neue Aufgabe erwartete die Biologin im Jahr 2011. Damals übernahm sie die Koordination des Umweltmanagementprogramms für die Exploration der Manganknollen-Vorkommen im Ostpazifik. Zu ihrer neuen Arbeit gehörte die Erhebung von Grundlegenden zur Meeresumwelt und zur Biodiversität im deutschen Lizenzgebiet. Ein anderer wichtiger Aspekt ihrer Arbeit war die Analyse von Auswirkungen eines möglichen zukünftigen Abbaus auf die Umwelt. „Tiefseebergbau ist ein kontrovers diskutiertes Thema. Da ist es ganz gut, dass ich als Biologin naturgemäß einen etwas anderen Blick auf das Ökosystem der Tiefsee und die möglichen Auswirkungen eines Tiefseebergbaus auf die Meeresumwelt habe“, sagt die Wissenschaftlerin.

Diese Sichtweise ist in ihrem aktuellen BGR-Job als Programmkoordinatorin für die gesamte Erkundung im Manganknollenlitzenzgebiet ein großer Vorteil. Die eigene wissenschaftliche Forschung muss Annemiek Vink dabei allerdings ein wenig zurückstellen. Sie ist jetzt zuständig für die Organisation von Explorationsfahrten, für Jahresberichte an die Internationale Meeresbodenbehörde, Forschungsanträge oder Auftragsvergaben. Trotzdem ist die Biologin über die Vernetzung mit Forschungspartnern und über Mitgliedschaften in wissenschaftlichen Gremien ein fester Bestandteil der Forschungs-Community.

Annemiek Vink, die ihre Kindheit und Jugend im englischsprachigen Botsuana im südlichen Afrika verbrachte, schätzt den internationalen Austausch. „Ich spreche zwar kein perfektes Behörden-Deutsch, dafür kann ich mich auf internationalem Parkett umso besser verständigen“, sagt die



Ein Strömungsmesser (ADCP) wird als Teil einer Langzeit-Verankerung vorbereitet, um stündliche Variationen der Strömungsgeschwindigkeiten und -richtungen am Meeresboden über ein gesamtes Jahr in einer Wassertiefe von 4100 Metern aufzuzeichnen.

Niederländerin schmunzelnd. Als eine weitere persönliche Stärke mit Blick auf ihre Arbeit bezeichnet sie ihre „Offenheit und Flexibilität“. Für Annemiek Vink sind diese Eigenschaften zwei wichtige Erfolgsfaktoren für ihren Beruf: „Sonst hätte ich mir nicht stets neue Aufgaben erschließen können.“

Eine neue berufliche Herausforderung bedeutete die Leitung ihrer ersten Forschungsfahrt im April und Mai 2021. Im Rahmen des europäischen JPI Oceans-Forschungsprojekts „MiningImpact“, an dem viele deutsche und europäische Forschungsgruppen beteiligt waren, wurde im Ostpazifik ein Monitoring der Umweltauswirkungen des weltweit ersten Tests eines Manganknollen-Kollektors in großer Tiefe durchgeführt. Das belgische Unternehmen Global Sea Mineral Resources (GSR) hatte für die Erprobung eine Vorstufe zu einem Kollektorprototyp entwickelt, der in rund vier Kilometern Wassertiefe auch in dem von der BGR erkundeten Manganknollen-Lizenzgebiet eingesetzt wurde. Annemiek Vink fungierte beim Monitoring des Tests an Bord des norwegischen Schiffes „ISLAND PRIDE“ als wissenschaftliche Fahrtleiterin.

„Die Ergebnisse unserer Untersuchungen werden wesentlich zur Entwicklung von hohen Umweltstandards beitragen, die Bestandteil zukünftiger Abbauregularien der Internationalen Meeresbodenbehörde sein werden“, erklärt Annemiek Vink. An diesem Ziel arbeitet sie auch als BGR-Koordinatorin: „Die Rohstoff-Ressourcen, aber vor allem die möglichen Umweltauswirkungen eines Tiefseebergbaus müssen objektiv und für alle nachvollziehbar erforscht werden. Das ist angesichts einer oftmals kritischen Haltung zum Thema in der Öffentlichkeit eine ziemlich große Aufgabe.“

Vor ganz anderen Herausforderungen steht die allein-erziehende Mutter zweier Töchter, wenn es darum geht, eine gesunde „Work-Life-Balance“ zu schaffen. „In dieser Beziehung habe ich mit meinem Arbeitgeber allerdings Glück. Durch die vielseitigen Möglichkeiten von Teilzeit- und Telearbeit empfinde ich die BGR als ausgesprochen familienfreundlich“, sagt Annemiek Vink. „Zudem gibt es innerhalb der Einrichtung ein großes Verständnis für meine familiäre Situation und für dienstliche Einschränkungen, die ich deswegen gelegentlich habe.“



MANGANKNOLLEN-EXPLORATION IM DEUTSCHEN LIZENZGEBIET

Die BGR erkundet seit 2006 im Auftrag der Bundesregierung das deutsche Manganknollen-Lizenzgebiet im Pazifik. Grundlage dafür ist ein zwischen der Internationalen Meeresbodenbehörde und der BGR geschlossener Vertrag, der Deutschland das exklusive Recht gibt, 15 Jahre lang auf einem Meeresareal von 75.000 Quadratkilometern Größe den Bestand der metallreichen Manganknollen und die Umweltbedingungen zu untersuchen. Der Vertrag soll jetzt um weitere fünf Jahre verlängert werden.

Bei der Erkundung hat die BGR im Lizenzgebiet eine Reihe von vielversprechenden Manganknollenfeldern entdeckt, die am Meeresboden z. T. eine hohe Knollendichte mit einem großen Rohstoffpotenzial aufweisen. Neben den Wertmetallen Nickel, Kupfer und Kobalt, die rund 3 % der Knollenmasse ausmachen und wichtige Rohstoffe für erneuerbare Energietechnologien darstellen, ist auch an eine wirtschaftliche Nutzung von Mangan als Hauptbestandteil der Knollen (rund 31 %) im Zuge eines Abbaus denkbar.

Parallel erfolgten bisher umfassende Voruntersuchungen zu den natürlichen Umweltbedingungen. Dazu zählte auch eine Bestandsaufnahme der Bodenlebewesen, zu denen neben Kleinstlebewesen im Sediment wie Fadenwürmer und Ruderfußkrebse auch Seegurken, Schlangensterne und Schwämme gehören.

Ihrer beruflichen Zukunft sieht Annemiek Vink gelassen entgegen. Gerne würde sie zum Thema Ressourcenexploration intensiver mit Entwicklungsländern zusammenarbeiten, am liebsten in ihrer früheren Heimat Afrika. Aber erst einmal soll in den nächsten Jahren die umweltschonende, technische und finanzielle Machbarkeit eines Tiefseebergbaus nachgewiesen werden. Und da gibt es noch eine Menge zu tun. ■



Dr. Annemiek Vink
B1.4 Marine Rohstofferkundung

✉ Annemiek.Vink@bgr.de



Patrick Hupe beim Tag der offenen Tür in der GERES-Station der BGR (Bayrischer Wald).



Bei der ‚Science and Technology‘-Konferenz der CTBTO in Wien 2019.



Exkursion zur seismischen Station in Petra (in Jordanien).

FACHKOMPETENZ VON MORGEN – DER WISSENSCHAFTLICHE NACHWUCHS DER BGR

Sie stehen am Anfang ihrer wissenschaftlichen Laufbahn. Bei der BGR finden junge Forscherinnen und Forscher ein Umfeld, in dem sie sich stetig weiterentwickeln können. Neben vielfältiger Unterstützung im Arbeitsalltag bietet die BGR dem akademischen Nachwuchs innerhalb des Geozentrums Hannover die Gelegenheit, sich im „Early Career Scientists Club“ mit Kolleginnen und Kollegen aus anderen Einrichtungen und Fachrichtungen fachübergreifend auszutauschen und zu vernetzen. Einer von ihnen ist der Nachwuchswissenschaftler Dr. Patrick Hupe, der im BGR-Fachbereich „Erdbebendienst des Bundes, Kernwaffenteststopp“ arbeitet.

Nach seinem Meteorologie-Studium an der Leibniz Universität Hannover (2009-2015) kam er im Oktober 2015 zur BGR und besetzte eine EU-geförderte Projektstelle mit dem Schwerpunkt „Infraschall und atmosphärische Dynamik“. Während der dreijährigen Projektlaufzeit promovierte er parallel erfolgreich an der Ludwig-Maximilians-Universität München. „Trotz der räumlichen Distanz zu meinem Doktorvater in München fühlte ich mich gut betreut. Das habe ich auch meinen Kolleginnen und Kollegen an der BGR zu verdanken, die mich hier vor Ort fachlich unterstützt und motiviert haben“, berichtet Patrick Hupe.

Für den jungen Wissenschaftler war das Forschungsfeld Infraschall nach dem Studium zunächst noch Neuland. Doch durch den intensiven Austausch mit seinen neuen Kolleginnen und Kollegen fand er aber fachlich sehr schnell Zugang. „Ich konnte meine meteorologischen Kenntnisse in ein interdisziplinäres Umfeld einbringen“, erzählt Hupe, der so zu einer idealen wissenschaftlichen Verstärkung im Projekt ARISE (Atmospheric Dynamics Research Infrastructure in Europe) wurde.

Seit 2019 ist Hupe als Postdoktorand bei der BGR tätig. Sein Forschungsgebiet sind Arbeiten zum Thema Kernwaffenteststopp mit Schwerpunkt auf Untersuchungen zur Seismoakustik. Dieser Bereich umfasst neben der Infraschall-Forschung u. a. auch die Auswertung von Erdbeben. „Das macht die Arbeit sehr vielfältig.“ Patrick Hupe kümmert sich dabei auch um Anträge für Drittmittelprojekte. Durch die regelmäßige Präsentation von Forschungsergebnissen auf internationalen Fachkonferenzen und die Teilnahme an Workshops kann er sich mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern auf seinem Gebiet austauschen und weiter vernetzen. Daraus ergeben sich beispielsweise Ideen für neue Projektfragestellungen und gemeinsame Publikationen in Fachjournalen.

Seit der Gründung des „Early Career Scientists Club“ im Geozentrum Hannover hat sich auch intern bei der BGR und den beiden anderen Einrichtungen LBEG und LIAG der Austausch innerhalb des wissenschaftlichen Nachwuchses quer durch die Fachbereiche vereinfacht. „Bei methodischen Fragestellungen kann das sehr hilfreich sein, aber auch fachlich ist eine regelmäßige Diskussion zwischen Doktorandinnen und Doktoranden sowie Postdocs sehr wertvoll“, erläutert Hupe. „Insbesondere, wenn man, wie ich damals, an einer von Hannover entfernten Universität promoviert, ist der Early Career Scientists Club eine gute Ergänzung zu entsprechenden Programmen an den Universitäten. Außerdem können wir uns über weitere berufliche Ziele wie eine Habilitation und die Erfahrungen anderer Kolleginnen und Kollegen austauschen.“ ■

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.



Seine Ausbildung zum Geomatiker hat **Eduard Schilinsky** (Foto) bei der BGR im August 2019 begonnen. Auf den freien Ausbildungsplatz war er über die Jobbörse der Bundesagentur für Arbeit aufmerksam geworden. „Ich hatte immer großes Interesse an Geographie. Jetzt erfahre ich zusätzlich viel über geologische Themen. Das macht die Ausbildung für mich sehr interessant“, sagt Eduard Schilinsky. So nimmt der angehende Geomatiker während seiner Ausbildung an den internen Hauskolloquien teil. Besonders gefällt ihm der tägliche Austausch innerhalb seines Arbeitsbereichs. „Selbst im Homeoffice habe ich angemessene Aufgaben bekommen und die Ausbilderinnen und Ausbilder haben die Lerninhalte gut vermittelt“, erzählt Eduard Schilinsky. Bereits im ersten Ausbildungsjahr kam er schnell mit GIS und Kartografie in Berührung und hatte so in der Berufsschule einen großen Lernvorsprung. „Ich habe dann meinen Mitschülerinnen und Mitschülern bei den Aufgaben geholfen“, erinnert er sich. Nach Abschluss der Ausbildung möchte Eduard Schilinsky als Geomatiker arbeiten und über Fortbildungen sein Wissen noch erweitern.



Annika Gölzner (Foto) hat Ihre Ausbildung zur Feinwerkmechanikerin bei der BGR Anfang 2021 erfolgreich abgeschlossen. Auf die Idee, Feinwerkmechanikerin zu werden, kam sie durch ihren Vater, der diesen Beruf ebenfalls erlernt hat. Nachdem Annika Gölzner verschiedene Praktika absolviert hatte, wurde sie durch die Berufsberatungsstelle auf den Ausbildungsplatz bei der BGR aufmerksam. „Ich habe mich von Anfang an bei der BGR sehr wohl gefühlt“, sagt Annika Gölzner. Während ihrer Ausbildung hat sie nicht nur Fräsen, Drehen, Bohren oder Schweißen gelernt, sondern auch CAD-Zeichnungen anzufertigen und mit CNC-Maschinen umzugehen. „Mir wurde alles von Grund auf beigebracht, sodass ich auch verschiedene Bauteile angefertigt habe, die für die Forschungsarbeit der BGR benötigt werden“, erzählt Annika Gölzner, die jetzt bei der BGR als Feinmechanikerin in der Zentralwerkstatt arbeitet. Für die Zukunft hat sie bereits konkrete Pläne. „Ich möchte den Spaß und die Freude an meinem Beruf auch anderen vermitteln“, so Annika Gölzner. Dafür besucht die Gesellin parallel zu ihrem Berufsalltag momentan Meistervorbereitungskurse, um später einmal selbst auszubilden.

i

AUSBILDUNGSBERUFE IN DER BGR:

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

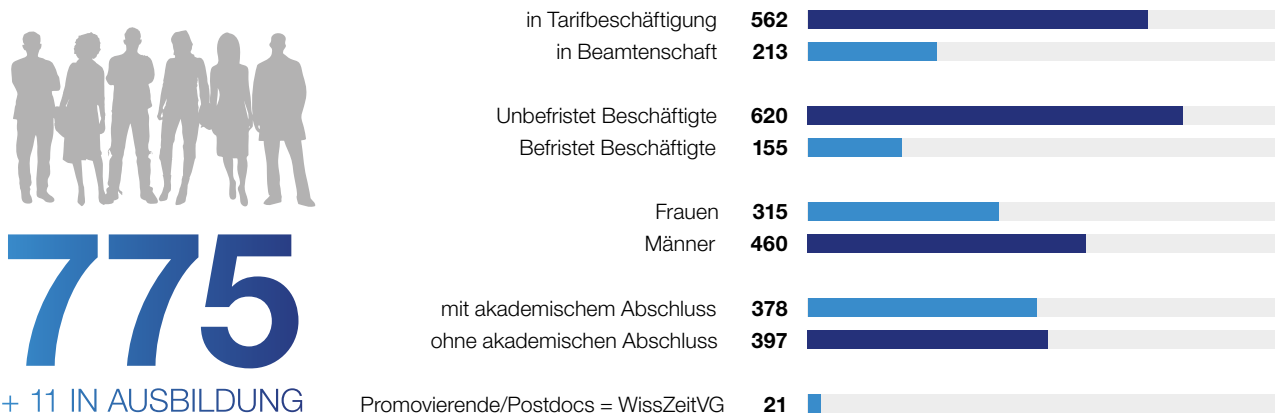
Jugend- und Auszubildendenvertretung (JAV)
✉ JAV-BGR@bgr.de

DIE BGR

Dienstbereiche der BGR



Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der BGR



Stichtag: 30.06.2021

Haushalt 2020

Einnahmen (einschließlich Drittmittel)

16.209.243,90 €

Ausgaben für
Aufträge anderer
Bundesbehörden
und Dritter (insbe-
sondere BMZ)

Ausgaben

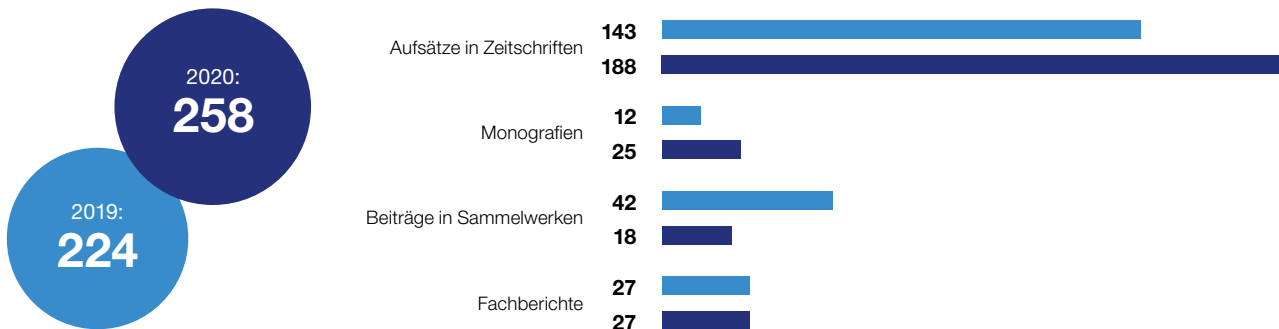
93.896.515,88 €

15.352.178,44 €

PUBLIKATIONEN

Wissenschaftliche Publikationen der BGR¹⁾

■ 2019 ■ 2020

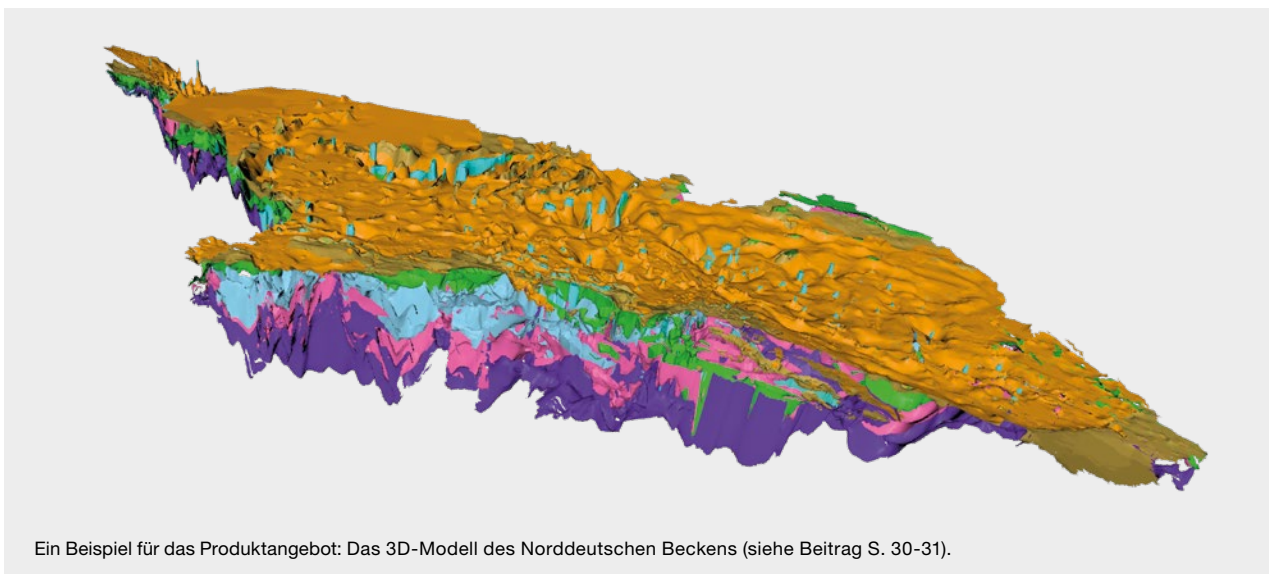


¹⁾ Von bzw. unter Mitwirkung von BGR-Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern.

Stichtag: 30.06.2021

PRODUKTCENTER

Die digital verfügbaren Fachinformationen der BGR sind über das Produktcenter auf der BGR-Website zugänglich. Aktuell erschließt das Produktcenter rund 730 geowissenschaftliche und rohstoffwirtschaftliche Fachdatensätze, insbesondere Karten(-blätter) und -serien. Letztere unterliegen größtenteils einer kontinuierlichen Aktualisierung. Zusätzlich zum bisherigen Angebot gehören zum Bestand des Produktcenters vermehrt auch geologische 3D-Untergrundmodelle, wie beispielsweise das von den Geologischen Diensten der norddeutschen Bundesländer und der BGR erarbeitete strukturgeologische 3D-Modell des Norddeutschen Beckens (TUNB).



➤ Produktcenter: <https://produktcenter.bgr.de> (Zum TUNB-Modell gelangen Sie über das Suchfeld mit dem Schlagwort „TUNB“.)

➤ Strukturgeologisches 3D-Modell im 3D-Viewer: <https://gst.bgr.de/shortlink/tunb>

INTERNATIONALE EINSATZ- UND FORSCHUNGSGEBIETE DER BGR

DEUTSCHE ROHSTOFFAGENTUR

DERA-Projekte

KERNWAFFENTESTSTOPP

CTBTO und IAEA

TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT

Regionale Projekte

Grundwasser

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

Mineralische Rohstoffe

- CEPAL – Andenländer
- ICGLR – Region Große Seen

Geothermie

- AU – Ostafrika
- SICA – Zentralamerika

Bilaterale Projekte

- Boden
- Georiskien
- Geothermie
- Grundwasser
- Mineralische Rohstoffe

GeoSFF Kleinmaßnahmen

- Energierohstoffe
- Grundwasser

ENDLAGERFORSCHUNG

Internationale Untertage-Labore

- Kristallin
- Ton

MARINE ROHSTOFFFORSCHUNG

Lizenzgebiet

- Manganknollen
- Massivsulfide

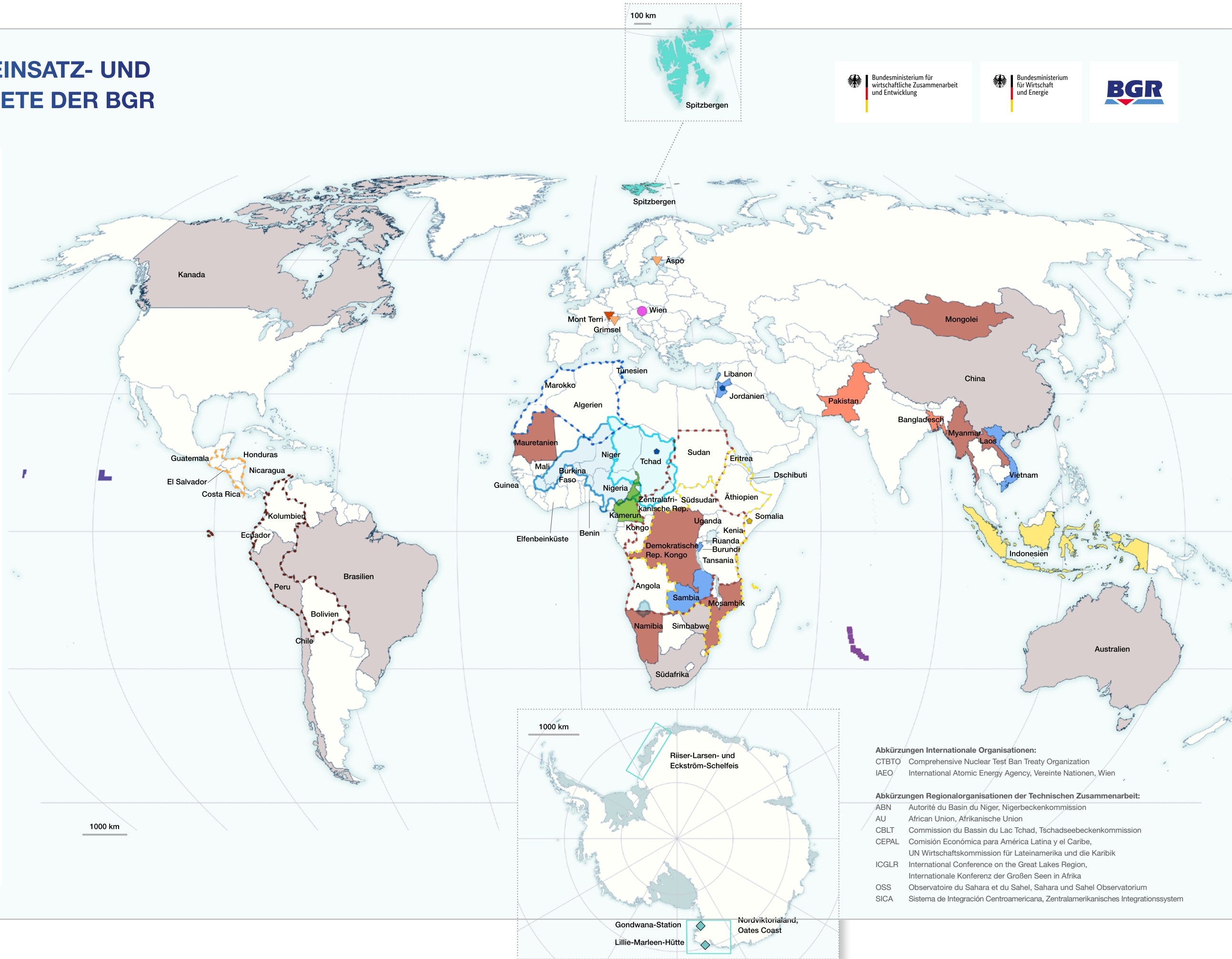
POLARFORSCHUNG

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
 - AU African Union, Afrikanische Union
 - 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 Internationale Konferenz der Großen Seen in Afrika, Internationale Konferenz der Großen Seen in Afrika
 - OSS Observatoire du Sahara et du Sahel, Sahara und Sahel Observatorium
 - SICA Sistema de Integración Centroamericana, Zentralamerikanisches Integrationssystem

BERATUNG

Die BGR ist die zentrale Forschungs- und Beratungseinrichtung der Bundesregierung auf den Gebieten der Geowissenschaften und Rohstoffe. 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

SEKTORVORHABEN ROHSTOFFE



Das Sektorvorhaben „Rohstoffe und Entwicklung“ der BGR berät das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) und unterstützt das Ministerium in internationalen Dialogen sowie bei Initiativen (u. a. „European Partnership for Responsible Minerals“) und Veranstaltungen. Zudem veröffentlicht das Sektorvorhaben regelmäßig Studien und Analysen, um das BMZ bei seiner strategischen Ausrichtung im Thema Rohstoffe zu unterstützen. So wurde zuletzt eine Markt- und Potentialanalyse für die lokale Wertschöpfung von Baurohstoffen in Indien und Indonesien herausgegeben, sowie eine Broschüre erstellt, in der Rohstoffe für die E-Mobilität aus entwicklungspolitischer Perspektive betrachtet werden.

SEKTORVORHABEN GRUNDWASSER



Angesichts von Bevölkerungswachstum, dynamischer Wirtschaftsentwicklung und Klimawandel nimmt vor allem in den Trockenregionen der Welt der Nutzungsdruck auf die immer knapper werdenden Wasserressourcen zu. Das Sektorvorhaben „Politikberatung Grundwasser“ der BGR unterstützt das BMZ bei Strategien und Konzepten für ein nachhaltiges Grundwasser-Management in der deutschen Entwicklungszusammenarbeit. So liefert die BGR Beiträge für Fachkonferenzen, moderiert Veranstaltungen, erstellt Publikationen sowie Stellungnahmen und entwickelt Trainingsmaßnahmen. Derzeit unterstützt das Sektorvorhaben den afrikanischen Wasserministerrat AMCOW beim Aufbau eines panafrikanischen Grundwasserprogrammes.

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-Anwendungen aufbereitet und in Web-Ansichten visualisiert. Die Technologie hilft beim Erkennen möglicher Gefahren aus dem Untergrund. Aktuell unterstützt die BGR so Staatliche Geologische Dienste, Bundesbehörden, Berg- sowie Vermessungsämter, Energieunternehmen und Forschungsinstitute. Fachkonferenzen und Publikationen ergänzen das Informationsangebot.

DEKSOR



Die Deutsche Kontrollstelle EU-Sorgfaltspflichten in Rohstofflieferketten (DEKSOR) in der BGR hat die Aufgabe, die Einhaltung der sogenannten EU-Konfliktmineraleverordnung durch die deutschen Unionseinführer zu überwachen und ab 2022 zu kontrollieren. Dabei arbeitet die DEKSOR beratend mit relevanten Ressorts, Behörden des Zolls und der Kriminalitätsbekämpfung zusammen. Sowohl bei den von der EU-Kommission durchgeführten Veranstaltungen (Member State Expert Group on Responsible Sourcing of 3TG) als auch bei Austauschtreffen mit Behörden anderer Mitgliedstaaten sowie Verbänden, Unternehmen und Nichtregierungsorganisationen leistet die DEKSOR einen wichtigen Beitrag zu einer abgestimmten Umsetzung und Auslegung der EU-Verordnung.

DEUTSCHE ROHSTOFFAGENTUR (DERA)



Mineralische Rohstoffe stehen am Anfang der industriellen Wertschöpfung. Sie sind – von der Grundstoff- bis zur High-tech-Industrie – das Fundament der industriellen Produktion. Eine sichere und nachhaltige Bereitstellung der benötigten Rohstoffe ist daher die Voraussetzung für die Wettbewerbsfähigkeit des Industrie- und Technologiestandortes Deutschland.

Da Deutschland in einem sehr hohen Maß von Rohstoffimporten – vor allem bei Metallrohstoffen und metallischen Zwischenprodukten – abhängig ist, kommt der Beobachtung und Analyse der weltweiten Rohstoffmärkte eine entscheidende Bedeutung zu.

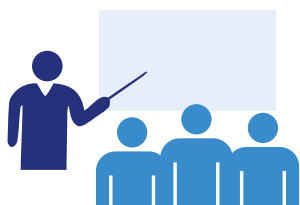
Mit dem DERA-Rohstoffmonitoring leistet die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der BGR bereits seit 10 Jahren einen substantiellen Beitrag zur Erhöhung der Markttransparenz im Rohstoffsektor und berät als Service des Bundes die deutsche Wirtschaft und die Politik zu Preis-, Angebots- und Nachfrageentwicklungen auf den Rohstoffmärkten. Das Beratungsangebot umfasst mehr als 60 mineralische Rohstoffe und über 200 Zwischenprodukte der ersten Wertschöpfungsstufen. Kritische Entwicklungen auf den internationalen Rohstoffmärkten können so 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 zum Beispiel Angebots- und Nachfrageszenarien, Analysen zu rohstoffspezifischen Beschaffungsrisiken und Ausweichstrategien.

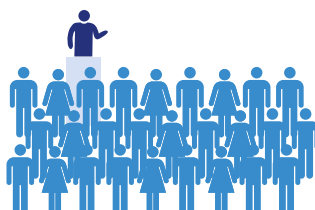
Zusätzlich zur Analyse von potenziellen Preis- und Lieferrisiken bewertet die DERA auch Rohstoffpotenziale im Ausland. Im Rahmen von DERA-Länderkooperationen werden in den weltweit bedeutendsten Bergbaunationen neue Liefer- und Investitionsmöglichkeiten untersucht. Dies unterstützt Unternehmen bei der Diversifizierung von Lieferquellen und hilft damit die Rohstoffversorgung langfristig zu sichern.

Zur weiteren Erhöhung der Markttransparenz und zur Beratung der deutschen Industrie und Politik werden die Leistungen im Rahmen des DERA-Rohstoffmonitorings in den nächsten Jahren weiter ausgebaut. Neben der Marktbewertung von potenziell kritischen Rohstoffen sollen zusätzlich auch Produkte der höheren Wertschöpfung sowie Sekundärrohstoffe analysiert werden.

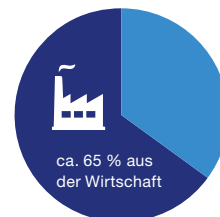
DERA-Statistik (2011–2020)



385 Vorträge



5.600 Gäste
bei eigenen Veranstaltungen



ca. 2.500
Beratungsanfragen



98
Pressemitteilungen

60 Eigene Veranstaltungen
DERA als Veranstalterin oder Mitveranstalterin



> 100
Veröffentlichungen

48 Externe Veranstaltungen
Messen wie PDAC, Hannover Messe, etc.

Die BGR

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) ist eine wissenschaftlich-technische Oberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). 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. Als nationaler Geologischer Dienst von Deutschland nimmt die BGR zahlreiche internationale Aufgaben wahr. Im Inland hat sie überwiegend koordinierende Funktionen. Zusammen mit dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) und dem Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) bildet die BGR das GEOZENTRUM Hannover.

◀ Organisationsplan der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

BGR Report

Als PDF zum Download:



www.bgr.bund.de/Report2021

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>Datenschutzbeauftragte A. Schenk ☎ 3688 ✉ Datenschutz@bgr.de</p> <p>Fachkraft für Arbeitssicherheit gem. § 5 ASiG D. Reinert ☎ 2248</p> <p>Gleichstellungsbeauftragte R. Altmann ☎ 2340 ✉ Gleichstellungsbeauftragte@bgr.de</p> <p>Vertrauensperson gem. Ziffer 3.5 der Regeln zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis Dr. U. Lanzendorf ☎ 2312</p> <p>Personalrat Vorsitz: K. Kruse ☎ 3036 ✉ PRBGR@bgr.de</p> <p>Vertrauensperson der schwerbehinderten Menschen U. Fabel-Schulz ☎ 2876 ✉ Vertrauensperson.Schwbh@bgr.de</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. S. Donner ☎ 3904</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-Engelschall²⁾ ☎ 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.: 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>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>Dr. G. Houben³⁾ ☎ 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 Erdbebedienst des Bundes, Kernwaffenteststopp</p> <p>Dr. L. Ceranna⁴⁾ ☎ 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. rer. nat. habil. F. Stange ☎ 3071</p>	<p>FACHBEREICH 3.4 Langzeitsicherheit</p> <p>Dr.-Ing. J. R. Weber ☎ 2438 ✉ Postfach-B34@bgr.de Vertr.: A. Bebiolka ☎ 3376</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 N. N. ✉ Postfach-Z6@bgr.de</p>				
<p>REFERAT Z.8 Schriftenpublikationen N. N.</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 Energie (BMWi)

