

BGR Report

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Juni 2015



Ton unter der Lupe

Wissenschaftler erforschen die Eigenschaften von Tongestein im internationalen Felslabor Mont Terri

ISSN 2364-7736

Impressum

© Bundesanstalt für Geowissenschaften
und Rohstoffe (2015)

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

Janine Seibel
Dr. Thomas Schubert (verantw. für den Inhalt)

Redaktionelle Mitarbeit

Klaus Kruse
Bettina Landsmann
Karsten Piepjohn
Sandro Schmidt
Ingeborg Göbel

Fotos der Ansprechpartner

Siegfried Pietrzok

Texte

Holger Kroker

Gestaltung

ff.mediengestaltung GmbH

Druck

MHD Druck & Service GmbH

Bildquellen

Die Abbildungen und Fotos, zu denen keine anderen Quellen genannt sind, stammen von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des GEOZENTRUMs Hannover.

Bildquellen Umschlag

Obere Bildleiste: Philipp Dorian Schuler (linkes Foto), Fotolia (mittleres und rechtes Foto), Titelbild: BGR

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

Erscheinungsmonat

Juni 2015

**Der vorliegende BGR Report stellt Projekte der BGR aus dem Jahr 2014 vor.
Zudem gibt er einen „Ausblick“ auf künftige Vorhaben.**

Editorial



*Prof. Dr.
Hans-Joachim
Kümpel*

Präsident
der Bundesanstalt für
Geowissenschaften und
Rohstoffe

Liebe Leserinnen und Leser,

wie und wo hoch radioaktive Abfälle künftig gelagert werden, ist bislang noch nicht geklärt. Die Bundesregierung hat 2013 das sogenannte Standortauswahlgesetz verabschiedet. Es regelt Schritte für die Suche eines Endlagers, das die bestmögliche Sicherheit für einen Zeitraum von einer Million Jahren gewährleistet. Das Verfahren soll transparent und mit Beteiligung der Öffentlichkeit durchgeführt werden.

Für ein Endlager im tiefen Untergrund kommen als mögliche Wirtsgesteine in Deutschland besonders Steinsalz, Tonstein und Kristallin in Betracht. Jedes dieser Gesteine zeigt dabei Vor- und Nachteile. Die BGR erforscht seit den 1990er Jahren, ob Tonstein als geologische Barriere sowie Ton als geotechnische Barriere geeignet sind. Im Beitrag „Ton unter der Lupe“ auf Seite 38 lesen Sie, wie die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler dabei im Felslabor Mont Terri in der Schweiz vorgehen.

Die Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe soll der Bundesregierung bis 2016 Vorschläge für eine Entscheidungsgrundlage im Standortauswahlverfahren vorlegen. Dazu zählen unter anderem Aspekte der Sicherheit sowie geologische Kriterien. Sie nutzt dafür die geowissenschaftliche Expertise der BGR. Welche Aufgaben die BGR in dieser beratenden Funktion hat, erfahren Sie im Interview „Kriterien für ein Endlager“ auf Seite 70.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß beim Lesen!

Projekte

Rohstoffversorgung sichern

- 6 Deutsch-Kasachische Rohstoffpartnerschaft
- 8 Schlüsselstelle für Bodenschätze
- 10 Südafrikanische Dominanz
- 12 Bergbau mit Bakterienhilfe
- 14 Rauchschwaden wiesen den Weg
- 16 Schiefergas in Deutschland
- 18 Sonne besteht den Test

Lebensgrundlagen erhalten

- 20 Edelmetalle im Boden
- 21 Grundwasserschutz in Burundi
- 22 Von Wind und Wasser davongetragen
- 24 Die Versalzung des Grundwassers
- 26 Frischwasser im Inseluntergrund
- 28 Atmender See steuert wertvolle Ressource
- 30 Inventar für 16 potenzielle Schadstoffe

Geowissen entwickeln und vernetzen

- 31 Messen für den Feldeinsatz
- 32 Geodaten weltweit verfügbar
- 34 Fernerkundung für die Rohstoffexploration
- 36 Raumplanung auf einen Blick

Den tieferen Untergrund nutzen

- 38 **Titelthema: Ton unter der Lupe**
- 40 Blick in die ferne Zukunft
- 42 Speicherung regenerativer Energien
- 44 Strom aus der Kaverne
- 46 Multiriss minimiert Bebenrisiko
- 48 Im Steinbruch nachgeschaut
- 50 Auf Stakeholder-Wissen zurückgreifen
- 52 Suche nach der idealen Barriere

Vor Geogefahren schützen

- 53 Atmosphärischen Wellen auf der Spur
- 54 Erdbehrschgefahren sichtbar machen
- 55 Unter gegenseitigem Einfluss?
- 56 Bewegungsmelder in der Umlaufbahn

Entwicklungsländer unterstützen

- 57 Bergbau in Afrika
- 58 Grundwasser rückt in den Fokus
- 59 Potenzial für eine nachhaltige Entwicklung
- 60 Nachhaltigkeit für mehr Wohlstand

Kernwaffenteststopp überwachen

- 61 Kein Test bleibt unentdeckt

„Der Planet Erde ist unsere Lebensgrundlage – seine Ressourcen sind begrenzt.“

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

Ausblick

- 63 ■ Künstliche Nanopartikel
- 63 ■ Hubschrauber misst Leitfähigkeiten
- 64 ■ Natürliche Methankonzentrationen im Grundwasser
- 64 ■ Maßgeschneiderte Lösungen
- 65 ■ Informationen für Unternehmen
- 65 ■ Kooperation mit Chile
- 66 ■ Flach lagernde Salzformationen
- 66 ■ Neue Aufgaben für Ingenieure
- 67 ■ Den Untergrund im Blick
- 67 ■ Unsichtbares sichtbar machen
- 68 ■ Entscheidungshilfe für Wassermanager
- 68 ■ Expedition CASE 17
- 69 ■ Boden-Atlas Deutschland
- 69 ■ Mithilfe von Gammastrahlen

Menschen & Projekte

- 70 Kriterien für ein Endlager
- 71 Energie aus Schiefergestein

Spektrum

- 72 Angebotskonzentration kaum verringert
 - 72 Investitionschancen im chilenischen Bergbau
 - 72 CASE-Workshop in Hannover
 - 72 Faszination Boden
 - 73 25 Jahre gesamtdeutsche Bodenkunde
 - 73 Empfehlungen für neue Endlagersuche
 - 73 Hilfe gegen Rohstoffschmuggel
 - 74 Wasser für syrische Flüchtlinge
 - 74 Tiefseeschätze zum Anfassen
 - 74 Grundwassercomic an sambischen Schulen
 - 75 Bundeswirtschaftsminister besucht die BGR
 - 75 Geologischen Sachverstand einbeziehen
 - 76 Mehr Schutz für Böden
 - 76 Internationale Endlagerforschung
 - 76 Zehn Jahre für eine starke Geoinformationswirtschaft
 - 76 Geowissenschaften auf YouTube
 - 77 Auswahl BGR Publikationen
 - 80 Ansprechpartner
-

Deutsch-Kasachische Rohstoffpartnerschaft

BGR-Experten zeigen Investitionschancen für Bergbauprojekte und Lagerstätten auf

Die BGR hat 40 Bergbauprojekte und Lagerstätten in Kasachstan untersucht und ihre Wirtschaftlichkeit neu bewertet. Betrachtet wurden für die deutsche Wirtschaft besonders inter-

Kasachstan und Deutschland sind eine Rohstoffpartnerschaft eingegangen. Zu ihrer Flankierung hat die BGR Lagerstätten der Buntmetalle Kupfer, Blei, Zink und Zinn, der

die regionalen Komitees für Geologie und Untergrundnutzung in Nord-, Ost-, Süd- und Zentralkasachstan sowie Explorationsunternehmen mit eigenen Projekten.

Von den rund 300 Projekten, die die kasachischen Partner angeboten hatten, untersuchten BGR-Experten etwa 40 Lagerstätten und Projekte näher. Ausschlaggebend für die Auswahl war einerseits, ob die Vorhaben für die Rohstoffversorgung der deutschen Industrie von Interesse sein könnten. Andererseits musste eine erste rohstoffwirtschaftliche Einschätzung eine mögliche Bauwürdigkeit der Projekte ergeben.

Am Ende der Untersuchung präsentierten die BGR-Experten 15 besonders interessante Projekte in einem Workshop. Für die Vorhaben wurden Steckbriefe erstellt, die neben den geografischen und geologischen Basisinformationen auch Daten über Erztonnagen und -gehalte sowie eine Einschätzung im internationalen Vergleich enthalten. Hinzu kommt eine erste Einordnung der Aufbereitbarkeit und technischen Gewinnbarkeit der Erze. Informationen zur Wirtschaft-



▲ Lage der 15 Lagerstätten (blau) und Projekte in Kasachstan. Zudem zeigt die Karte die Lage der wichtigsten Städte (orange).

essante Rohstoffe. Die Informationen dienen als Entscheidungshilfe für mögliche Joint-Ventures, eigene Konzessionsnahmen oder die Erschließung neuer Lieferpotenziale.

Stahlveredler Vanadium, Tantal, Wolfram, Molybdän und Titan sowie von Eisen und Flussspat betrachtet. Partner auf kasachischer Seite waren das Ministerium für Industrie und Neue Technologien, das Zentrale Komitee für Geologie und Untergrundnutzung,



▲ Probenahme durch BGR-Mitarbeiter in der Vanadiumlagerstätte Balasauskandyk.

lichkeit finden sich ebenfalls in den Steckbriefen. In den Fällen der vertragslosen und der sogenannten freien Lagerstätten sind es erste Beurteilungen, die anhand eines einfachen wirtschaftlichen Gewinnungsmodells ermittelt wurden. Bei den Firmenprojekten, über die in puncto Wirtschaftlichkeit Informationen vorlagen, werden die Angaben des jeweiligen Unternehmens aufgeführt.

Auf die infrastrukturellen Bedingungen, unter denen ein Projekt entwickelt wird, sowie auf Fragen der Umweltverträglichkeit gehen die Steckbriefe projekt- beziehungsweise lagerstättenspezifisch ein. Hieraus lassen sich die Aufwendungen für die erforderlichen Verbesserungen der Infrastruktur, für den Schutz der Umwelt und für soziale Aufgaben ableiten. Abgerundet werden die In-

formationen schließlich mit Skizzen der allgemeinen Voraussetzungen, die von grundlegender Bedeutung für Investitionen in den kasachischen Bergbau sind. Dazu gehören die institutionellen Gegebenheiten in Kasachstan, zum Beispiel die Vertragsformen für Bergbauprojekte, die zu entrichtenden Konzessionsabgaben sowie Gepflogenheiten und Prozedere der Ertragsteilung. Erörtert werden aber auch die wirtschaftspolitischen Gegebenheiten, wie zum Beispiel das Steuersystem oder die Kontrolle der Devisen bei der Gewinnrepatriierung. Daher enthält jede Studie neben projektspezifischen Daten auch Informationen zum Rechtsrahmen.

Kontakt: **Dr.-Ing. Jürgen Vasters**

Rohstoffkonferenz 2015

Bei der weltweiten Rohstoffversorgung spielt die Nachhaltigkeit eine immer wichtigere Rolle. Hierbei geht es um Aspekte einer verantwortungsvollen Rohstoffgewinnung wie Umweltschutz, soziale Verantwortung, Rohstoffeffizienz oder transparente Lieferketten. Die Konferenz richtet sich insbesondere an Vertreter aus Politik, Industrie und Wissenschaft.

Um dem Informationsbedarf dieser Zielgruppe entgegen zu kommen, veranstalten die BGR und das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im November 2015 in Berlin eine internationale Rohstoffkonferenz zum Thema „Verantwortung übernehmen – Nachhaltigkeit in der Rohstoffwirtschaft fördern“. Die Reihe BGR-Rohstoffkonferenz liefert alle zwei Jahre aktuelle Fakten und Informationen zu einem rohstoffbezogenen Thema.

www.bgr.bund.de

Schlüsselstelle für Bodenschätze

Gondwana-Zerfall legt Grundstein für Erdgasvorkommen vor Ostafrika

Hinsichtlich des Zerfalls des Superkontinents Gondwana im Erdmittelalter ist Vieles noch ungeklärt. Mit einer Expedition in den Indischen Ozean vor Mosambik wollten BGR-Experten die Trennung von Afrika, Madagaskar und der Antarktis genauer klären. Dabei entdeckten sie, dass auch im Seegebiet der Komoren Erdgasvorkommen nicht auszuschließen sind.

Der Zerfall Gondwanas im Jura und in der Kreidezeit war die vorläufig letzte Aufspaltung eines Superkontinents in seine Bestandteile. Afrika trennte sich von Madagaskar, Indien, Australien sowie der Antarktis. So entstand der Indische Ozean, wie wir ihn heute kennen. Allerdings sind noch viele Einzelheiten des sich über gut 100 Millionen Jahre hinziehenden Vorgangs ungeklärt. Die von der BGR im Frühjahr 2014 mit dem Forschungsschiff Sonne unternommene Forschungsfahrt ins Seegebiet zwischen Tansania, Mosambik und den Komoren sollte einige dieser Details näher untersuchen.

„Wir werten die Daten weiterhin aus, die wir auf der Fahrt gewonnen haben“, berichtet Fahrtleiter Dr. Dieter Franke. Es deutet sich aber an, dass es zwischen der uralten kontinenta-



▲ Einsatz der geophysikalischen Messinstrumente im Messgebiet vor Mosambik.

Quelle: Dieter Franke/BGR

len Kruste Afrikas und der jungen des Indischen Ozeans eine relativ breite Übergangszone gibt, die erst weit vor der ostafrikanischen Küste endet. „Die Frage ist jetzt“, so Franke, „ob sich der Kontinentalschelf Afrikas bis in das Seegebiet der Komoren erstreckt.“ Damit bekam die

Forschungsexpedition eine ausgesprochen angewandte Orientierung. Wenn der afrikanische Kontinentalschelf sich so weit in den Indischen Ozean hinein erstreckt, wäre rings um die Komoren durchaus mit Gasvorkommen zu rechnen. „Unser Gast an Bord vom geologischen Dienst der Komoren war begeistert“, so Franke. Bislang waren Geologen davon ausgegangen, dass der mit knapp zehn Millionen Jahren erdgeschichtlich sehr junge Vulkanarchipel nicht über derartige Bodenschätze verfügen kann.

Hoffnungen hatte 2010 die Entdeckung des Tiefwasser-Erdgasfeldes Windjammer vor der Nordküste Mosambiks geweckt. Auch hier hatten viele Fachleute kaum Potenzial gesehen. Doch inzwischen geht man davon aus, dass in dem Gebiet Vorkommen von insgesamt drei Billionen Kubikmeter liegen. Das wäre etwa doppelt so viel wie die Erdgasreserven Norwegens. „Mosambik, das zu den ärmsten Ländern der Welt zählt, ist auf dem Weg, ein global bedeutendes Exportland für Erdgas zu werden“, meint Franke. Der nicht minder arme Inselstaat der Komoren hofft jetzt auf eine ähnliche Entwicklung. Schon werden erste Erkundungslizenzen vergeben.

Mit dieser Forschungsfahrt hat die BGR wichtige Grundlageninformationen für die Rohstoffsuche vor



▲ Offshore-Lizenzböcke im Indischen Ozean vor Mosambik und Tansania mit den größten Erdgasfunden, Pipelines und Erdgas-Verflüssigungsanlagen (LNG).

Ostafrika geliefert. „Die Straße von Mosambik scheint eine Schlüsselstelle zu sein“, sagt Dieter Franke. Die Meerenge zwischen Nordmadagaskar und dem afrikanischen Kontinent scheint während des Gondwana-Zerfalls die südliche Begrenzung eines seichten Meeresbeckens gewesen zu sein, in dem dicke Sedimentschichten mit großen Mengen von Mikroalgen

abgelagert wurden. Diese Biomasse wurde im Lauf der Jahrtausende zu Erdgas umgesetzt und sammelte sich an etlichen Stellen in der Sedimentschicht.

„Mit Forschungen wie im Seegebiet vor Ostafrika liefern wir einen Beitrag zu der Frage, welche Mengen an Energierohstoffen zukünftig rund

um die Welt in großen Wassertiefen unter den Rändern der Kontinente noch entdeckt werden können“, betont der Geophysiker. Schließlich ist die Zeit, in der die Menschheit auf fossile Energierohstoffe angewiesen ist, noch lange nicht zu Ende.

Kontakt: **Dr. Dieter Franke**

Südafrikanische Dominanz

Deutsche Rohstoffagentur analysiert die Angebotssituation für Platingruppenmetalle



Quelle: DERA (2013)

▲ Das Platin-Bergwerk Mogalakwena in Südafrika von Anglo American Platinum ist eines der größten Platinbergwerke der Welt.

Die Platingruppenmetalle Platin, Palladium und Rhodium spielen eine wichtige Rolle für unterschiedliche industrielle Anwendungen. In der Rohstoffliste 2014 hat die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) diese Metalle als potenziell „kritische“ Rohstoffe eingestuft, da sich die Förderung auf wenige Länder konzentriert. Jetzt wurden zwei Detailstudien erarbeitet.

Die Platingruppenmetalle (PGM) Platin, Palladium und Rhodium werden vorrangig im Bereich der Katalysatoren im Automobilsektor und in der chemischen Industrie, einschließlich der Petrochemie eingesetzt. Abgaskatalysatoren allein waren 2013 für 79 Prozent der Rhodiumnachfrage verantwortlich, bei Palladium betrug der kombinierte Anteil des Automobilsektors und der chemischen Industrie 80, bei Platin immerhin 44 Prozent. Letzteres ist auch ein begehrtes Schmuckmetall. 35 Prozent der

Nachfrage kamen aus diesem Bereich. Wegen der industriellen Bedeutung der drei Platinmetalle hat die DERA die Detailstudie „Risikobewertung Platingruppenmetalle“ erarbeitet, die voraussichtlich im dritten Quartal 2015 veröffentlicht wird.

Gemeinsam mit dem geologischen Dienst Südafrika (CGS) führte die DERA im zweiten Teil des „Investor's and Procurements Guide South Africa“ eine Neubewertung der Rohstoffpotenziale in Südafrika, unter

anderem von PGM's, durch. Rund 75 Prozent des weltweit geförderten Platins stammen aus Südafrika. Von den 33 bekannten PGM-Bergwerken sind 24 hier angesiedelt, drei weitere im benachbarten Simbabwe. In Russland befinden sich drei aktive Bergwerke, in den USA zwei und ein weiteres in Kanada. Wegen der südafrikanischen Dominanz ließ der dortige Bergarbeiterstreik im ersten Halbjahr 2014 die Weltproduktion im selben Zeitraum um 40 Prozent schrumpfen. Auf den Preis hatte das dank der großen La-



▲ Aufbereitung von Chromit und Platingruppenmetallen aus Haldenmaterial.



▲ Bohrkernlager des Two Rivers Platin-Bergwerks in Südafrika.

gerbestände und der gleichzeitigen weltweit leicht rückläufigen Nachfrage bislang keinen Einfluss.

Der Bushveld-Komplex im Nordosten Südafrikas mit einer Ausdehnung von rund 66 000 Quadratkilometern ist das Zentrum des PGM-Bergbaus. Traditionell werden am westlichen und am östlichen Rand zwei Erzhorizonte abgebaut, die jeweils im Durchschnitt nur ein bis anderthalb Meter mächtig sind. Gerade in den älteren Bergwerken des westlichen Gebiets wächst jedoch mit zunehmender Fördertiefe der technische Aufwand. Daher trennen sich die großen Platinproduzenten zunehmend von ihren älteren Minen.

Gleichzeitig wird im nördlichen Bereich des Bushveld-Komplexes ein weiterer Erzhorizont erschlossen, eine lokal bis zu einigen hundert Metern mächtige Formation, die in weiten Bereichen mit platinhal-

tigen Sulfid-Mineralen vererzt ist. Derzeit gibt es dort ein produzierendes Platin-Bergwerk, den Mogalakwena-Tagebaubetrieb von Anglo American Platinum sowie rund zehn weitere Explorationsprojekte in verschiedenen Stadien. Mogalakwena weist mit rund anderthalb Milliarden Tonnen Erz, bei PGM-Gehalten von drei bis vier Gramm/Tonne die größten nachgewiesenen Reserven aller südafrikanischen Platin-Bergbaubetriebe auf und war 2014 mit 370 000 Feinunzen Platin (rund 11,5 Tonnen) auch einer der produktionsstärksten. In den kommenden Jahren soll die PGM-Produktion hier verdoppelt werden.

Im „Investor’s Guide“ werden auch die PGM-Potenziale in den Aufbereitungshalden untersucht. Das Haldenmaterial aus der Jahrzehnte langen Platin- und Chromaufbereitung im Bushveld-Komplex wird mit mehr als zwei Milliarden

Tonnen angesetzt und die PGM-Inhalte darin mit rund 39 Millionen Feinunzen (davon rund 20 Millionen Feinunzen Platin). Mit neuen Aufbereitungsverfahren könnten etwa 15 Millionen Feinunzen PGM gewonnen werden, das Dreifache der südafrikanischen Jahresproduktion. Darüber hinaus gibt es in den bodennahen Schichten insbesondere am Nordrand des Bushveld-Komplexes erhebliche Mengen an oxidierten Erzen. Die Schätzungen belaufen sich auf über 300 Millionen Tonnen mit PGM-Gehalten von durchschnittlich drei Gramm/Tonne. Sie lassen sich allerdings bislang noch nicht wirtschaftlich aufbereiten. Die BGR untersucht derzeit die mineralogischen und chemischen Charakteristika dieser speziellen Erze, um effiziente und kostengünstige Aufbereitungstechnologien zu entwickeln.

Kontakt: **Michael Schmidt,**
Dr. Herwig Marbler



▲ Abraumhalde eines ehemaligen Kupferschiefer-Bergbaus im Mansfelder Land/Sachsen-Anhalt.

Quelle: Prof. Dr. Gregor Borg, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Bergbau mit Bakterienhilfe

Biomining erschließt metallhaltigen Abraum und ungenutzte Vorkommen

Europa ist keineswegs ein so rohstoffarmer Kontinent wie oft behauptet wird, allerdings sind die leicht abbaubaren Vorkommen rar geworden. Weitgehend unerschlossen sind derzeit komplexe Erze, Ressourcen mit geringem Metallgehalt oder ungünstigen Beimengungen. Geomikrobiologen der BGR suchen nach Möglichkeiten, solche Vorkommen mithilfe von Bakterien abzubauen. Dieses Biomining könnte sich auch eignen, um Metalle aus Abraumhalden zu gewinnen.

Im Mansfelder Land wurde seit dem 12. Jahrhundert Kupfer abgebaut. Von dem einst blühenden Bergbau zwischen Harz und Saale zeugen heute noch zahlreiche Abraumhalden. Während dieser Abraum für eine konventionelle Verhüttung zu erzarm ist, könnte er durch Biomining-Methoden wieder zu einer in-

teressanten Kupferressource werden. Experten des BGR-Arbeitsbereiches Geomikrobiologie haben an Kupferschieferproben aus dem Haldenkomplex Fortschrittsschacht I bei Eisleben gezeigt, dass zumindest im Labor bis zu 95 Prozent des Kupfers herausgelöst werden können. Zusammen mit Blei und Zink kann so allein der Kup-

ferschieferabraum des Fortschrittsschachts I Wertmetalle für geschätzt zehn Millionen Euro enthalten.

Angesichts solcher Zahlen versuchen derzeit zwei europäische Forschungskonsortien, an denen die BGR-Forscher beteiligt sind, auf diesen Versuchen aufzubauen und die

Methode weiterzuentwickeln. Das deutsch-französische Projekt Eco-Metals hat sich neben den deutschen Kupferschieferhalden auch Erze des polnischen Kupferschiefers vorgenommen. Ziel ist eine Pilotanlage für die biohydrometallurgische Aufbereitung im Tank zu entwickeln. Die BGR führt zur Optimierung von Prozessparametern im Labormaßstab Laugungsversuche in Bioreaktoren durch.

Das multinationale EU-Projekt Bio-MOre geht sogar untertage und erprobt in situ Biomining in einer Mine im polnischen Bergbaurevier Lubin. Dort wird ein 100 Kubikmeter großer Gesteinsblock so hergerichtet, dass Bakterien unter kontrollierten Bedingungen eingesetzt werden können. Die Bakterien, die in einer Lösung schwimmen, laugen Kupfer und andere Metalle aus dem Gestein, so dass diese danach in einer konventionellen Anlage extrahiert werden können. In einer zweiten noch zu beantragenden Projektphase nach 2017 soll das Konzept dann in situ in einer Erzlagerstätte erprobt werden. Für diesen Praxistest wird kein Bergwerk aufgefahren, vielmehr soll die Bakterienlösung durch eine Bohrung in die Lagerstätte gebracht und die metallhaltige Lösung durch eine zweite gefördert werden.

Beim Biomining werden spezielle Mikroorganismen eingesetzt, die

ihre Energie aus der Umsetzung von reduzierten Eisen- und Schwefelverbindungen beziehen und dabei Metallionen freisetzen. Dass sie am Schwefel interessiert sind, macht sie zu idealen Kooperationspartnern der Menschen, denn die Erzminerale von Kupfer, Nickel, Kobalt und Zink kommen in der Natur überwiegend als Metallsulfide vor. Die Bakterien und Archaeen wandeln die unlöslichen Metallverbindungen in wasserlösliche Stoffe um.

Mittlerweile findet ein bedeutender Teil der Weltkupferproduktion mithilfe der Biolaugung überwiegend in Chile statt. Auch die Gewinnung von Gold, Kobalt, Nickel, Zink und Uran funktioniert bereits mit Mikroorganismenhilfe. Der Bakterieneinsatz bei der Erschließung von Gesteinen

mit erhöhten, aber für derzeitige Gewinnungsmethoden unattraktiven, Kupfergehalten stellt jetzt die nächste Stufe des Biomining dar. Die Kupferschiefervorkommen in Polen und die Abrauhalden im Mansfelder Land wären dafür ideale Einsatzgebiete.

Die Möglichkeit einer Aufbereitung von Kupferschiefer mittels Biomining wurde in der BGR Geomikrobiologie bereits in den 1970er Jahren im Rahmen von Drittmittelprojekten untersucht. Damals wurde eine grundsätzliche Machbarkeit der Methode festgestellt und wichtige Grundlagen für eine Verfahrens-Entwicklung erarbeitet.

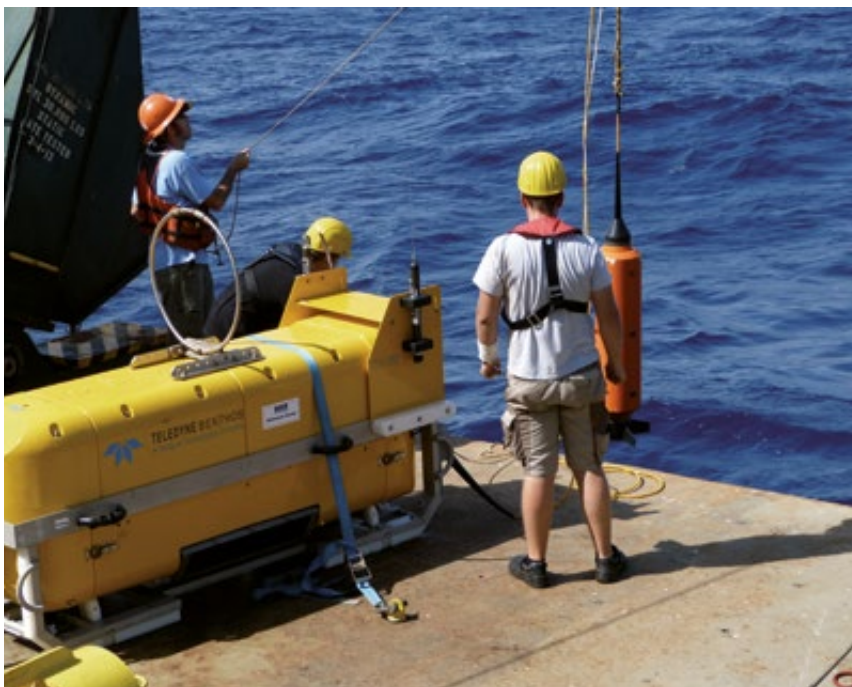
Kontakt: **apl. Prof. Dr. Axel Schippers**



▲ Kupferhaltige „Pregnant leach solution“ bei der Haldenbiolaugung in Chile.

Rauchschwaden wiesen den Weg

INDEX 2014 entdeckt neues Hydrothermalfeld und weitere vielversprechende Hinweise auf neue Erzvorkommen



▲ Einsatz des Seitensichtsonargerätes.

Der Bergbau in der Tiefsee könnte auf mittlere Sicht eine interessante Rohstoffquelle für die deutsche Industrie erschließen. Die BGR hat daher Explorationslizenzen für Deutschland für Gebiete im Pazifischen und Indischen Ozean abgeschlossen. Die INDEX 2014-Expedition untersuchte südöstlich von Mauritius die Vorkommen von Massivsulfiden.

Das gecharterte niederländische Forschungsschiff Pelagia ist Namenspatron der jüngsten Neuentdeckung im

deutschen Lizenzgebiet für Metallsulfide. Ein aktives Hydrothermalfeld im achten Cluster des Gebiets trägt

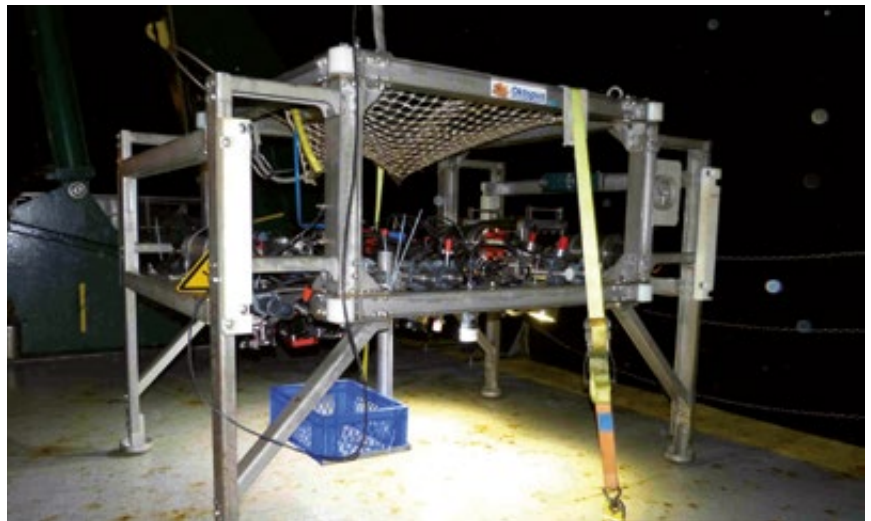
jetzt den Namen des 66 Meter langen Fahrzeugs, mit dem die BGR-Expedition INDEX 2014 unterwegs war. „Das Feld besitzt nach bisherigen Beobachtungen eine Ausdehnung an der Oberfläche von etwa 150 mal 100 Metern“, erklärt Fahrleiter Dr. Ulrich Schwarz-Schampera, „zahlreiche inaktive Schloten zeugen von einer phasenweise starken Aktivität.“ Das Pelagia-Feld ist das erste dieser Art überhaupt, das an diesem südöstlichen Zweig des Indischen Rückens entdeckt wurde.

Insgesamt sechs Wochen waren zwölf Wissenschaftler der BGR und wissenschaftlicher Institute aus Wilhelmshaven, Kiel und Seattle im Seegebiet südöstlich von Mauritius unterwegs. Es war die vierte INDEX-Expedition und die letzte vor der offiziellen Unterzeichnung des Lizenzvertrages zwischen der BGR als deutscher Beauftragter und der Internationalen Meeresbodenbehörde ISA. 15 Jahre hat die BGR insgesamt Zeit, um 100 Areale am zentral- und südostindischen Rücken mit dem Ziel zu erkunden, diese Ergebnisse für einen künftigen Tiefseebergbau auf bunt- und edelmetallreiche Sulfide zur Verfügung zu stellen.

Alle vier INDEX-Fahrten dienen der Prospektion von Metallsulfiden, jener Schutthügel auf massiven Erzvorkommen, die übrig bleiben, wenn

die bekannten „Schwarzen Raucher“ zu rauchen aufhören. Diese tragen zwar ihren Namen, weil sie düster qualmenden Fabriksschlotten so ähnlich sehen, tatsächlich geben sie aber keinen Qualm von sich. Die dicken schwarzen Wolken sind schwer mit Metallen beladenen, heißen Fluiden, die aus dem Tiefseeboden strömen und bei Kontakt mit kaltem Meerwasser ihre Metallfracht als Sulfidpartikel ausfallen. Bei vielen Hydrothermalfeldern weisen sie beträchtliche Gehalte an Edelmetallen und technologisch wichtigen Spurenmetallen auf.

INDEX 2014 hatte den neuen Sensorschlitten der BGR sowie den Tiefsee-Tauchroboter HyBIS des GEOMAR Helmholtz-Zentrums für Ozeanforschung Kiel mit an Bord. Mit dem Sensorschlitten konnten die Wissenschaftler die hydrothermal aktiven Areale im ausgedehnten Untersuchungsgebiet orten und erhielten so Anhaltspunkte für die Suche nach erloschenen und daher für den Abbau interessanten Feldern. Auf einer insgesamt 146 Kilometer langen Strecke über drei Lizenzcluster hinweg entdeckten sie sieben hydrothermale „Rauchschwaden“, die den Weg zu aktiven Feldern wiesen. Magnetische Messungen zeigten in den vier untersuchten Lizenzclustern insgesamt 19 interessante Anomalien an, die auf Metallsulfide hindeuteten.



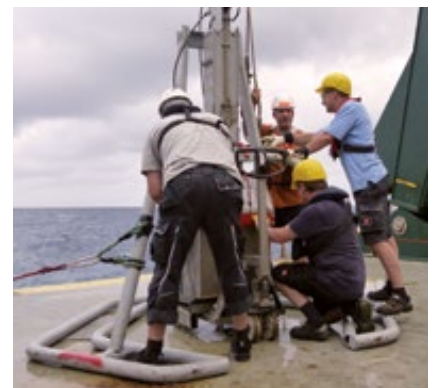
▲ Video- und Fotoschlitten zur Bildkartierung des Meeresbodens.

Die lagerstättenkundlichen Arbeiten wurden um bathymetrische Vermessungen sowie Gebiets- und Umweltuntersuchungen ergänzt. Während der Fahrt wurden in regelmäßigen Abständen Sedimentkerne gezogen, die zusätzliche Umweltrahmendaten lieferten. Von Anfang an gehörten solche Arbeiten zum Pensum der INDEX-Fahrten, denn von einem eventuellen Meeresbergbau wird gefordert, dass er die empfindlichen Habitats rings um aktive Hydrothermalfelder so wenig wie möglich beeinträchtigt. Die Geowissenschaftler der BGR werden daher stets von Biologen des Senckenberg-Instituts am Meer in Wilhelmshaven begleitet, die eine detaillierte Bestandsaufnahme des Lebens um die „Schwarzen Raucher“ herum und in der Wassersäule darüber durchführen. Zusätzlich wurde eine Sinkstofffalle von der Universität Hamburg am Meeresboden

abgesetzt, die über den Zeitraum von einem Jahr die Sedimentation vor Ort protokolliert. Sie wieder einzusammeln wird genauso auf dem Programm der nächsten Expedition ins deutsche Lizenzgebiet im Herbst 2015 stehen, wie die nähere Untersuchung der 2014 entdeckten magnetischen Anomalien.

Kontakt:

Dr. Ulrich Schwarz-Schampera

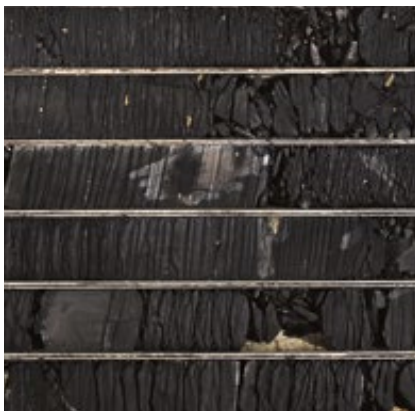


▲ Vorbereitung des Kastengreifers zur Beprobung des Meeresbodens.

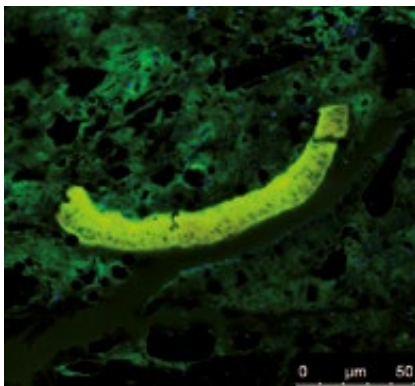
Schiefergas in Deutschland

BGR schätzt Potenziale ab

Schiefergas wird weltweit als bedeutende zusätzliche Erdgasressource angesehen. Die BGR ermittelt im Auftrag der Bundesregierung im NiKo-Projekt das Schieferöl- und Schiefergaspotenzial in Deutschland sowie mögliche Umweltauswirkungen beim Einsatz des Fracking-Verfahrens.



▲ Kernabschnitte einer Bohrung in Tongesteinen.



▲ Fluoreszenzmikroskopische Aufnahme einer Algenzyste aus einem Meer zurzeit des Unterkarbons (Probe aus einer Bohrung auf Rügen). Verschiedene Wellenlängen (458, 496 und 633 Nanometer) helfen dabei, die Struktur der Alge gut zu erkennen.

Auslöser für die Nachfrage nach Schiefergas ist die Erschließung zahlreicher Schiefergasvorkommen in Nordamerika während der letzten zwanzig Jahre. Voraussichtlich werden die USA ihren Erdgasbedarf mittelfristig aus eigenen Quellen decken können. Deutschland hingegen verzeichnet seit Anfang des Jahrtausends einen stetigen Rückgang der heimischen Erdgasförderung und muss mittlerweile knapp 90 Prozent seines Erdgasbedarfs importieren.

Anders als beim konventionellen Erdgas liegen große Teile der Schiefergasvorkommen in politisch stabilen Weltregionen, ein gutes Drittel in den Industriestaaten der OECD, davon allein ein Fünftel in Nordamerika. Europa darf immerhin mit rund fünf Prozent rechnen. Die abschließenden Zahlen der NiKo-Studie zum Potenzial von Schiefergas in

Deutschland werden 2015 vorliegen, doch eine vorläufige Abschätzung im Jahr 2012 zeigte die Richtung an. So liegen die technisch gewinnbaren Schiefergas-Ressourcen zwischen 700 bis 1 300 Milliarden Kubikmetern. Zum Vergleich: Die deutschen Erdgasreserven in aktiven Feldern betragen rund 110 Milliarden. Damit ist Deutschland weit von Mengen entfernt, die für die USA ausgewiesen werden: Ein Schiefergas-Boom wie dort ist hierzulande nicht zu erwarten. Dennoch kann Schiefergas eine bedeutende Ressource darstellen. Zunächst allerdings gilt es, diese näher zu erkunden. Hierbei steht Deutschland erst am Anfang.

Um sich ein genaues Bild über die geologischen Formationen zu verschaffen, die Schiefergas enthalten könnten, untersuchten die Wissenschaftler der BGR rund 1 500 Gesteinsproben. Das Bohrkernlager in Berlin sowie die Gesteinsarchive des GEOZENTRUMs Hannover dienten dabei als Fundgrube. Im Labor wurde die Zusammensetzung der organischen Bestandteile erfasst und die thermische Reife der Tongesteine bestimmt, die das Erdgas- und Erdölpotenzial beeinflussen. Auch hierbei konnten sich die Experten auf die Bestände der BGR stützen und zogen mehrere 1 000 Analysedaten heran. Die aufwendigen Untersuchungen zeigen, dass in Deutschland

zahlreiche Gesteinsformationen ein Potenzial für Schiefergas und -öl aufweisen. Zu den vielversprechendsten zählen der Posidonienschiefer aus dem Jura, die „Wealden“-Fazies aus der Unterkreide sowie Gesteine des Karbon. Regional ist mit Potenzialen vor allem im Norddeutschen Becken zu rechnen.

Wesentlicher Bestandteil des Projekts ist auch die Untersuchung der Umweltauswirkungen, die eine Erschließung des Schiefergases mit sich bringen würde. Wird Trinkwasser durch die hydraulische Stimulation im Untergrund gefährdet? Dieser und weiterer Fragen zu möglichen Umweltrisiken, die große Besorgnis in der Bevölkerung auslösen, wird mithilfe aufwendiger Modellierungen und Laboruntersuchungen in dem Projekt nachgegangen.

Anhand eines lithologischen und hydrogeologischen Querschnittes für das Norddeutsche Becken wird etwa die mögliche Ausbreitung der eingepressten Fracking-Fluide im Untergrund simuliert. Verschiedene Szenarien wurden modelliert, um den Aufstieg der Flüssigkeiten von ihrem Einsatzort in mehr als 1 000 Metern Tiefe über Jahrzehnte und Jahrhunderte zu ermitteln und so zu klären, ob ein ausreichender Abstand zu den trinkwasserführenden Schichten sichergestellt werden kann.



▲ Gesteinsformationen mit Potenzial für Schiefergas in Deutschland.

Modelliert und berechnet werden auch die zu erwartende Seismizität und die Rissgrößen, wenn die Fluide im Untergrund eingepresst werden.

Die bisherigen Ergebnisse stützen die Erkenntnisse einer vorläufigen Studie aus dem Jahr 2012. Demnach ist eine kontrollierte und umweltgerechte Erschließung von Schiefergas aus geowissenschaftlicher Sicht möglich. Die

größte Herausforderung besteht nun darin, die wissenschaftlichen Ergebnisse in die öffentliche Diskussion um das Thema Fracking einzubringen.

Lesen Sie auch das Interview auf Seite 71.

Kontakt: **Stefan Ladage**

Sonne besteht den Test

BGR-Wissenschaftler machen Probefahrt mit dem neuen Tiefseeforschungsschiff

Das neue Forschungsschiff der deutschen Meeresforschung, das Tiefseeforschungsschiff Sonne, befindet sich seit November 2014 offiziell im Dienst. Wissenschaftler der BGR haben das Schiff während zweier Erprobungsfahrten in der Nordsee auf Herz und Nieren getestet.

Das neue 116 Meter lange und 21 Meter breite Tiefseeforschungsschiff (TFS) Sonne wird künftig als multidisziplinäres Forschungsschiff im Indischen und Pazifischen Ozean unterwegs sein. Zusammen mit weiteren Institutionen der deutschen Meeresforschung, darunter GEOMAR und Marum, war die BGR bereits in die Planungsphase des mit Spitzentechnologie ausgestatteten Großforschungsschiffs involviert.



▲ Die Scherbretter spreizen die einzelnen Komponenten einer 3D-Messung während der Fahrt um 150 Meter hinter dem Schiff auseinander.

Die erste Erprobungsfahrt des TFS Sonne mit Wissenschaftlern der BGR startete im September 2014 in Emden. Um den dichten Schiffsverkehr in der Deutschen Bucht so gut wie möglich zu umgehen, wurden hierbei Tests im Bereich der schottischen Nordsee durchgeführt.

Im Mittelpunkt standen Funktionsprüfungen der neuen 3D-Seismik. Zusätzlich wurden erstmalig die genauen Schalldruckpegel der seismischen Luftpulsar vermessen. „Die umfassende Kenntnis der Signalausbreitung ist wichtig, um einen

möglichen Einfluss seismischer Messungen auf die Meeresumwelt genau abschätzen zu können“, so Dr. Axel Ehrhardt vom Fachbereich Marine Rohstoffforschung. Ruhige See- und Windverhältnisse sorgten für gute Testergebnisse während der Fahrt.

Nach der Erprobung aller für eine seismische Messung notwendigen Komponenten, konnten die Wissenschaftler mithilfe der Schiffsbesatzung das gesamte 3D-Messsystem erfolgreich im Meer aussetzen. Im Zuge der weiteren Fahrt wurden erste Test-Pro-

file vermessen, das präzise Einmessen und Positionieren der seismischen Ausrüstung überprüft sowie mit den nautischen Offizieren das metergenaue Steuern des Schiffes getestet.

Auf der zweiten Erprobungsfahrt testeten Wissenschaftler der BGR und der Universität Bremen das neu entwickelte, elektromagnetische Messsystem Golden Eye. Mit diesem leuchtend-gelben, aus glasfaserverstärktem Kunststoff gefertigten Geräteträger und den darauf installierten Sensoren sollen künftig Massivsulfid-



▲ Das neue Forschungsschiff Sonne auf Testfahrt in der Britischen Nordsee.



▲ Das elektromagnetische Messsystem Golden Eye wird für künftige Einsätze in den deutschen Massivsulfid-lizenzgebieten erstmalig getestet.

vorkommen in den deutschen Lizenzgebieten im südwestlichen Indischen Ozean erkundet werden. Die BGR hatte den Fachbereich Marine Geophysik der Universität Bremen mit der Entwicklung des Messsystems beauftragt.

Die Riesenspule hat einen Durchmesser von dreieinhalb Metern und ist mit Licht, Kameras und weiterer Sensorik ausgestattet. Damit kann Golden Eye Erzvorkommen unter dem Meeresboden aufgrund ihrer hohen elektrischen Leitfähigkeit und mag-

netischen Eigenschaften aufspüren. Darüber hinaus ist das System auch zur Charakterisierung von Sedimentporositäten und der mineralischen Zusammensetzung des Meeresbodens bis in etwa zehn Meter Eindringtiefe einsetzbar.

Mit den technischen Möglichkeiten des neuen Schiffes ließ sich das Messsystem problemlos über das Heck am hinteren Arbeitsdeck ins Wasser aussetzen und wieder einholen. Die Energieversorgung sowie die Befehls- und Datenkommunikation erfolgten über das zwölf Kilometer lange, schiffseitige Tiefseekabel. Somit konnte Golden Eye vollständig über eine Befehlskonsole gesteuert und mit Monitoren und Lagesensoren überwacht werden.

Im Winter 2015 wollen die Wissenschaftler mit Golden Eye in den deutschen Lizenzgebieten vor Mauritius auf die Suche nach längst erloschenen „Schwarzen Rauchern“ am Meeresboden gehen. „Schwarze Raucher“ sind auch als polymetallische Lagerstätten bekannt und weisen hohe Anteile an Bunt- und Edelmetallen sowie verschiedenen Spurenelementen wie Antimon und Kobalt auf.

Kontakt: **Dr. Axel Ehrhardt,**
Dr. Katrin Schwalenberg

Edelmetalle im Boden

BGR vergleicht Platinmetallgehalte in Berliner Stadtböden

In rund 15 europäischen Städten ermitteln Wissenschaftler im EU-Projekt Urbane Geochemie den derzeitigen geochemischen Zustand der dortigen Böden. Im Untersuchungsgebiet Berlin liegt der Schwerpunkt auf den Platinmetallen Platin, Palladium und Rhodium, denn für sie gibt es noch Vergleichsproben aus dem Jahr 1992.

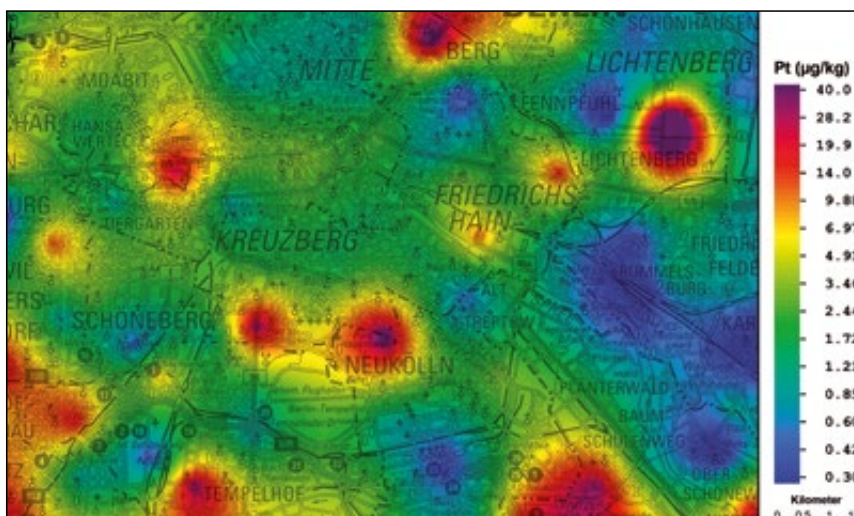
Die Edelmetalle der Platingruppe (PGE) werden für die unterschiedlichsten Zwecke eingesetzt. Am weitesten verbreitet ist vermutlich die Verwendung in den 3-Wege-Katalysatoren der Autos. Sie haben sich seit 1989 in Deutschland durchgesetzt und die Abgase merklich gesäubert. Allerdings setzt so ein Kat geringe Mengen von Platin, Palladium und Rhodium frei, und das schlägt sich in der Bodenbelastung nieder.

In den BGR-Beständen in Berlin lagern noch Proben aus den 1990er Jahren, die mit aktuellen Proben verglichen werden können. Damit haben die Berliner Messungen europaweiten Seltenheitswert. „Ein unschätzbare Vorteil, denn die Analysetechnik hat sich seitdem stark weiterentwickelt“, so Dr. Manfred Birke, Arbeitsbereichsleiter im BGR-Fachbereich „Boden als Ressource – Stoffeigenschaften und Dynamik“. Die da-

maligen Proben wurden daher mit heutigen Methoden erneut analysiert und mit den jüngst von der BGR entnommenen Proben verglichen und im vergangenen Jahr in geochemische Karten umgesetzt. Sie zeigen gegenüber den Proben von 1992 stark gestiegene PGE-Konzentrationen.

In der Berliner Innenstadt sind nach 20 Jahren die Hintergrundgehalte von Platin auf 170 Prozent, bei Palladium auf 390 Prozent und bei Rhodium sogar auf 440 Prozent gestiegen. Dabei ist ein Zusammenhang mit dem Straßenverkehr unverkennbar – die Werte steigen mit zunehmender Nähe zu Straßen und der Verkehrsdichte an. Nur an einzelnen Stellen, etwa in den Stadtteilen Lichtenberg und Niederschöneweide, ist die Nähe zu bestehenden oder früheren Industriestandorten ausschlaggebend für die hohen Werte.

Kontakt:
Dr. Manfred Birke



▲ Verteilung der Platingehalte in den Oberböden der Berliner Innenstadt.

Grundwasser- schutz in Burundi

BGR-Experten untersuchen Wasservorkommen in drei Regionen

Das ostafrikanische Burundi ist in Größe und Einwohnerzahl etwa vergleichbar mit Belgien, doch seine Bevölkerung wächst mit einer der höchsten Raten der Welt. Eine sichere und nachhaltige Wasserversorgung, auch für die zukünftigen Generationen, hat daher hohe Priorität.

In dem vierjährigen Projekt **Management und Schutz der Grundwasserressourcen** der technischen Zusammenarbeit hat die BGR die zuständigen burundischen Behörden bei der nachhaltigen Entwicklung und dem Schutz der Grundwasserressourcen beraten. Im August 2014 erließ das Wasser- und Umweltministerium ein Dekret mit entsprechenden Richtlinien.

Derzeit decken etwa 42 000 Quellen den Bedarf, doch haben sie inzwischen die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit erreicht. Untersuchungen der BGR belegen, dass etwa die Hälfte der Quellen bakteriell verunreinigt ist. Neue Vorkommen zu erschließen und der Schutz der bestehenden Quellen tun daher Not. In drei exemplarischen Regionen zeigte das Projekt im vergangenen Jahr Wege auf: In der nörd-



▲ Abtragung des natürlichen Bodenschutzes zur Ziegelherstellung.

lichen Provinz Kirundo führten die BGR-Experten und ihre burundischen Kollegen eine Bestandsaufnahme von Grundwasservorkommen durch. In der zentralburundischen Stadt Gitega und im Bezirk Rumonge am Tanganjika-See stand dagegen der Grundwasserschutz im Zentrum der Projekte.

In Gitega, der zweitgrößten Stadt des Landes, untersuchten sie die Keimbelastung des Trinkwassers. Zudem wurden Markierungsversuche zur Ermittlung von Grundwasserfließgeschwindigkeiten durchgeführt. Die Experten empfahlen auf der Basis ihrer Untersuchungsergebnisse die Einrichtung von Trinkwasserschutzgebieten. Im dritten Untersuchungsgebiet Rumonge schließlich wurden die ersten Trinkwasserschutzgebiete des Landes nach den neuen Grundwasserschutz-Richtlinien ausgewiesen.



▲ Messungen der Leitfähigkeit des Grundwassers bei einem Markierungsversuch.



▲ Wassernutzung aus einer gefassten Quelle.

Kontakt: **Dr.-Ing. Sara Ines Vassolo**

Von Wind und Wasser davongetragen

Bodenerosion gefährdet über die Hälfte der deutschen Ackerfläche

Im Durchschnitt gehen auf einem Hektar Acker jährlich drei bis acht Tonnen Boden verloren. Das wird kaum wahrgenommen, denn es entspricht nur einem Abtrag von etwa 0,3 bis 0,8 Millimetern. Dennoch stellt Erosion eine schleichende Gefahr für die Bodenfruchtbarkeit dar, da der Prozess über Jahrhunderte hinweg andauert und so große Massen an Erde bewegt. Eine neue Karte der BGR gibt einen Überblick über die regionale Verteilung des Risikos.

Die neue BGR-Karte zum Thema Wassererosion zeigt, dass etwa ein Drittel der Ackerfläche von Deutschland mittel bis sehr hoch gefährdet sind. Dabei gibt es vier regionale Schwerpunkte: Das niedersächsische Berg- und Hügelland, das sächsische Hügelland mit dem Erzgebirgsvorland, die Neckar- und Tauber-Gäuplatten und das Unterbayerische Hügelland. Die BGR-Karte zur Winderosionsgefährdung der Ackerböden zeigt, dass diese Gefahr vor allem im Norddeutschen Tiefland akut ist. Die Jungmoränenlandschaften in Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg weisen eine mittlere bis hohe Gefährdung auf.

Durch Erosion verliert der Boden seinen wertvollsten Teil, die humusreichen oberen Schichten. Der durchwurzelbare Raum verringert sich und damit das Potenzial, Nähr-

stoffe und Wasser zu speichern. Erosion tritt vor allem bei Ackerböden auf, da sie zeitweise nicht durch Pflanzen bedeckt und geschützt sind. Das abgetragene Bodenmaterial wird an anderer Stelle abgelagert, wo es den Stoffhaushalt der

Flächen beeinflusst. In Gewässern verschlechtert es in der Regel den ökologischen und chemischen Zustand. Der Schutz vor Erosion dient deshalb nicht nur dem Erhalt des Bodens und seiner Ertragsfähigkeit an sich, sondern schützt auch andere Teile des Ökosystems.

Starke Winde mit Geschwindigkeiten von über sechs Metern pro Sekunde (Windstärke 6) und extreme Regen-



▲ Rillenerosion durch Oberflächenabfluss auf einem Acker in Niedersachsen.

güsse mit mehr als 20 Litern Wasser pro Stunde und Quadratmeter sind die beiden auslösenden Erosionsfaktoren. Trifft etwa Starkregen auf ungeschützten Boden, zerlegen die Tropfen mit ihrer kinetischen Energie Bodenaggregate in kleine Bruchstücke. Durch diese werden zunehmend die Poren des Bodens verstopft und seine Fähigkeit Regenwasser aufzunehmen verringert sich. Das Wasser, das nicht einsickern kann, fließt an



▲ Potenzielle Erosionsgefährdung der Ackerböden durch Wasser in Deutschland.



▲ Potenzielle Erosionsgefährdung der Ackerböden durch Wind in Deutschland.

der Oberfläche ab und nimmt Bodenteilchen mit sich.

Winderosion tritt bei abgetrockneten Böden auf, denn bei Feuchtigkeit haften die Partikel zusammen. Der Mensch beeinflusst sowohl Wasser als auch Winderosion durch seine Tätigkeit: Weite, offene Landschaften, die die industrialisierte Landwirtschaft bevorzugt, fördern den Bodenabtrag. Die konventionelle Pflugwirtschaft und die verstärkte Aussaat von Anbaukulturen mit Saatterminen zwischen März und Mai (zum Beispiel Sommergetreide, Zuckerrübe und

insbesondere Mais) führen zu ungeschützten Bodenoberflächen, die sowohl durch Regen als auch durch Wind angreifbar sind.

Insgesamt werden auf ackerbau-lich intensiv genutzten Flächen in Deutschland im Durchschnitt drei bis acht Tonnen, in Extremlagen auch bis zu 20 Tonnen Boden pro Hektar und Jahr durch Wassererosion abgetragen. Das entspricht einem Abtrag von bis zu zwei Millimetern. Die durchschnittliche Bodenbildung beträgt demgegenüber nur 0,1 Millimeter im Jahr. Sie kann den Ver-

lust durch Erosion also bei weitem nicht wettmachen. Die Folgen sind geminderte Erträge der betroffenen Äcker. Die Erosion verändert aber auch nachhaltig den Wasserhaushalt der Landschaft. Dr. Jan Bug von der BGR stellt dazu fest: „Bodenerosion muss durch aktive Maßnahmen der Landwirtschaft eingedämmt werden. Ansonsten verlieren die Äcker schleichend ihre Fruchtbarkeit und ihre Funktion als Wasserspeicher. In der Folge stiege auch die Wahrscheinlichkeit von Hochwässern an.“

Kontakt: **Dr. Jan Bug**

Die Versalzung des Grundwassers

BGR schließt Hubschrauberbefliegungen an der niedersächsischen Nordseeküste vorläufig ab



▲ BGR-Messhubschrauber beim Start auf dem Jade-Weser-Airport in Wilhelmshaven.

Die oberen Bodenschichten spielen für die an der Erdoberfläche lebenden Menschen eine besondere Rolle. Grundwasserfluss, Nähr- oder Schadstofftransport, all das findet in den obersten 100 Metern des Untergrundes statt. Die luftgestützte Geophysik bietet effiziente Möglichkeiten, innerhalb kurzer Zeit grundlegende Parameter für große Gebiete zu erheben. Mit dem Projekt D-AERO hat die BGR das jetzt am Beispiel der niedersächsischen Nordseeküste demonstriert.

Der schnittige weiß-rote Hubschrauber, der eine etwa zehn Meter lange, ebenfalls weiß-rote Zigarre am dünnen Kabel in nur 30 bis 40 Metern Höhe über den Erdboden schleppt, ist inzwischen in fast jedem Winkel

der niedersächsischen Nordseeküste gesichtet worden. Die Zigarre ist eine elektromagnetische Messsonde, die der BGR-eigene Hubschrauber seit 2007 bei Arbeiten zum Projekt D-AERO über das Küstengebiet ge-

schleppt hat. Als letztes Vermessungsgebiet wurde 2014 das Umland der Städte Jever, Schortens und Varel am Jadebusen überflogen sowie, mit einer Sondererlaubnis der Nationalparkverwaltung, das Wattenmeer im südlichen Jadebusen. Die Befliegung der Nordseeküste soll exemplarisch die Leistungsfähigkeit der Aerogeophysik zeigen und kann in Kooperation mit den anderen Bundesländern später auf weitere Gebiete der Bundesrepublik ausgedehnt werden.

Mit der Sonde kartieren die Geowissenschaftler der BGR den Erduntergrund. Die Elektromagnetiksonde beherbergt Messinstrumente für Magnetik und Elektromagnetik sowie einen Laser-Höhenmesser in ihrer 10-Meter-Kevlarhülle. Im Hubschrauber selbst sind ein Gammastrahlenspektrometer und die Steuerungs- und Datenerfassungsgeräte installiert. Der Elektromagnetik-Sensor identifiziert die geologische Struktur des Geländes und die Grundwasservorkommen aufgrund ihrer elektrischen Leitfähigkeit bis in eine Tiefe von etwa 100 Metern, während das Magnetometer die Geologie auch bis in größere Tiefen erkunden kann. Das Gammastrahlenspektrometer erfasst die Zusammensetzung der obersten Bodenschichten aufgrund ihrer natürlichen Gammastrahlung. Der Laser-Höhenmesser nimmt ein sehr genaues Bild vom Oberflächenprofil auf.

Die Nordseeküste ist von großem Interesse für die Geoexperten, denn das Gebiet mitsamt den vorgelagerten Inseln und dem Wattenmeer wird vom Klimawandel besonders betroffen sein. Inseln, Küstenlinie und Watt müssen sich gegen steigende Pegel und zunehmend häufige und heftige Stürme wappnen. Auf Grundlage der Messflüge wollen die Wissenschaftler besonders gefährdete Bereiche identifizieren.

In einem weiteren Fokus der Experten stehen die Grundwasservorkommen. Ihnen droht an den Küsten die Gefahr, dass Meerwasser einbrechen und sie versalzen kann. Wie sich nutzbares Süßwasser und Salz- oder Brackwasservorkommen verteilen, können die Wissenschaftler anhand der elektrischen Leitfähigkeit erken-

nen, die der Salzgehalt dem Wasser verleiht. Mit ihren Messflügen über Friesland konnten die BGR-Experten deutlich kartieren, wie weit das Salzwasser bislang im Untergrund des unmittelbaren Küstengebiets vordringen konnte (rot gefärbte Bereiche in der Karte). Ebenfalls erkennbar war die Verteilung von durchlässigem Sand (blau) und dichtem Ton (gelb).

Mit dem Einsatz von Hubschrauber und Flugsonde können die Wissenschaftler wesentlich schneller einen flächendeckenden Einblick in Aufbau und Beschaffenheit der oberen Bodenschichten gewinnen als mit den herkömmlichen Methoden am Boden. Diese bleiben naturgemäß bruchstückhaft und auf besondere Areale beschränkt, während aus der

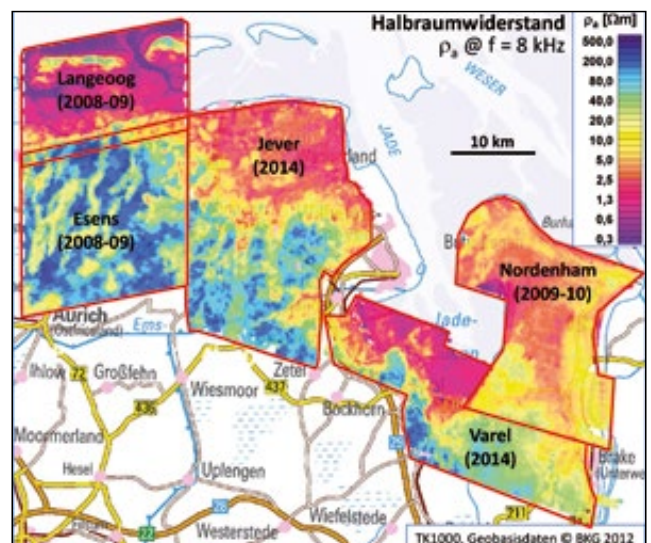
Luft große Flächen kartiert werden können. Dabei ist gerade die flächige Verknüpfung der verschiedenen Parameter von großer Bedeutung. So können zum Beispiel Änderungen in der Bodennutzung den Wasserhaushalt beeinflussen und so die Grundwasserpegel verändern. Diese aber sind wichtige Informationen für die Infrastrukturplanung. Die bei den Messflügen gewonnenen Daten stehen nach der Auswertung über das Fachinformationssystem Geophysik des Leibniz-Instituts für Angewandte Geophysik in Hannover zur Verfügung.

www.bgr.bund.de/D-AERO-deutschlandweite-aerogeophysik-befliegung

Kontakt: **Dr. Bernhard Siemon**



▲ Aerogeophysik-Messgebiete in Norddeutschland.



▲ Süß-Salzwasserverteilung in Ostfriesland.

Frischwasser im Inseluntergrund

Süßwasserlinse garantiert Trinkwasserversorgung auf der Insel Langeoog

Wie auf vielen Inseln sind auch die Bewohner des ostfriesischen Langeoogs für ihr Trinkwasser auf Grundwasservorkommen im Untergrund angewiesen. Das BGR-Projekt FLIN hat in den vergangenen drei Jahren die Süßwasserlinse auf der Insel beispielhaft und umfassend untersucht.



▲ Küste von Langeoog bei Ebbe und Wasserturm. Die Trinkwasserversorgung gehört auf der ostfriesischen Insel zu einer der drängendsten Fragen.

Langeoog ist für Erholungsuchende ein Paradies aus Dünen, Strand und Meer, vom Festland getrennt durch einen vier bis acht Kilometer breiten Streifen Nordsee. Der hält zwar den Autoverkehr und viel Hektik fern, verhindert aber auch zum Beispiel die

Anbindung an die dortige Trinkwasserversorgung. Also sind die knapp 2 000 Langeooger und ihre jährlich gut 200 000 Gäste auf die Selbstversorgung angewiesen. Das Wasser wird aus einer Süßwasserlinse gefördert, die im Untergrund der Insel auf dem

ansonsten salzigen Grundwasser schwimmt.

Sie soll trotz Klimawandel, Meeresspiegelanstieg auch zukünftig die Versorgung der Insel gewährleisten. Deshalb hat die BGR das Vorkommen der Süßwasserlinse im Projekt FLIN seit Anfang 2012 eingehend unter die Lupe genommen. „Langeoog ist für uns so etwas wie ein Naturlabor“, meint Projektleiter Dr. Georg Houben. Dort ließen sich exemplarisch die grundsätzlichen Herausforderungen einer Inselstudie untersuchen. Weltweit leben rund 500 Millionen Menschen auf Inseln, Tendenz steigend. Die Trinkwasserversorgung gehört daher auf vielen Inseln zu den drängendsten Fragen.

Auf Langeoog hat das Wasserversorgungsunternehmen OOWV eine nachhaltige Lösung gefunden. „Es wird deutlich weniger entnommen als nachgeliefert wird“, berichtet der Hydrologe. Dadurch kann auch ausgeschlossen werden, dass das darunter liegende Salzwasser eindringen und den Trinkwasservorrat verderben kann. Lieferant für das Süßwasser ist der Regen, der vor allem in den Dünentälern reichlich in den Untergrund sickert. Daher sollten auf Inseln mit vergleichbaren Bedingungen vor allem Dünentäler besonders geschützt werden und unbebaut bleiben. Langeoog hat in dieser Hinsicht



▲ Grundwasserbeprobung im Dünengürtel des Pirola-Tals, Langeoog.

keine Probleme, hier sind die Dünen Naturschutzgebiet.

Die BGR-Experten vermaßen die genutzte Süßwasserlinse mit verschiedenen geophysikalischen Methoden wie Elektromagnetik und Kernspinresonanz. Darüber hinaus nutzten sie Daten aus dem Projekt D-AERO, in dem Wissenschaftler die gesamte Nordseeküste vom Hubschrauber aus elektromagnetisch kartierten (siehe auch Seite 24). Mit diesen Daten erstellten die FLIN-Forscher eine dreidimensionale Karte des Vorkommens, das an seiner stärksten Stelle rund 25 Meter mächtig ist. Bis zur Jahresmitte 2015 soll ein Computermodell folgen. Mit ihm wollen die Hydrologen simulieren, wie das Vorkommen reagiert, wenn der Pegel der Nordsee steigt

oder die Winterregen schwächer ausfallen oder sogar ganz wegbleiben.

Daneben untersuchten Georg Houben und seine Kollegen auch die Beschaffenheit des Süßwassers und beprobten dafür in regelmäßigen Abständen die Linse in ihrem mächtigsten Bereich. Eine Altersbestimmung des Wassers mithilfe des Wasserstoffisotops Tritium ergab, dass es bis zu 100 Jahre alt ist. „Die größte Überraschung war jedoch, wie intakt die Schichtung innerhalb der Linse geblieben ist“, so Houben. Die Trinkwasserentnahme hatte nicht zu einer Durchmischung der gesamten Vorkommen geführt. Auch das werteten die BGR-Hydrologen als Beleg für die nachhaltige Bewirtschaftung.

Houben und seine Kollegen konnten aus den Wasserschichten für Langeoog auch ein Temperaturprofil der vergangenen 100 Jahre erstellen. Dazu benutzten sie stabile Isotope von Wasserstoff und Sauerstoff. Bei höheren Temperaturen verdunsten mehr schwerere Isotope, dann ist ihr Anteil im Wasserdampf der Wolken und damit auch in den kondensierenden Regentropfen höher. Die oberflächennahen und damit jüngeren Süßwasserschichten zeigten deutlich wärmere Bildungsbedingungen als die tieferen, älteren. In einem Zeitraum von 100 Jahren kamen die Hydrologen auf einen Temperaturanstieg von 1,5 Grad Celsius.

Kontakt: **Dr. Georg Houben**

Atmender See steuert wertvolle Ressource

BGR unterstützt Anrainerstaaten des Tschadsees bei nachhaltiger Grundwassernutzung



▲ Die meisten Brunnen in der Region Kanem sind offen. Die Wasserqualität ist daher stark durch Verunreinigungen gefährdet.

Rund 2,3 Millionen Quadratkilometer groß ist das Becken des Tschadsees. Für 47 Millionen Bewohner ist der See die direkte Wasserquelle. Mehr Menschen hängen jedoch von den Grundwasservorkommen des Beckens ab, die vom Tschadsee beeinflusst werden. Eine multinationale Kommission kümmert sich um die nachhaltige Nutzung dieser Ressource und wird darin von der BGR unterstützt.

Die Kommission für das Tschadseebecken CBLT ist für eine knappe Ressource zuständig. Der See liegt im trockenen Sahel und wird nur durch

zwei Flusssysteme gespeist. Das führt dazu, dass das Gewässer sehr stark auf Klimaschwankungen reagiert. Derzeit ist der Tschadsee rund 3 000

Quadratkilometer groß, etwa dreimal so ausgedehnt wie das niederländische IJsselmeer, doch mehrmals in den vergangenen 40 000 Jahren war er sogar komplett ausgetrocknet. „Es ist ein atmender See“, sagt Dr. Sara Vassolo, Hydrogeologin bei der BGR. In den 1970er Jahren schrumpfte der See zum Beispiel drastisch von 17 620 Quadratkilometern auf seine derzeitige Größe.

Vor rund 40 000 Jahren war der Paläo-Tschadsee dagegen auf seinem Höhepunkt und etwa zwei Millionen Quadratkilometer groß. Das war nahezu das gesamte Becken und entsprach etwa zwei Dritteln des heutigen Mittelmeers. Etwa 20 000 Jahre später trocknete er zum ersten Mal vollständig aus. In den 10 000 Jahren danach schwankte der Wasserstand stark, bevor er sich vor 9 000 Jahren stabilisierte und eine Fläche von 340 000 Quadratkilometern einnahm. Von Dauer war auch diese Ausdehnung nicht. Der See schrumpfte, bis er vor etwa 1 000 Jahren ein erneutes Gleichgewicht fand. Seither schwankte seine Fläche um 25 000 Quadratkilometer, bis mit Anbruch der 1970er Jahre eine extreme Dürreperiode für den Sahel begann.

Diese Dürre ließ den See innerhalb von wenigen Jahren auf ein Zehntel eintrocknen, denn seine beiden einzigen Zuflüsse reagieren besonders

empfindlich auf Klimaschwankungen. Das Flusssystem von Komadugu und Yobe, das in das Nordbecken des Tschadsees mündet, liegt komplett im extrem dürreanfälligen Sahelgebiet Nordnigerias und Nigers. Der zweite Zufluss, das System von Chari und Logone, kommt von Süden und Osten und hat ein Einzugsgebiet von der Zentralafrikanischen Republik bis zur Hochebene von Adamaoua in Kamerun. Hier sind die klimatischen Bedingungen weniger harsch als im Norden, weshalb dieses Flusssystem 90 Prozent des Tschadseewassers beisteuert.

Der an- und abschwellende Tschadsee spielt für die Neubildung der Grundwasservorkommen in der Region eine wichtige Rolle. Neue BGR-Un-

tersuchungen haben gezeigt, dass das Grundwasser südöstlich vom See in der Bahr el Ghazal Region 9 000 Jahre alt ist, also aus der Zeit stammt, als sich der See nach jahrtausendelanger Trockenheit wieder regeneriert hatte. Dieses Grundwasser ist wegen seines Alters stark mit Natrium, Fluor, Sulfat und Arsen beladen. Vor allem der Fluor- und Arsengehalt stellt eine Gesundheitsgefahr dar, so dass die Vorkommen nur mit adäquater Aufbereitung für Trinkwasser geeignet sind.

Die Wasserknappheit wird im gesamten Tschadseebecken noch durch ein hohes Bevölkerungswachstum und die Entwicklung von Bewässerungsprojekten verschärft. Die Tatsache, dass sich acht Staaten das Becken

und seine Wasserressourcen teilen, macht die Situation nicht einfacher. Die sechs Hauptanrainerstaaten sind Mitglieder der CBLT, der Sudan als siebter Staat ist Beobachter, nur Algerien nimmt nicht teil. Die CBLT ist die einzige Institution, die das Mandat hat, grenzüberschreitende Interessenkonflikte zu behandeln, allerdings fehlen ihr bislang Ausstattung und Know-how, um der Wasserkrise und der Degradation des Ökosystems wirksam entgegenzutreten. Die BGR unterstützt die Kommission daher bei der Entwicklung ihrer Kapazitäten und der Schulung ihres Personals.

www.bgr.bund.de/lcbc

Kontakt: **Dr.-Ing. Sara Ines Vassolo**



▲ Kleinräumige Bewässerungslandwirtschaft für Eigenbedarf im Wadi Bahr el Ghazal.



▲ Die Wirtschaft in Kanem basiert auf der Kamelzucht.

Inventar für 16 potenzielle Schadstoffe

BGR-Bodenexperten ermitteln Hintergrundwerte für ganz Deutschland

BGR-Bodenexperten aktualisieren derzeit die Hintergrundbelastung bundesdeutscher Böden mit insgesamt 16 potenziell giftigen Elementen. Die Daten dienen als Grundlage für plausible Grenzwerte im Bodenschutz.



▲ Bodenprofil im Wald bei Königstein im Taunus.



▲ Karte der Hintergrundwerte von Nickel (Ni) im Oberboden in Deutschland.

Gartenbesitzer in traditionellen Erzbergbaugebieten wissen es aus eigener Erfahrung: Schadstoffe müssen nicht erst durch den Menschen in den Boden gelangen – je nach Gestein, aus dem der Boden entstand, sind sie schon von Natur aus vorhanden. Ebenso wie die Stoffe, die über die

allgemeine Umweltverschmutzung in Böden gelangen, gehören sie zur sogenannten Hintergrundbelastung.

Für 16 potenziell giftige chemische Elemente bringen BGR-Bodenexperten derzeit die Hintergrundwerte auf den jüngsten Stand. Es ist durch-

aus keine wissenschaftliche Spielerei, sondern bildet die Grundlage, auf der Bundes- und Landesumweltbehörden erst Schadstoffgrenzwerte ermitteln können. „Wir stellen sozusagen ein Inventar für diese Elemente auf“, erklärt Dr. Florian Stange vom BGR-Fachbereich „Boden als Ressource – Stoffeigenschaften und -dynamik“.

Zu den Stoffen gehören Blei, Cadmium, oder Quecksilber aber auch zum Beispiel Kupfer, Selen oder Thallium. Die Vielfalt der hiesigen Böden fließt ebenfalls in die Aufstellung ein: Die 16 Hintergrundwerte werden für insgesamt 13 Ausgangsgesteine ermittelt. Darunter verstehen die Fachleute das Fest- oder Lockergestein, das unter dem Boden ansteht und diesen per Verwitterung mit Material versorgt. Die Daten werden von den zuständigen Landesbehörden erhoben. Die BGR harmonisiert und validiert die Werte.

Kontakt: **Dr. Florian Stange**

Messen für den Feldeinsatz

Petrophysikalisches Labor adaptiert Labormethoden für die hydrogeologische Praxis

Mit der Eröffnung ihres neuen petrophysikalischen Labors ist die Arbeitsgruppe Bodengeophysik am Berliner BGR-Standort Spandau jetzt komplett. In dem Labor ist das gesamte Instrumentarium an einem Ort versammelt, das die Wissenschaftler zur Beantwortung hauptsächlich hydrogeophysikalischer Fragen heranziehen.



▲ Miniaturausgabe eines Magnetspintomographen für Messungen der Nuklearmagnetischen Resonanz von Sediment- und Bodenproben.

„Wir untersuchen im Labormaßstab an repräsentativen Proben, wie geophysikalisch messbare Größen mit den hydrogeologisch wirksamen Größen zusammenhängen, die zur Charakterisierung von Grundwasserleitern benötigt werden“, erklärt Dr. Stephan Costabel. Ein Beispiel dafür ist die hydraulische Leitfähigkeit, die anzeigt, wie wasserdurchlässig ein

bestimmter Boden ist. Sie ist mit der Abklingzeit der Nuklearmagnetischen Resonanz (NMR) verknüpft, mit entsprechenden Instrumenten gemessen werden können. 2014 konnten die Hydrogeophysiker nachweisen, dass so etwas auch für nicht vollständig wassergesättigte Böden gilt. Diese Ergebnisse können in Zukunft genutzt werden, um vor Ort mit NMR-Mes-



▲ Messung der elektrischen Impedanz einer Sedimentprobe im Klimaschrank.

sungen die hydraulische Leitfähigkeit auch in der ungesättigten Bodenzone zu bestimmen.

Eine andere Messmethode stellen die Spandauer Experten in den Dienst der Rohstoffsuche. Im BGR-Petrolabor konnten die Wissenschaftlerinnen Dr. Tina Martin und Sarah Hupfer für künstliche Gemische aus Pyrit, Galenit, Sphalerit und Quarzsand einen quantifizierbaren Zusammenhang zwischen der Phasenverschiebung der elektrischen Impedanz und dem Mineralgehalt beziehungsweise der Korngröße nachweisen. Ziel dieser Untersuchungen ist es, dieses Verfahren zur Abschätzung der nutzbaren Restmineralgehalte in alten Bergbauhalden anzuwenden.

Kontakt:

Dr. Stephan Costabel

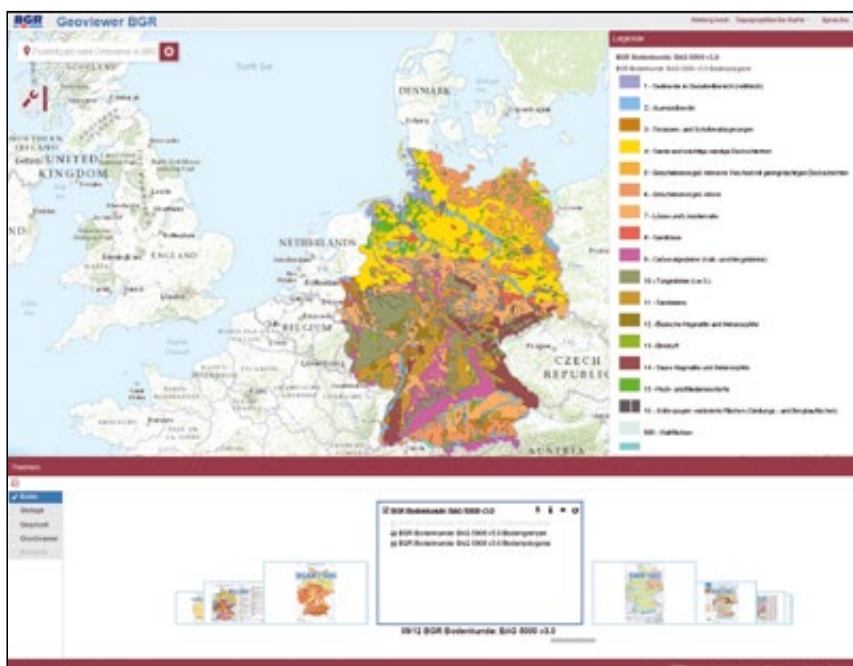
Geodaten weltweit verfügbar

BGR ermöglicht mit neuer Geodateninfrastruktur einen vereinfachten Zugang zu geowissenschaftlichen Ergebnissen unter Berücksichtigung der INSPIRE-Richtlinie

Europa wächst trotz aller Schwierigkeiten immer enger zusammen. Mit der Umsetzung der INSPIRE-Richtlinie gilt dies auch für die Geodaten im Umweltbereich aus insgesamt 28 EU-Staaten. Die BGR bereitet sich auf die europaweite Erschließung der geowissenschaftlichen Datenbestände mit dem Aufbau einer Geodateninfrastruktur, kurz GDI-BGR, vor.

Geodaten sind begehrte Informationen in der modernen Welt und dienen oftmals als Entscheidungsgrundlage im politischen Diskurs. Karten werden zum Beispiel für jede Navigations-App auf dem Smartphone gebraucht, und jeder Autofahrer mit Navi weiß, wie wichtig es ist, dass sie stets aktuell sind. Auch die Bedeutung von Informationen über die weltweite Verteilung von Ressourcen, Belastungen im Boden, chemische Grundwassereigenschaften, über Gefährdungen durch Erdfälle in Karst- oder Tagbrüche in Bergbauebenen oder schlicht die Erdbebenaktivität fällt unmittelbar ins Auge.

Doch wer Daten aus unterschiedlichen Quellen flächendeckend nutzen will, wird bald feststellen, dass sie bisweilen nicht miteinander kombinierbar sind. Nicht nur unterschiedliche Staaten benutzen verschiedene Standards und Formate, auch innerhalb eines Staatsgebietes sind sich die



▲ Der neue Geoviewer der BGR.

Anbieter oft nicht einig. Dies trifft insbesondere auf die föderale Bundesrepublik Deutschland zu, die durch die Souveränität der Bundesländer auf nationaler Ebene mit den gleichen Abstimmungsproblemen zu kämpfen hat wie das auch auf EU-Ebene der Fall ist. Überdies erheben die verschiedenen Wissenschaften ihre Da-

ten keineswegs nach einheitlichen Kriterien, sind sich häufig sogar über ihre Begriffe und deren Definition uneins.

Die EU-Kommission hat sich mit ihrer INSPIRE-Richtlinie aufgemacht, das babylonische Gewirr der Geodaten in Europa zu ordnen. Bis 2020



▲ Das neue Produktcenter.

soll ein europaweites Geoportal den harmonisierten Zugang zu umweltrelevanten Geoinformationen aus allen 28 Mitgliedsstaaten bahnen. Mit dem novellierten Geodatenzugangsgesetz (GeoZG) vom 16. November 2012 setzte die Bundesrepublik die EU-Anforderungen in nationales Recht um. Schon heute muss die BGR aufgrund der Richtlinie einen Großteil der Daten über standardisierte digitale Zugänge (Geodatendienste) bereitstellen. Bis spätestens 2020 müssen dann auch Inhalte und Datenformate europaweit in abgestimmter Form zur Verfügung stehen, so dass diese Informationen miteinander verglichen und automatisiert weiterverarbeitet werden können. Um dieser gesetzlichen Aufgabe gerecht zu werden, wurde der Aufbau der GDI-BGR ins Leben gerufen. Alle geodatenverarbeitenden Prozesse innerhalb der BGR werden aufeinander abgestimmt und harmonisiert, so dass Nutzer interoperable Produkte in hoher wissenschaftlicher Qualität zur Verfügung haben. Das will man erreichen, indem man schrittweise gemeinsame Vorgaben zu einheitlichen Technologien, Work-

flows und zur Qualitätssicherung der Daten definiert und umsetzt.

Mit den Erneuerungen im Maschinenhaus wird auch die Fassade der BGR-Produktpräsentation im Internet aufpoliert. Das Produktcenter und der Geoviewer sind die zentralen Anlaufstellen für alle Nutzer der BGR-Produkte – ganz gleich ob interessierte Öffentlichkeit oder Experten. Diese Kernkomponenten sind modernisiert und an die gestiegenen Anforderungen der Gesetzgebung, an den technologischen Wandel in der hausinternen IT-Infrastruktur und an den Wunsch der BGR-Fachbereiche angepasst worden, ihre geowissenschaftlichen Ergebnisse fachbereichsübergreifend in einem einheitlichen Corporate Design zu präsentieren. Im Produktcenter kann der Nutzer über eine Suchoberfläche die Produktbeschreibungen und Ansprechpartner zu Geodaten und Webservices wie in einem Katalog recherchieren. Die INSPIRE-Anforderungen werden durch die integrierte und standardkonforme CSW-2.0.2-Schnittstelle erfüllt, mit der alle Metadaten abrufbar sind. Als Ergänzung zum Produktcenter können via Link die Karten dann im Geoviewer in vertrauter Browserumgebung geöffnet und erkundet werden. Mit dem Geoviewer kann der Nutzer durch die verschiedenen Kartenwerke der BGR wie in einer Kartengalerie stöbern, sie miteinander

vergleichen und die geowissenschaftlichen Fachdaten zu einzelnen Objekten abrufen, etwa die Magnituden von Erdbeben oder die geologischen Schichtungsverhältnisse an bestimmten Orten.

Diese beiden Systeme bilden den zentralen Zugangspunkt zur Produktpalette der BGR, die den nationalen bis globalen Maßstabbereich umfassen. Zusammen bilden sie die Informationsplattform, auf der die geowissenschaftlichen Arbeitsergebnisse in kartographischer Form veröffentlicht werden. Durch die Verknüpfung von Geoviewer und Produktcenter werden ebenfalls die Zugänge zum Bezug der Geodaten und ihrer Metadaten über Geodatendienste und Downloaddateiformate vermittelt. Zukünftig wird geprüft, ob auch die analogen Produkte der BGR, sowohl Schriften als auch Karten, über eine Bestellfunktion erhältlich sein werden. Für deren Bezug wird auf externe Shoppingsysteme verlinkt. Der Viewer ist modular aufgebaut. So können neue Komponenten für Fachfunktionen stufenweise realisiert werden, um die Fachanwendungen der BGR zu integrieren.

<http://geoviewer.bgr.de>

<http://produktcenter.bgr.de>

Kontakt: **Tanja Wodtke**

Fernerkundung für die Rohstoffexploration

Vorbereitungen auf Hyperspektral-Satellitenmission angelaufen

Der weltweite Rohstoffbedarf ist gewaltig und es ist absehbar, dass er mit den derzeit bekannten Reserven auf Dauer nicht gedeckt werden kann. An der Erschließung neuer Quellen führt daher kein Weg vorbei. Der deutsche Hyperspektralsatellit EnMAP soll ab 2018 unter anderem die Rohstoff-Exploration erleichtern. BGR-Experten bereiten die Nutzung schon jetzt vor.



▲ Geländespektroskopie an gebänderten Eisensteinen bei Prieska, Südafrika.

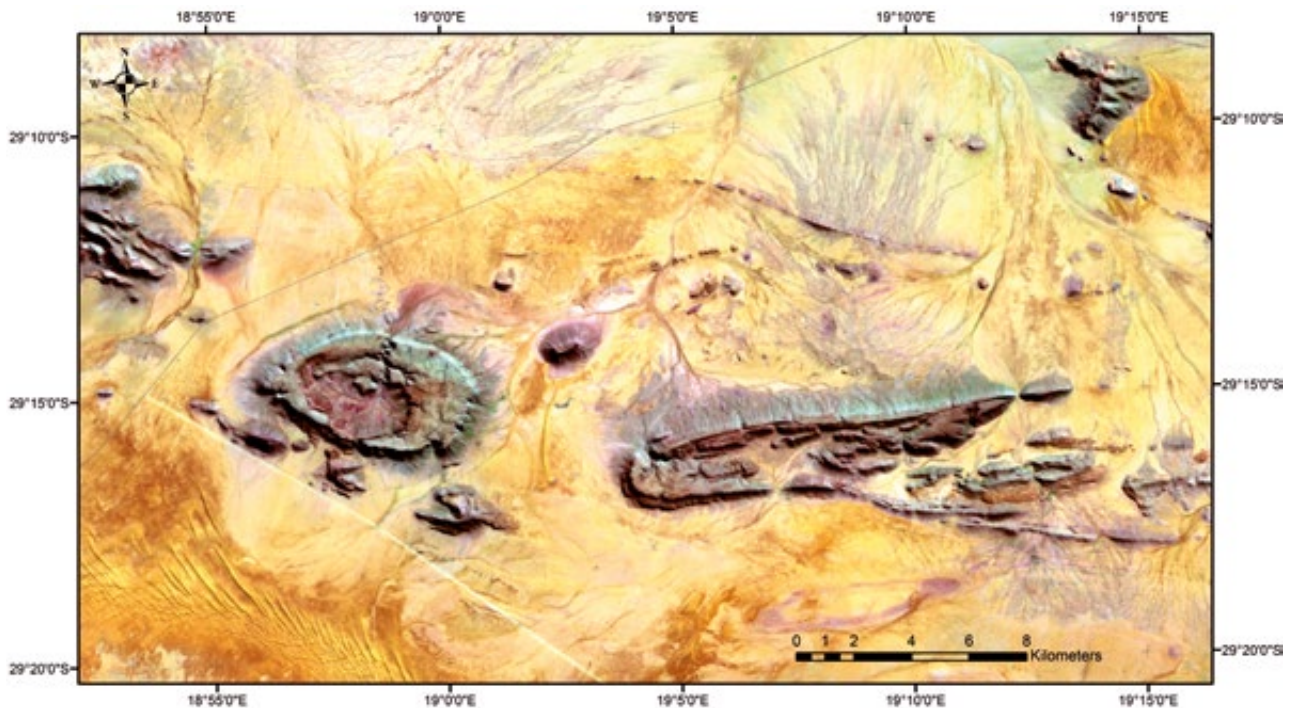
Die Menschheit sucht kontinuierlich nach zusätzlichen Rohstoffquellen. „Die weitere Erkundung bekannter Ressourcen ist aus Sicht der Wissenschaft und Industrie relativ problemlos“, sagt Dr. Martin Schodlok vom Arbeitsbereich Fernerkundung der BGR, „aber wir müssen dennoch auch nach neuen Rohstoffressourcen suchen.“ Potenzielle Quellen sind allerdings nur durch verbesserte Explorationsmethoden oder das Auf-

finden neuer Vorkommen in schwer zugänglichen Gebieten zu erwarten, die wegen des gewaltigen Aufwands selbst in Zeiten der Rohstoffhausse nicht exploriert wurden.

Experten wie Martin Schodlok versprechen sich von hyperspektraler Fernerkundung Abhilfe, da man hierdurch die Oberfläche großer Gebiete nach vielversprechenden Vorkommen absuchen kann. Dabei wird die reflek-

tierte Strahlung der Sonne in einem breiten Spektralbereich vom sichtbaren Licht bis zum kurzwelligigen Infrarot gemessen. Jedes sichtbare Mineral sendet ein charakteristisches Muster zurück. Diese Information kann erste Anhaltspunkte für interessante Areale liefern. 2018 soll der deutsche Hyperspektral-Satellit EnMAP starten, der den Spektralbereich mit 220 Kanälen abdeckt. Die EnMAP-Messdaten sind für viele Bereiche interessant: die Bewertung der Vegetationsdichte und -qualität in der Ökosystemforschung, die Gewässerökologie und auch die Exploration von Bodenschätzen.

Wenn die Satellitendaten der EnMAP-Mission ab 2018 verfügbar sein werden, wollen die BGR-Experten sofort mit der Auswertung beginnen. Deshalb haben Mitarbeiter des Arbeitsbereichs Fernerkundung 2014 zur Vorbereitung der Satelli-



▲ Metasedimente mit Blei-Zink-Kupfer Mineralisationen nahe Aggeneys, Südafrika. Landsat 8 RGB Darstellung.

tenmission Geländeuntersuchungen in Südafrika durchgeführt, an die sich 2015 Flugzeugkampagnen mit Hyperspektral-Sensoren anschließen werden. „Wir müssen die Sensordaten verifizieren können“, berichtet Schodlok, der an den Geländemissionen teilgenommen hat.

Das Team suchte drei Lagerstättentypen in der entlegenen Nordkap-Provinz auf und führte dort spektrale Geländemessungen an anstehendem Gestein durch. Gesteinsproben wurden anschließend analysiert, um die Ergebnisse aus den Messungen zu überprüfen. Mit den für 2015 geplanten Flugzeugkampagnen sollen hyperspektrale Auswertungsverfahren für die Exploration weiterentwickelt und getestet werden. Das Klima der

Nordkap-Provinz ist vornehmlich arid und semi-arid, die Vegetationsdecke ist daher in der Regel dünn. Das kommt der Exploration mit Hyperspektral-Fernerkundung entgegen. Je schütterer der Bewuchs desto klarer das Boden-Signal. „Bei zu dichter Vegetation können wir nichts mehr erkennen“, sagt Martin Schodlok. Deshalb schied auch ein Versuchsgebiet in der weiter östlich gelegenen südafrikanischen Provinz Limpopo aus. Dort fällt mehr Regen, so dass dichtes Buschwerk und Savanne vorherrschen.

„Die Idee ist, mit den Ergebnissen der Geländearbeit und den Flugdaten sowie weiterer geowissenschaftlicher Informationen ein Expertensystem zur Charakterisierung von Lagerstätt-

ten aufzubauen“, erklärt Schodlok. Die Spektalsignaturen der einzelnen Minerale sollen in einer Datenbank abgelegt werden, mit deren Hilfe dann aus den EnMAP-Daten Mineralverteilungskarten oder geologische Karten erstellt werden können. Empfehlenswert ist diese Methode vor allem für weitgehend unerkundete, relativ unzugängliche und ausgedehnte Gebiete wie die wüstenhaften Regionen in Südafrika und Namibia oder die weiten Gebiete der Mongolei. Hier kann ein Satellit mit wenigen Überflügen erledigen, was sonst eine wochenlange und teure Geländekampagne erforderte.

Kontakt: **Dr. Martin Schodlok,**
Dr. Michaela Frei

Raumplanung auf einen Blick

Niedersächsisches Pilotprojekt bündelt Raumordnungspläne für die Rohstoffindustrie

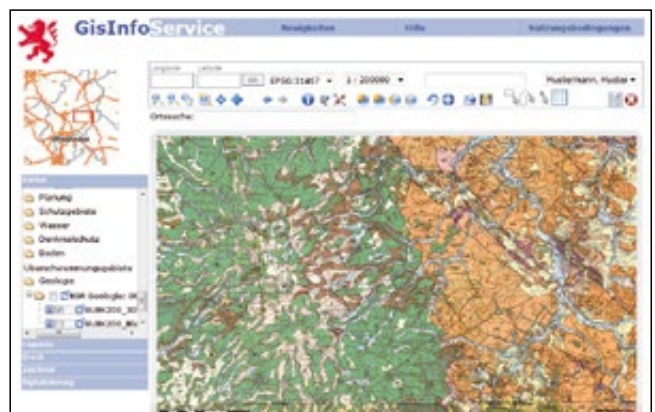
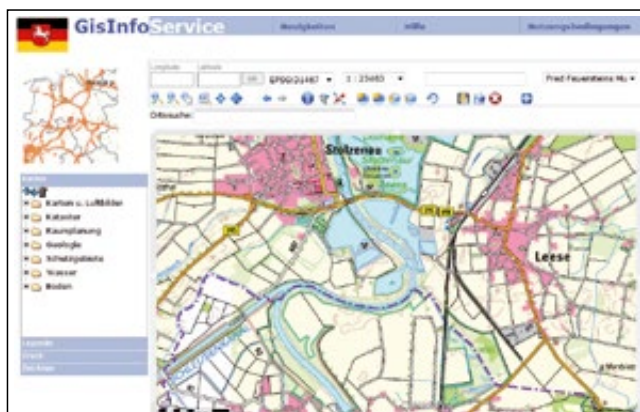
Geodaten werden in der Bundesrepublik von zahlreichen Behörden auf jeder föderalen Stufe erhoben. Sie stellen für Unternehmen einen wertvollen Informationsbestand dar, der aber schwer zu handhaben ist. Ein Pilotprojekt in Niedersachsen vernetzt jetzt dortige Rohstoffunternehmen und öffentliche Planungsorgane zum gegenseitigen Nutzen.

Deutschland ist durchaus ein rohstoffreiches Land. 2011 wurden hierzulande 770 Millionen Tonnen mineralischer Rohstoffe – vor allem Sand und Kies – gewonnen. Allerdings tritt der Rohstoffsektor in einem dichtbesiedelten Land wie der Bundesrepublik schnell in Konkurrenz zu anderen Ansprüchen. Eine

Vernetzung der staatlichen und privaten Geodaten kann frühzeitig vor möglichen Konflikten warnen, damit diese entschärft werden können. In Niedersachsen konnte ein Pilotprojekt zum gegenseitigen Datenaustausch 2014 mit ersten Ergebnissen aufwarten. Federführend war die Kommission für Geoinformationswirtschaft

(GIW-Kommission), deren Geschäftsstelle bei der BGR angesiedelt ist.

Den niedersächsischen Rohstoffunternehmen, die im Verband der Bau- und Rohstoffindustrie e.V. zusammengeschlossen sind, werden die Raumordnungspläne der Gebietskörperschaften gebündelt und in Form eines Webdienstes zur Verfügung gestellt. Das niedersächsische Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz sammelt die öffentlichen Daten. Für die Projekt-Teilnehmer erübrigt es sich dadurch, bei jeder einzelnen Kreisverwaltung anzufragen – stattdessen können sie die Daten internetgestützt in einer Karte einsehen. Im Gegenzug stellen wiederum die Rohstoffunternehmen Daten über Abbautätigkeit und Renaturierungsmaßnahmen zur Verfügung. Diese werden ebenfalls internetkonform aufbereitet und den Organen der Regionalplanung als



▲ Die Online-Anwendung GisInfoService ermöglicht Rohstoffunternehmen eine effizientere Betriebsplanung.

▲ Der GisInfoService umfasst ein breites Spektrum von Luftbildern und Katasterdaten bis hin zu unterschiedlichsten Fachinformationen aus den Bereichen Geologie, Umwelt, Naturschutz, Raumordnung und Wasserwirtschaft.

Webdienst zur Verfügung gestellt.

„Das ist ein großer Fortschritt im Austausch zwischen Wirtschaft und Verwaltung“, erklärt Lars Behrens, stellvertretender Geschäftsführer der Geschäftsstelle GIW-Kommission, „da diese Daten bislang einzeln gemeldet wurden.“ Damit die Informationen auch nur an die jeweiligen Adressaten gelangen, lizenzieren die Projektteilnehmer ihre Daten über die Online-Anwendung GeoLizenz.org, die auch von der GIW-Kommission initiiert wurde. Zwei Drittel der Verwaltungsdaten und die ersten Beiträge von Rohstoffunternehmen sind inzwischen eingepflegt.

Öffentliche Geodaten sind für viele Unternehmen unverzichtbare Grundlage ihrer Tätigkeit. Das Wirtschaftspotenzial der Informationen wird auf einige Milliarden Euro geschätzt. Allerdings ist es nicht ganz einfach, die Vielzahl an Datenquellen zu überblicken und sich schließlich im Dschungel der Nutzungsregelungen zurechtzufinden. Die GIW-Kommission unterstützt daher den Zugang zu diesen Daten in verschiedenen Projekten. Im Projekt GeoRohstoff entstand unter anderem der GisInfoService, der registrierten Nutzern den Weg zu den staatlichen Geodaten ebnet. 2006 wurde eine webbasierte Pilotanwendung in Baden-Württemberg in Betrieb genom-



Quelle: GIW/flytine-fofolia.com

▲ Für die Betriebe vor Ort ist effiziente Ressourcenplanung die Grundlage für wirtschaftlichen Erfolg.

men, inzwischen steht der Dienst den Rohstoffunternehmen in fast allen Bundesländern zur Verfügung und wird ständig ausgebaut. Das Datenangebot umfasst ein breites Spektrum von Luftbildern und Katasterdaten bis zu unterschiedlichsten Fachinformationen aus den Bereichen Geologie, Umwelt, Naturschutz, Raumordnung und Wasserwirtschaft.

In der seit 2004 bestehenden GIW-Kommission sind 23 Branchenverbände mit einem starken Bezug

zur Nutzung der Geodaten und das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie zusammengeschlossen. Die Kommission versteht sich als Vermittler zwischen den Behörden, die Daten erheben, und den Unternehmen, die sie nutzen. Das Beispiel aus Niedersachsen zeigt dabei, dass die Privatwirtschaft durchaus auch als Datenlieferant auftreten kann.

www.geobusiness.org

Kontakt: **Lars Behrens**

Ton unter der Lupe

Internationale Forschung im Tongestein des Schweizer Felslabors Mont Terri



▲ BGR-Mitarbeiter bei geowissenschaftlichen Messungen im Einlagerungstunnel im schweizerischen Felslabor Mont Terri.

Die Suche nach einem sicheren Endlager für hoch radioaktive Abfallstoffe bezieht neben Salz auch Tongestein als potenzielles Wirtsgestein ein. Um Tongestein näher ergründen zu können, forschen Wissenschaftler seit einigen Jahren im internationalen Felslabor Mont Terri in der Schweiz. In aktuellen Experimenten untersuchen sie den Einfluss einer simulierten Einlagerung auf den Zustand des umgebenden Gesteins.

Ende 2014 begann im Felslabor Mont Terri im Schweizer Jura ein Einlagerungsversuch im Maßstab 1:1. Die Schweizer Endlagergenossenschaft

Nagra deponierte drei Dummy-Lagerbehälter in Originalgröße in einem eigens aufgefahrenen, 50 Meter langen Tunnelsegment, um die ther-

mischen, hydraulischen und gesteinsmechanischen Prozesse zu studieren. Die Behälter werden elektrisch beheizt, damit sie dieselbe Hitze wie hoch radioaktive Abfälle abgeben. Die BGR ist an diesem Versuch beteiligt und untersuchte beispielsweise im Vorfeld, wie der Tunnel die Eigenschaften des umgebenden Gebirges beeinflussen könnte.

Die meisten Endlagerkonzepte sehen vor, den stark strahlenden Abfall für Hunderttausende von Jahren tief unter der Erdoberfläche in möglichst undurchlässigen Gesteinsformationen einzuschließen und so einen Sicherheitsabstand zur Biosphäre zu schaffen. Allerdings bleibt die Formation dabei nicht intakt, denn das errichtete Bergwerk verändert die Eigenschaften und den Zustand des Gebirges. Insbesondere in direkter Umgebung der Stollen und Tunnel ist mit Auflockerungen zu rechnen, durch die im Lauf der langen Lagerzeit Schadstoffe in die Umgebung gelangen könnten.

Wie sich Tongestein bei Einrichtung und Betrieb eines Endlagers mit hochradioaktiven und Wärme entwickelnden Abfällen verhält, testen aktuell 15 Forschungsorganisationen aus acht Staaten im internationalen Felslabor Mont Terri im Schweizer Jura. Der dort anstehende Opalinuston ist vergleichbar mit den Formationen in denen die Schweiz selbst

und Frankreich ihre Endlager errichten wollen. Auch in Deutschland kommen ähnliche Tongesteine neben Salz dafür in Frage. Die Versuche im Gestein sind eine notwendige Ergänzung zu Laborexperimenten, denn manche sicherheitsrelevante Eigenschaft des Tongesteins ist von seiner Lagerung und Schichtung abhängig und zeigt sich deshalb erst vor Ort.

In Mont Terri setzen die Endlagerforscher hochauflösende geophysikalische und geotechnische Methoden ein. Die BGR hat die Messmethoden und -geräte, die sie für Forschungen in Salz und Granit entwickelt hat, zusätzlich für den Einsatz im Tongestein angepasst. So wurde beispielsweise ein sogenannter Schlitzpacker entwickelt, um die richtungsabhängigen hydraulischen Eigenschaften des geschichteten Tongesteins untersuchen

zu können. Da Tongestein in der Regel geschichtet aufgebaut ist, sind auch die physikalischen Eigenschaften entlang und senkrecht zu diesen Schichten verschieden, somit auch die hydraulische Barrierewirkung.

Beim Einlagerungsversuch der Nagra hat die BGR deshalb sechs, bis zu 14 Meter lange Erkundungsbohrungen mit verschiedenen Orientierungen abgeteuft und darin Messungen durchgeführt. Dabei hat sich herausgestellt, dass die Durchlässigkeit in einer Zone von rund zweieinhalb Metern rings um den Tunnel merklich erhöht ist. Wird der Tunnel jedoch mit Spritzbeton ausgebaut, verringert sich diese Zone auf anderthalb Meter. Auch Modellberechnungen haben diesen Einfluss hydromechanisch gekoppelter Prozesse im Tongestein nachgewiesen. Zukünftig sollen



▲ Schlitzpacker für die Bestimmung der hydraulischen Anisotropie, der richtungsabhängigen hydraulischen Eigenschaft des Tongesteins.

BGR-Faktenblatt: Ton- und Tonsteinforschung

Welche Eigenschaften zeichnen Tongestein als Wirtsgestein für die Endlagerung besonders aus? Wie wird das Gestein „unter die Lupe“ genommen? Diese und weitere Fragen beantwortet das BGR-Faktenblatt „Ton- und Tonsteinforschung“. Interessierte erhalten ferner eine kurze Übersicht über die Arbeit der BGR auf dem Gebiet der Ton- und Tonsteinforschung für die Endlagerung hoch radioaktiver Abfälle. Im Auftrag des Bundes bearbeitet die BGR die geotechnischen und geowissenschaftlichen Fragen, die mit dem Thema Endlagerung in Verbindung stehen.

BGR-Faktenblatt „Ton- und Tonsteinforschung“ zum Download:

www.bgr.bund.de/faktenblatt-tonsteinforschung

Messmethoden und -ausrüstung entsprechend fortentwickelt werden, um sie auch an anderen Lokationen einsetzen zu können.

Kontakt: **Dr. Kristof Schuster,**
Dr.-Ing. Hua Shao

Blick in die ferne Zukunft

BGR-Experten unterstützen Untersuchungen zur Langzeitsicherheit des Endlagers Morsleben



Quelle: Sabine Nestler (2013)

▲ Tunnelartige Eishöhle unter dem Nordenskiöldbreen, Spitzbergen, die durch Abfluss von Gletscherschmelzwasser an der Basis des Gletschers entstanden ist. Solche Verhältnisse hat es in vergangenen Kaltzeiten auch am Standort Morsleben gegeben.

1971 richtete die DDR im ehemaligen Salzbergwerk Bartensleben ein Endlager für schwach und mittel radioaktive Abfälle ein. Das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) wurde bis 1998 genutzt. Nun soll es stillgelegt bzw. verschlossen werden. Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) hat die BGR und vier weitere Projektpartner mit Arbeiten im Rahmen der Langzeitsicherheitsanalyse für das ERAM beauftragt.

Bevor das Endlager stillgelegt werden kann, muss ein Planfeststellungsverfahren nach dem Atomgesetz durchgeführt werden. Dazu muss unter anderem eine Analyse zur Langzeitsicherheit des Endlagers vorgelegt werden. Nach der Stilllegung sollen die Radionuklide zuverlässig von der Umwelt ferngehalten werden, bis ihre Strahlung abgeklungen ist.

Gemeinsam mit vier weiteren Projektpartnern erarbeiten Experten der BGR hierfür einen Katalog der unterschiedlichen Ereignisse und Prozesse, die im Endlagersystem nach einer Schließung ablaufen bzw. auf das System von außen einwirken können. Die gesamte Bandbreite möglicher geologischer, geotechnischer, klimatischer und chemisch-physikalischer Faktoren wird hierfür betrachtet. Ziel ist es, herauszufinden, welche Faktoren auf den Endlagerstandort zukünftig einwirken werden, in welchen Abhängigkeiten sie zueinander stehen und mit welcher Wahrscheinlichkeit sie Auswirkungen auf die Sicherheit des Endlagers haben können. Aufbauend auf diesen Katalog werden anschließend Zukunftsszenarien entwickelt.

Im Rahmen der Zusammenarbeit konzentrieren sich die BGR-Wissenschaftler auf die aktuelle geologische Situation und untersuchen unterschiedliche geologische Abläufe.



▲ Gletscherspalte auf dem Harrietbreen, Spitzbergen, und Wüste. Bei der Prognose der zukünftigen Entwicklung des Endlagerstandortes muss auch geprüft werden, ob extreme klimatische Verhältnisse wie Vereisungen oder aride Klimabedingungen auftreten können.

Die Wissenschaftler analysieren beispielsweise den geologischen Aufbau des Salzgesteins und des umgebenden Gebirges. Die Dicke einzelner Gesteinsschichten, ihre relative Lage zueinander, das Gesteinsmaterial sowie die Durchlässigkeit der Gesteine für wässrige Lösungen und Gase und die Gesteinsspannung spielen dabei wichtige Rollen.

Auf diesen Ausgangszustand können in Zukunft unterschiedliche geologische Ereignisse und Prozesse einwirken. Die Experten betrachten zum Beispiel, ob sich ein Vulkan bilden könnte oder in welcher Stärke Erdbeben in der Region um Morsleben wahrscheinlich sind. Wenn dabei Klüfte und Störungen in den Gesteinsschichten entstehen, könnte das den sicheren Einschluss der radioakti-

ven Stoffe gefährden. Auch eine großflächige Hebung der Region nördlich des Harzes oder die Möglichkeit einer Gebirgsbildung in Norddeutschland werden betrachtet. Eine starke Hebung würde zu einer Abtragung der oberen Deckgebirgsschichten führen, und im Verlauf einer Gebirgsbildung könnte letztlich auch das Endlager freigelegt werden. Jedoch sind Vulkanismus, starke Heraushebung und Gebirgsbildung geologisch langfristig nicht wahrscheinlich.

Auf Klimaänderungen zurückzuführende Prozesse müssen ebenfalls berücksichtigt werden. Zukunftsprognosen gehen von einer Abkühlung des globalen Klimas nach einigen zehntausend Jahren aus. Deshalb bewerten die Wissenschaftler, ob eine Überdeckung des Endlagers mit In-

landeis möglich ist, und ob dabei Erosionsrinnen unter dem Eis entstehen können. Ein weiterer wichtiger Prozess ist das Auflösen von Salzgestein durch das Grundwasser im Deckgebirge. Dieser Prozess kann zunehmen, wenn der natürliche Grundwasserstrom am Standort durch Schmelz- und Gletscherwasser verstärkt wird.

Der Katalog der Ereignisse und Prozesse liefert eine transparente Basis für die Ableitung von Zukunftsszenarien und für weitere Systemanalysen zur Bewertung der Langzeitsicherheit des Endlagers.

www.bgr.bund.de/langzeitsicherheit

Kontakt: **Anke Christina Bebiolka**

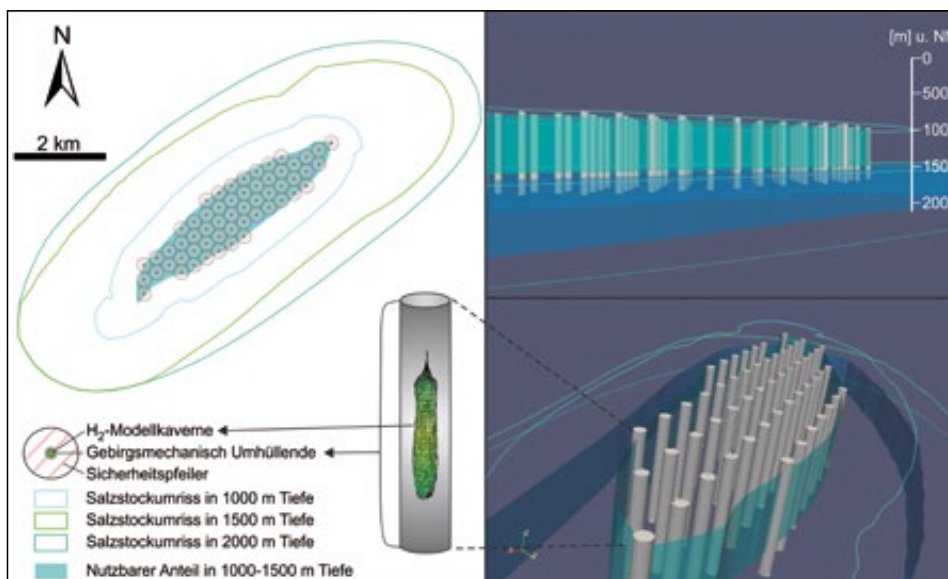
Den tieferen Untergrund nutzen

InSpEE: Informationssystem Salzstrukturen – Planungsgrundlagen, Auswahlkriterien und Potenzialabschätzung für die Errichtung von Salzkavernen zur Speicherung von Erneuerbaren Energien (Wasserstoff und Druckluft)

Speicherung regenerativer Energien

Verbundprojekt untersucht das Speicherpotenzial in norddeutschen Salzstrukturen

Norddeutschlands Salzstrukturen können als Zwischenspeicher für erneuerbare Energien dienen. Im Verbundprojekt InSpEE arbeiten Wissenschaftler derzeit an einem Überblick, welche der rund 700 Strukturen geeignet scheinen und wie viel Speichervolumen insgesamt zur Verfügung stehen könnte. Am Ende soll eine Datenbank Detailinformationen zu jeder einzelnen Struktur bereithalten.



▲ Umrisse einer Salzstruktur in unterschiedlichen Tiefen. Zwischen 1 000 und 2 000 Metern Tiefe sind die nutzbaren Anteile und die realisierbaren Wasserstoff-Modellkavernen abgebildet.

Quelle: KBB (verändert)

Mit der Energiewende hat sich Deutschland für den starken Ausbau der erneuerbaren Energien entschieden. Wind und Sonne sind aber keine regelmäßig nutzbaren Energiequellen und sie richten sich auch nicht nach der Nachfrage. Zwischen Angebot

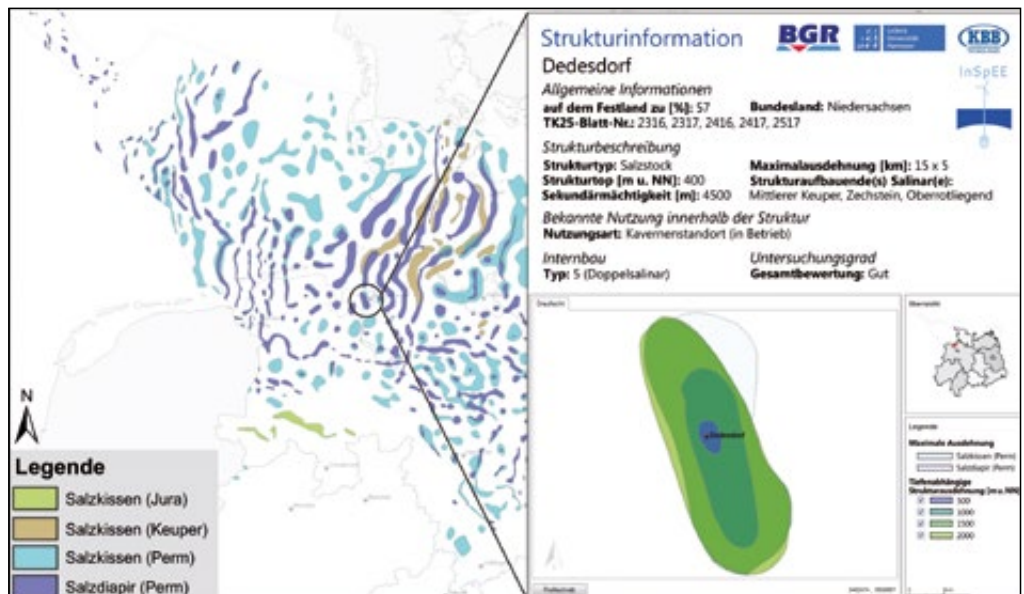
und Nachfrage vermitteln Energiespeicherwerke, die mithilfe des überschüssigen Stroms Druckluft oder Wasserstoff erzeugen und in Hohlräumen im geologischen Untergrund speichern. Mit dem Verbundprojekt InSpEE wollen Forscher der BGR, der

Leibniz Universität Hannover und der KBB Underground Technologies GmbH einen Überblick über die dafür geeigneten Salzstrukturen in Norddeutschland liefern.

Salzformationen sind besonders geeignet für solche Speicher, denn sie sind dicht und mechanisch stabil. Überdies ist das Material chemisch nahezu inert gegenüber den meisten Stoffen. Mehr als 300 Speicherkavernen gibt es daher bereits in deutschen Salzstrukturen – sie nehmen

vor allem Erdgas und -öl auf. Die Hohlräume sind üblicherweise 300 bis 400 Meter hoch und 50 bis 60 Meter im Durchmesser. Sie wurden gezielt durch die Spülung mit Wasser im Salzgestein – dem sogenannten Solverfahren – erstellt.

Etwa 700 Salzstrukturen existieren im Norddeutschen Becken. Sie entstanden während der vergangenen 250 Millionen Jahre und bilden heutzutage ein riesiges unterirdisches Gebirge von großer Formenvielfalt. Welche Struktur sich für die Untertagespeicherung eignet und wie viel Druckluft oder Wasserstoff gespeichert werden kann, ist derzeit nicht klar. Das



▲ Webbasiertes Informationssystem mit kavernenbaurelevanten Daten für norddeutsche Salzstrukturen.

Projekt InSpEE soll das ändern. Es ist Teil der bundesweiten Forschungsinitiative Energiespeicher und wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie finanziert.

Rund 300 Strukturen haben einen kriterienbasierten Auswahlprozess überstanden und kommen für eine nähere Untersuchung in Frage. Die anderen waren entweder zu klein, lagen zu tief oder ihr Salz war nicht rein genug, um für Speicherkavernen in Frage zu kommen. Weil aber auch nicht alle Bereiche eines Salzstocks für solche Hohlräume geeignet sind, entwickelten die Projektpartner ein Verfahren, wie sie den inneren Aufbau verschiedener Salzstrukturtypen aufgrund der vorliegenden Informationen prognostizieren können.

Bereits erkundete Strukturen, in denen Bergwerke oder Kavernenspeicher betrieben wurden und werden, lieferten Referenzwerte, damit potenziell nutzbare Anteile für derzeit nicht erschlossene Vorkommen abgeschätzt werden können. In Kooperation mit den Staatlichen Geologischen Diensten der Länder fertigte die BGR außerdem Tiefenschnittkarten an, damit die Ausdehnungen der Salzstrukturen in genau der Tiefe fassbar wurden, in der die Speicher geplant sind.

Am Institut für Geotechnik der Leibniz Universität in Hannover wurden die gebirgsmechanischen Anforderungen neu berechnet. Erdgas- oder Erdölkavernen werden in der Regel nur einmal im Jahr befüllt und wieder entleert. In einer stark auf erneuerbare Energien fokussierten Stromwirt-

schaft muss dagegen im Tages- oder Wochenrhythmus in die Speicher ein- und ausgespeist werden.

Auf diesen Grundlagen schätzt die KBB Underground Technologies GmbH das gesamte Energiespeicherpotenzial für Druckluft und Wasserstoff in den norddeutschen Salzstrukturen ab. Am Projektende wird es eine Datenbank geben, die alle relevanten Informationen zu jedem Standort in einem öffentlich zugänglichen Geoinformationssystem enthält und Genehmigungsbehörden, Wirtschaft und interessierter Öffentlichkeit verfügbar macht.

www.forschung-energiespeicher.info

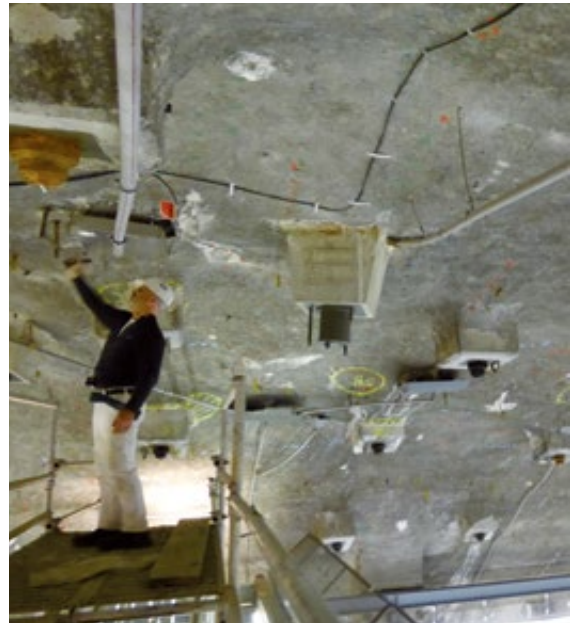
Kontakt: **Lukas Pollok**

Strom aus der Kaverne

BGR überwacht Standsicherheit des Pumpspeicherkraftwerks Waldeck II



▲ Luftbild der Speicherbecken Waldeck I und Waldeck II am Edersee in Hessen.



▲ Untersuchung des Spritzbetonausbaus im Firstbereich der Maschinenkaverne.

Das Pumpspeicherkraftwerk Waldeck II am Ederstausee ist mit Ausnahme der Speicherbecken komplett untertage angelegt. Seit Errichtung des Kraftwerks 1969 ist die BGR für die gebirgsmechanische Überwachung der Kavernen und Stollen zuständig. Auch an der geplanten Erweiterung sind die Ingenieure der BGR beteiligt.

Die beiden Pumpspeicherkraftwerke Waldeck I und II am Edersee bilden zusammen den viertgrößten Pumpspeicherkomplex Deutschlands. Die Wassermenge beider Speicherbecken entspricht einem Energiegehalt von 3,9 Millionen Kilowattstunden. So hoch ist ungefähr der Jahresstrombedarf von 1 500 Haushalten. Ein Pumpspeicherkraftwerk ist dazu gedacht, seine im Wasser gespeicherte Energie

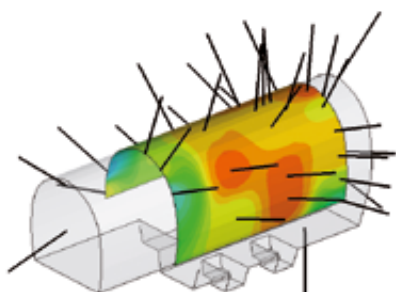
innerhalb kurzer Zeit abzugeben. Es speichert überschüssigen Strom, der bei schwacher Nachfrage nicht gebraucht wird, um ihn bei Bedarfsspitzen schnell ins Netz einzuspeisen.

Solche Speicherkapazitäten fehlen dem deutschen Netz noch, um es für einen hauptsächlich aus regenerativen Energien bestehenden Strommix fit zu machen. Denn Wind- und Son-

nenenergie fließen nicht stetig und auch nicht unbedingt dann, wenn die Stromkunden es wünschen. Daher wächst die Bedeutung der Pumpspeicherkraftwerke für die Energieversorgung: Sie können genau die nötige Pufferleistung bieten, um Angebot und Nachfrage im Nach-Energiewende-Strommarkt auszugleichen.

Die beiden Pumpspeicherkraftwerke

im hessischen Bergland entstanden allerdings zu einer Zeit, da noch niemand an die Energien von Wind und Sonne dachte. Sie dienten und dienen als Spitzenlastkraftwerke, wenn besonders viel Strom nachgefragt wird. Neu ist die zusätzliche Nutzung zur Bereitstellung von Regelenergie, wenn Wind- und Sonnenenergie ausbleiben. Das ältere Waldeck I stammt aus den frühen 1930er Jahren und ist von der konventionellen Art: Das Wasser zwischen den beiden Speicherbe-



▲ 3D-Modell der Maschinenkaverne mit Darstellung der Extensometer und Verformungen des Ausbaus.



▲ Maschinenkaverne während der Auffahrung mit kombiniertem Ausbau aus bewehrtem Spritzbeton und Systemankerung.

cken fließt durch oberirdisch verlegte Rohre. Waldeck II ist vier Jahrzehnte jünger und verfügt über mehr als die dreifache Leistung von 460 Megawatt. Bei diesem Kraftwerk rauscht das Wasser vom Oberbecken auf der Kuppe des Peterskopfes durch eine Druckleitung innerhalb des Gebirges in die Francis-Turbinen, die in einer gewaltigen Kaverne untergebracht sind.

Seit das Kraftwerk 1969 im Berg errichtet wurde, ist die BGR mit von der Partie. Sie beobachtet permanent das Gebirge und den Ausbau der Hohlräume, damit das Kraftwerk sicher betrieben werden kann. Neben der 100 Meter langen, 54 Meter hohen und 33 Meter breiten Maschinenkaverne überwacht sie die begleitenden Stollensysteme und das Wasserschloss, das dem Druckausgleich beim Öffnen und Schließen der Rohrleitung dient.

Die Besonderheit der Hohlräume liegt nicht nur in ihrer Größe, sondern auch in der Art der Gebirgssicherung: Die Konstrukteure kleideten sie einst mit Spritzbeton aus und sicherten sie zusätzlich mit Systemankern. Wird das Gestein über die Gebirgsfestigkeit hinaus beansprucht, kann sich das negativ auf die Sicherungssysteme und damit auch auf den Betrieb des Pumpspeicherkraftwerks auswirken. Deshalb werden die Sys-

teme regelmäßig mit zielgerichteten geotechnischen Messungen kontrolliert.

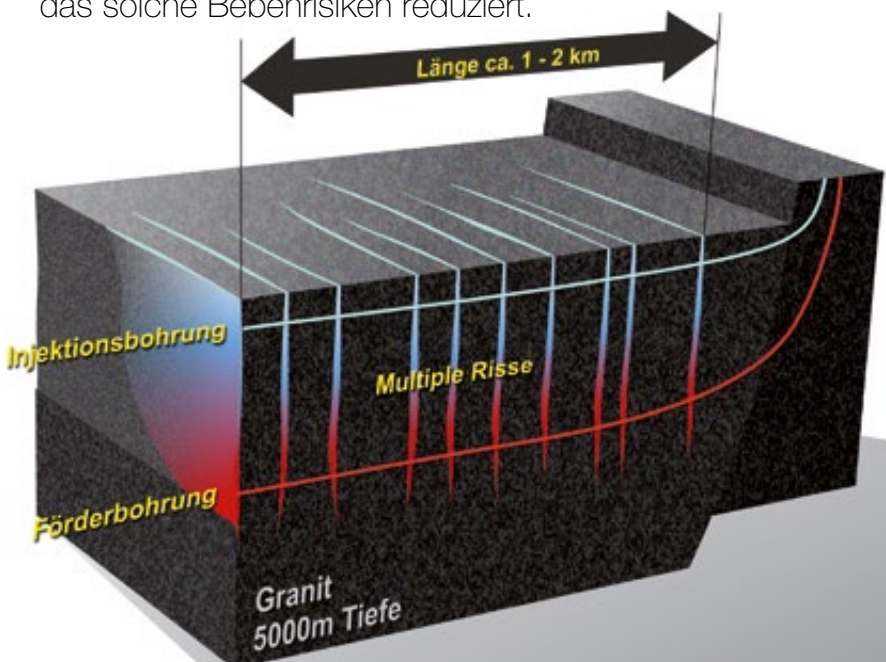
Noch mehr Regelenergie zur Stabilisierung des Stromnetzes soll die vom Betreiber E.ON Kraftwerke GmbH geplante Erweiterung des Pumpspeicherkraftwerks liefern. Eine zusätzliche 300-MW-Pumpturbine in einer separaten Kaverne und mit eigenen Wasserwegen wird die Leistung des Kraftwerks spürbar erhöhen. Die Pläne liegen derzeit auf Eis, doch wurden 2011 bereits ein Sondierstollen und eine Sondierkaverne nach der Neuen Österreichischen Tunnelbaumethode gebirgsschonend aufgeföhren. Sie zeigen, dass die Untergrundverhältnisse im Berg günstig sind und die Erweiterung aus geologischer Sicht möglich ist. Die geomechanischen Prozesse werden regelmäßig in den Sondierbauwerken durch die BGR erfasst und bewertet. Damit ist eine kontinuierliche Überwachung des Gebirgsverhaltens von der Erkundung bis zur Fertigstellung der Hohlräume und während des zukünftigen Betriebes sichergestellt. Wann die Erweiterung des Pumpspeicherkraftwerks in Angriff genommen wird, ist derzeit nicht absehbar.

Kontakt: **Christian Lege,**
Dr.-Ing. Jürgen Hesser

Multiriss minimiert Bebenrisiko

Konzeptstudie untersucht Verfahren für Geothermie im Kristallingestein

Tiefliegende, undurchlässige Gesteinsschichten haben in Deutschland das größte Geothermepotenzial. Für eine Gewinnung müssen allerdings Risse im Gestein erzeugt werden, was in Erdbebenzonen seismische Ereignisse oder Mikrobeben hervorrufen kann. In der Studie Multifrac untersuchte die BGR mit Partnern ein Konzept der Risserzeugung, das solche Bebenrisiken reduziert.



▲ Schema des unterirdischen Systems zur Erdwärmegewinnung durch multiple Risse. Kaltes Wasser wird in die obere Bohrung injiziert, erwärmt sich durch den Kontakt mit dem heißen Gestein entlang der Risse und wird als Heißwasser aus der unteren Bohrung gefördert.

Geothermie in tiefliegendem Kristallingestein wird bereits seit langem in Europa erforscht. Von 1987 an gab es im elsässischen Soultz-sous-Forêts

ein europäisches Forschungslabor, das 2008 als Kleinkraftwerk ans Netz ging. Hier wie auch im 150 Kilometer entfernten Basel kam es jedoch durch

die Erzeugung der Risse zu kleinen Beben. Im Baseler Fall beunruhigten die Beben die Anwohner so sehr, dass das Vorhaben abgebrochen werden musste.

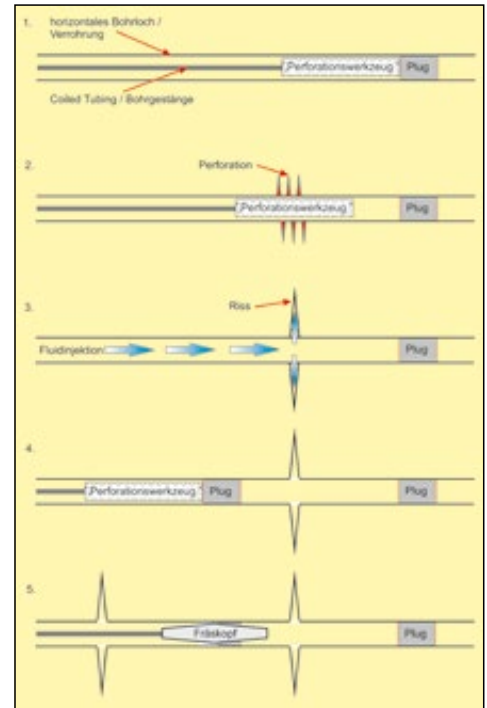
Die Konzeptstudie Multifrac hat für die sogenannte petrothermale Geothermie das alternative Multirisskonzept an einem Modell studiert. Angenommen wurden Bedingungen, wie sie in einem Granitkomplex in 5 000 Metern Tiefe herrschen. Für die geothermische Energiegewinnung aus dichten Gesteinen ist eine große Rissfläche notwendig. Es können aber auch viele kleine Rissflächen nacheinander erzeugt werden, wodurch eine effektivere Wärmegewinnung bei gleichzeitiger Reduktion eines Bebenrisikos möglich ist. Neben der BGR waren hieran die TU Bergakademie Freiberg und das Deutsche GeoForschungszentrum in Potsdam beteiligt.

Die Methode der multiplen Risse wird bereits bei der Erdgasförderung aus Sedimentlagerstätten eingesetzt. Im Unterschied zur Erdgasförderung wird für die Risserzeugung (Fracking) im kristallinen Gestein jedoch ausschließlich Wasser ohne Zusatzstoffe verwendet. Die Rissflächen dienen dann als Wegsamkeiten für das Thermalwasser und als Wärmetauscher, über die dem Gestein Wärme entzogen wird.

Im Projekt Multifrac konzentrierten sich die TU Bergakademie Freiberg und das GeoForschungsZentrum auf mechanische und hydraulische Prozesse während der Risserzeugung und im späteren Betrieb des untertägigen Systems. Die BGR untersuchte dagegen die technischen Herausforderungen bei vertikalen und horizontalen Bohrungen und dem anschließendem Fracking in fünf Kilometern Tiefe. Prinzipiell ist es möglich, auch in derart großen Tiefen horizontal in harten Granit zu bohren. Um die abgelenkte und horizontale Bohrlochsektion möglichst effektiv zu erbohren, wird der Einsatz eines „Rotary-steerable system“ empfohlen. Es gewährleistet sowohl einen guten Bohrfortschritt als auch einen optimalen Verlauf der Bohrung. Der große Durchmesser, den das Bohrloch bei Geothermieanlagen auch in der Horizontalen besitzen muss, führt

die Ingenieure allerdings an den Rand des derzeit technisch Machbaren.

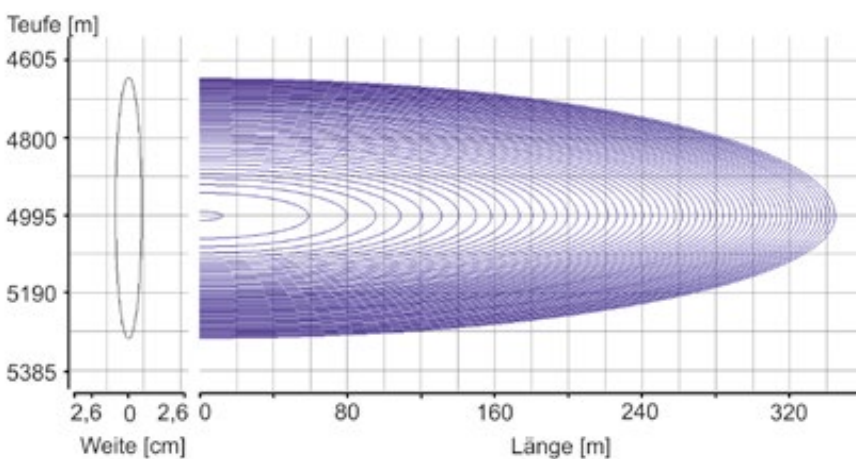
Die Erdgasindustrie hat verschiedene Methoden entwickelt, um multiple Risse im Untergrund zu erzeugen. Diese Verfahren können aber nicht ohne weiteres auch in Tiefen von fünf Kilometern eingesetzt werden, weil dort Temperaturen von mehr als 150 Grad Celsius herrschen. Als die aus technischer Sicht sicherste Variante zur Risserzeugung wird die sogenannte Plug&Perf-Methode angesehen: Dabei beginnt die Risserzeugung am Ende des Bohrlochs und wird dann abschnittsweise fortgesetzt. Jeder Abschnitt wird durch eine Art Stopfen – einem sogenannten „bridge plug“ – temporär nach oben abgedichtet. Am Schluss der Operation müssen die Stopfen ausgefräst werden, um die Bohrung wieder komplett zu öffnen. Simulationsrechnungen ergaben,



▲ Schematischer Ablauf einer multiplen Risserzeugung mit der Plug&Perf-Methode.

dass die Wasserinjektion ausreichend große Rissflächen erzeugt, um zwei Horizontalbohrungen im Abstand von einigen hundert Metern hydraulisch miteinander zu verbinden. So kann das thermale Wasser zwischen den Bohrungen zirkulieren.

Da bei Operationstiefen von fünf Kilometern vielfach die Grenzen des derzeit technisch Möglichen erreicht werden, besteht so ein hohes Fehlschlagsrisiko. Das Multiriss-Konzept sollte daher zunächst in geringeren Tiefen angewendet und später gegebenenfalls auf große Tiefen übertragen werden.



▲ Simulation der Rissausbreitung (Höhe und Länge) bei einer Injektion von 5 000 Kubikmeter Wasser mit einer Injektionsrate von 50 Litern pro Sekunde in ein gering durchlässiges Gestein. Die blauen Ringe symbolisieren die zeitliche Entwicklung des Risses in 5 000 Metern Tiefe.

Kontakt: **Dr. Torsten Tischner**

Im Steinbruch nachgeschaut

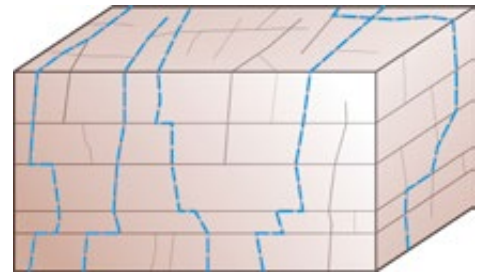
Übertägige Buntsandsteine liefern Informationen zur Klüftigkeit von CO₂-Speichergesteinen

Die Abscheidung und Speicherung von CO₂ (CCS) gilt in Deutschland als Brückentechnologie für einen begrenzten Zeitraum. Das Treibhausgas Kohlendioxid soll aber dauerhaft von der Atmosphäre ferngehalten werden. Daher untersuchen die BGR und weitere EU-Partner die Speicherfähigkeit von Buntsandsteinen.

Auch wenn Deutschland langfristig eine CO₂-arme Energieversorgung anstrebt, werden fossile Kraftwerke noch lange am Netz bleiben. In dieser Zeit könnte das Kohlendioxid, das sie ausstoßen, eingefangen, tief im Untergrund gespeichert und somit von der Atmosphäre ferngehalten werden. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass die tiefen geologischen Schich-



▲ Steinbruch im Badischen Bausandstein.



▲ Mögliche Wege für die Ausbreitung von Fluiden.

ten, in denen es gespeichert werden soll, auch wirklich dicht sind.

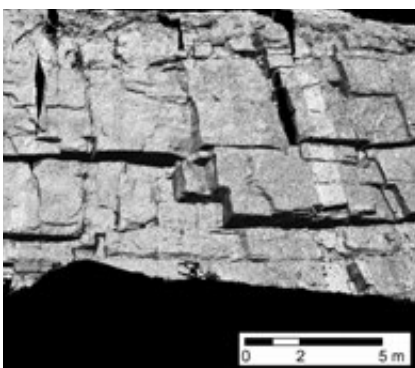
Für das EU-Projekt UltimateCO₂ hat die BGR die Speichereigenschaften von Sandsteinformationen untersucht. Diese Gesteine kommen in Deutschland in erster Linie für CO₂-Speicher in Frage. Sie sind zum Beispiel in Rotliegend- und Buntsandsteinabfolgen zu finden. Exemplarisch wurden die lithologischen, mineralogisch-geochemischen und physikalischen Eigenschaften von Kernproben aus etwa 670 Metern Tiefe untersucht. Die Kerne stammen aus Formationen mit natürlichen Kohlendioxid-Vorkommen. Das CO₂ entstand bei magmatischen Prozessen im oberen Erdmantel und stieg dann entlang von Klüftzonen auf. Die Kerne bieten die Möglichkeit, die natürlichen Produkte der Wechselwirkung zwischen Kohlendioxid, Formationswasser und Sandsteinen zu studieren.

Die Untersuchungen der Kernproben aus den tief liegenden Schichten geben jedoch keinen Aufschluss darüber,



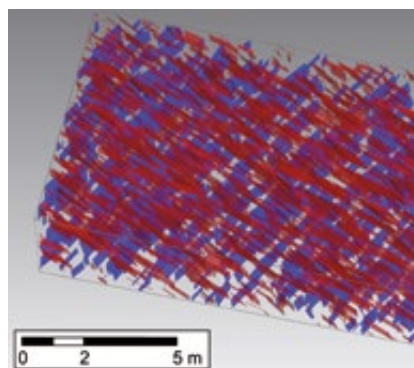
▲ Laserscanner im Geländeeinsatz.

wie stark solche Gesteine von Rissen und Klüften durchzogen sein können. Deshalb besuchten die Experten Steinbrüche des Mittleren Buntsandsteins im Raum Gaggenau, Nordschwarzwald, die als repräsentativ für die tiefliegenden Buntsandsteine etwa im Oberrheingraben angesehen werden.



▲ Modell der gescannten Gesteinsoberfläche.

Dort untersuchten sie in einer Aquifer-Analogstudie das Kluftnetz. Im Feld bestimmten die Geologen die räumliche Orientierung der Klüfte mithilfe von Gefügekompassen und erfassten deren Abstände und Längen. Ergänzend kam ein 3D-Laserscanner zum Einsatz, mit dem die Aufschlüsse in ihrer Gänze exakt



▲ Berechnetes 3D-Kluftmodell.

vermessen wurden. Die Gefügedaten wurden geostatistisch ausgewertet und in einem Gesamtmodell zusammengeführt, mit dem die Handmessungen ergänzt und abgesichert wurden.

Mit der Software SKUA-GOCAD™ und dem Fracture Modeling Modul (FracMV™) von Paradigm® erstellen die Geologen in einem weiteren Arbeitsschritt ein geologisches 3D-Kluftmodell, mit dem die Porosität und Permeabilität des geklüfteten Gesteins und somit seine Transporteigenschaften bestimmt werden können. Entscheidend für die Durchlässigkeit des Gebirges für Kohlendioxid und Fluide ist, ob die Klüfte ein verbindendes Bruchnetz bilden und das Gestein die sogenannte Perkolationschwelle erreicht. Wichtig ist außerdem, wie rau die Oberflächen der Klüfte sind und wie weit sich diese öffnen. Um diese Informationen zu erhalten, wurden weitere Feld- und Labormessungen an Kluftoberflächen mit unterschiedlichen optischen, geochemischen und mechanischen Verfahren durchgeführt, die das Kluftmodell ergänzen. Das Kluftmodell wird von anderen Verbundpartnern benutzt, um Szenarien zur Ausbreitung von CO₂ in Sandsteinschichten zu simulieren.

Kontakt: **Dr. Franz May,**
Axel Weitkamp

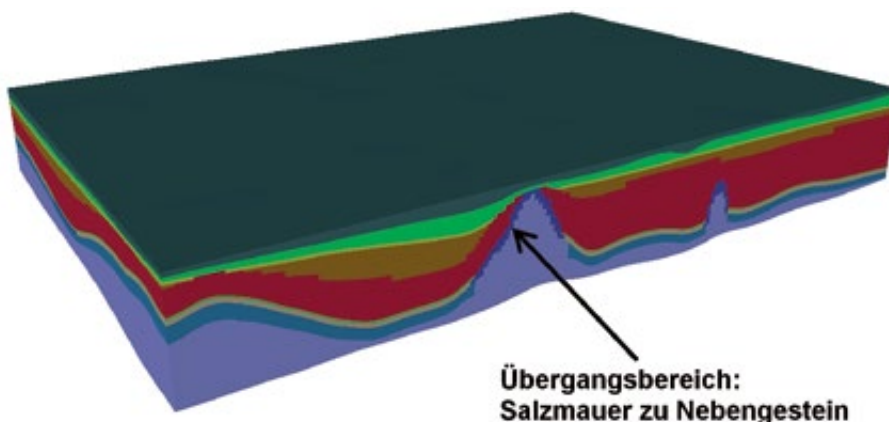
Den tieferen Untergrund nutzen

CO2BRIM: Mehrstufige und regionale Charakterisierung potenzieller CO₂-Speicherformationen unter besonderer Berücksichtigung von Soleaufstiegsrisiken – ein integrierter natur- und sozialwissenschaftlicher Ansatz

Auf Stakeholder-Wissen zurückgreifen

Transdisziplinäres Projekt modelliert Risiken der Kohlendioxidspeicherung in salinaren Aquiferen

Wenn in Deutschland nach Speichergesteinen für Kohlendioxid gesucht wird, geraten schnell die sogenannten salinaren Aquifere in den Blick: tief liegende mit stark salzhaltigem Wasser gefüllte Formationen. Das Projekt CO2BRIM untersucht die Risiken, die mit der Einleitung des Gases in die Sole führenden Schichten einhergehen und wählt dazu einen transdisziplinären Ansatz.



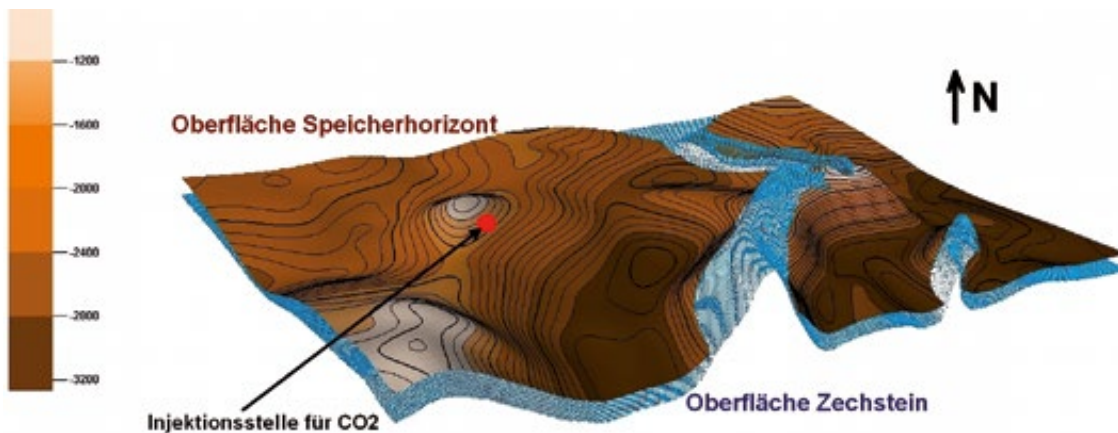
▲ Das geologische 3D-Strukturmodell der BGR wird für numerische Simulationen von CO₂-Injektionsszenarien verwendet. Der Übergangsbereich zwischen Salzmauer und Nebengestein wird in den Szenarien als ein potenzieller Migrationsweg betrachtet.

Tief gelegene, salzhaltiges Wasser führende poröse Gesteine sind grundsätzlich ideal als Speichergestein für große Mengen an Kohlendioxid. Al-

lerdings erhöht die Einleitung regional den Speicherdruck im Gestein, weil an der Injektionsbohrung das Salzwasser verdrängt wird. So könnte

noch in größerer Entfernung Salzwasser durch Schwachstellen im überlagernden Deckgebirge aufsteigen und im schlimmsten Fall oberflächennahe Trinkwasservorkommen verunreinigen. Wie sich das verdrängte Formationswasser im Untergrund verhält, ist daher eine Schlüsselfrage bei der Kohlendioxid-Speicherung in salinaren Aquiferen. An dem Projekt CO2BRIM, das diese Frage mit einem integrierten natur- und sozialwissenschaftlichen Ansatz verfolgt, sind, neben der BGR, das Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart als Projektkoordinator und die DIA-LOGIK GmbH beteiligt.

Die Geologen der BGR haben ein regionales 3D-Strukturmodell erstellt, das typische Charakteristika des geologischen Untergrundes in Nordwestdeutschland aufweist. Schon bei dieser Modellerstellung waren externe Interessenvertreter, sogenannte Stakeholder, mittels Experteninterviews und in Form eines Workshops eingebunden. Eine solche Beteiligung ist auf dem Gebiet der geologischen CO₂-Speicherung Neuland. Vertreter wissenschaftlicher Institutionen, von Behörden und Industrieunternehmen kommentierten anhand einer Prinzipskizze das im Bau befindliche Modell und markierten Schwächezonen im geologischen Deckgebirge sowie mögliche Migrationspfade für das Formationswasser.



▲ Tiefenlage der Oberfläche des Speicherhorizontes im Mittleren Buntsandstein. Der Speicherhorizont grenzt im Osten an eine lang gestreckte Salzmauer (Oberfläche Zechstein in blau).

Dabei kristallisierte sich heraus, dass die externen Fachleute den Übergangsbereich zwischen einer hoch aufragenden Salzmauer und dem Nebengestein als einen potenziellen Migrationsweg ansahen. Außerdem machten sie auf Fehlstellen im oligozänen Rupelton aufmerksam, einer in Norddeutschland weit verbreiteten Barriere zwischen hochgelegenen Süß- und tiefliegendem Salzwasser. Diese Schwächezonen könnten ebenfalls als Migrationsweg für die salzigen Wässer dienen.

Mit den Anregungen von außen haben die BGR-Geologen schließlich ihr Modell erstellt, das einen Sandsteinhorizont im Mittleren Buntsandstein als Speichergestein annimmt, der eine Mächtigkeit von 20 Metern aufweist. Der Speicherhorizont grenzt im Osten an eine Salzmauer. Weiterhin wurden Fehlstellen im Rupelton

eingebaut. Das realistische 3D-Strukturmodell zeigt mit elf geologischen Schichten den Aufbau des Untergrundes von der Zechsteinbasis bis zur Erdoberfläche. Die Ausmaße des Modells betragen 58 mal 39 Kilometer bei einer Mächtigkeit von rund vier Kilometern.

Für den Übergangsbereich zwischen Salzmauer und Speicherhorizont wurden in den Modellrechnungen allerdings zum Teil hohe bis sehr hohe Werte für die Durchlässigkeit angenommen, die als rein theoretische Annahmen aufzufassen sind, weil sie in der Natur so nicht auftreten können. Diese Ansicht vertraten auch die externen Experten. Die Annahmen stellten damit ein theoretisches Szenario dar, bei dem das Salzwasser nahezu ungehindert aufsteigen kann. Das Stuttgarter Institut für Wasserbau hat das Modell verwendet, um ver-

schiedene CO₂-Injektionsszenarien durchzurechnen. Die Auswertung der simulierten Speicherszenarien war zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses noch nicht erfolgt. Schon jetzt zeichnet sich aber ab, dass die Einbeziehung der Stakeholder zu einem besseren Verständnis der Prozesse im geologischen Untergrund führt und die Kommunikation mit der Öffentlichkeit verbessern könnte.

Kontakt: **Stefan Knopf**

Suche nach der idealen Barriere

BGR-Mineralogen erarbeiten Kriterien für Endlager-Bentonite

Tiefe Gesteinsformationen gelten derzeit als am besten geeignet, um hoch radioaktive Abfälle sicher und dauerhaft zu lagern. Die Behälter sollen in einigen Endlagerbauwerken zusätzlich mit Bentonit umgeben werden, einem Ton, der besonders gut gegen Wasser abdichtet. An der BGR wird an der optimalen Zusammensetzung dieses Materials für verschiedene Endlagerkonzepte geforscht.

In einer zwölfjährigen Studie hat die BGR die ersten Kriterien für die Auswahl des dafür am besten geeigneten Typs erarbeitet. Das Material quillt

sehr stark auf und hält überdies wegen seiner Porenstruktur und Oberflächenladung Schadstoffe zurück. Das ist besonders wichtig, wenn die Lagerung in Gestein geplant ist, das Wasser führen kann. Auf Mülldeponien wird der Ton schon seit Jahrzehnten wegen seiner Quellfähigkeit eingesetzt, doch bei einem Endlager für hoch radioaktiven Müll fehlen entsprechende Erfahrungswerte bislang.

Die Untersuchungen der BGR ergaben, dass manche Eigenschaften des Bentonits gesteuert werden können, indem das Rohmaterial bei der Produktion der Barrierelemente mehr oder weniger stark verdichtet wird. Die Stabilität der Tonminerale und damit der Barriere hängt aber von der Wahl des richtigen Bentonits ab. Er sollte keine oder nur wenig lösliche und/oder reaktive Komponenten besitzen, wie etwa organisches Material oder Schwefelverbindungen. Calcium-Bentonit ist dem Natrium-Bentonit überlegen, weil bei ihm die Erosionsgefahr geringer ist. Weniger Eisen in den Mineralen erhöht die Widerstandsfähigkeit gegen Hitze und die chemische Stabilität. Damit Lagerbehälter aus Eisen möglichst wenig angegriffen werden, sollten Tone mit hoher Schichtladungsdichte eingesetzt werden.



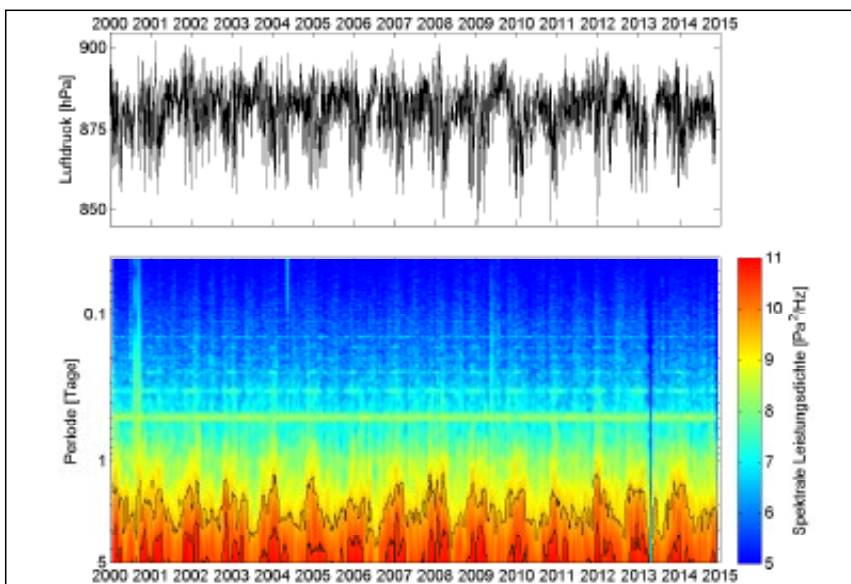
▲ Schematische Darstellung einer Multikomponentenbarriere und zehn wesentliche Faktoren für die Wahl des richtigen Bentonits.

Kontakt: **Dr. Stephan Kaufhold**

Atmosphärischen Wellen auf der Spur

Europäisches Forschungsprojekt misst die Dynamik in drei Stockwerken der Lufthülle

Wettervorhersagen sind zwar ziemlich zuverlässig geworden, dennoch können sich die Meteorologen mit längerfristigen Vorhersagen oft irren. Schuld daran ist die Dynamik in der Atmosphäre, die Wettermodelle nicht ausreichend erfassen. Abhilfe will das europäische Forschungsprojekt ARISE schaffen.



▲ Luftdruckdaten der Infraschallmessstation IS26 im Bayerischen Wald (oben) und Variationen der spektralen Leistungsdichte (unten) in einem Zeitraum von 15 Jahren. Jahres- und tageszeitliche Veränderungen verdeutlichen die Stärke und Dauer von Tiefdruckzellen sowie das Auftreten von Windfeldern in der oberen Atmosphäre.

Das Projekt ARISE kombiniert Messungen verschiedener Beobachtungsnetzwerke. Die BGR steuert die Daten der Infraschallmessstationen bei, die die Einhaltung des Kernwaffenteststoppvertrages (CTBT) überwachen

und ist maßgeblich an der Auswertung großer Datensätze beteiligt. Am französischen Observatorium Haute Provence, rund 100 Kilometer nördlich von Marseille, sind alle drei ARISE-Messtechnologien zum

ersten Mal an einem Ort versammelt. Eine LIDAR-Station vermisst die Erdatmosphäre mit Lasern. Infraschallsensoren belauschen die Wellenbewegungen in der Lufthülle und Infrarotspektrometer verfolgen das sogenannte Nachthimmelsleuchten in 90 Kilometern Höhe.

Bis an diese Obergrenze der Mesosphäre reichen die Messungen des Observatoriums. In 2014 wurden hier Wind- und Temperaturprofile erhoben und dann mit den Vorhersagen der Wettermodelle verglichen. Ergebnis: Die Modelle erfassen das Geschehen bis in 50 Kilometer Höhe im Bereich der Troposphäre und Stratosphäre recht gut, doch ab der Mesosphäre wurden sie zunehmend ungenau.

Der Grund: Die Simulationen erfassen verschiedene atmosphärische Wellensysteme, die Dynamik in die Lufthülle bringen, nur schlecht. Dazu gehören die hauptsächlich horizontal mäandrierenden Rossby-Wellen und Schwerewellen, die vertikal die Atmosphärenschichtung durchbrechen. Projekte wie ARISE sollen dazu dienen, dass diese Phänomene bei künftigen Messungen stärker berücksichtigt werden.

<http://arise-project.eu>

Kontakt: **Dr. Christoph Pilger**,
Dr. Lars Ceranna

Erdrutschgefahren sichtbar machen

BGR unterstützt pakistanischen Geologischen Dienst bei Gefährdungskartierung

Erdrutsche gehören zu den am häufigsten auftretenden Geogefahren im nordpakistanischen Bergland. Konkrete Informationen gibt es jedoch kaum. Ein deutsch-pakistanisches Projekt hat jetzt in einem Beispielgebiet die Gefährdung durch Rutschungen abgeschätzt.



▲ Unterbrechung der N15 Straße östlich von Paras, Distrikt Mansehra, in Pakistan durch eine Hangrutschung.



▲ Ein durch eine Hangrutschung zerstörtes Haus entlang der Straße Islamabad – Muzaffarabad in Pakistan.

Tiefeingeschnittene Täler mit steilen Hängen, dazu der Monsun, der regelmäßig sintflutartigen Regen bringt: In Nordpakistan sind Erdrutsche an der Tagesordnung. Da die stark wachsende Bevölkerung immer größere Flächen beansprucht, baut sich ein

erhebliches Risiko für Menschen und Infrastruktur auf.

„Solche Risiken sind bislang nicht berücksichtigt worden“, erklärt BGR-Projekt Koordinatorin Annette Lisy. Der Grund ist einfach: Die

entsprechenden Informationen sind nicht vorhanden. Daher hat die BGR mit dem pakistanischen Geologischen Dienst im Distrikt Mansehra ein Pilotprojekt gestartet. Der Bezirk in der nördlichen Khyber Pakhtunkhwa Provinz ist Schwerpunkt der deutsch-pakistanischen Entwicklungszusammenarbeit.

BGR-Experten haben zusammen mit ihren einheimischen Kollegen die Erdrutsche kartiert und in eine Inventar-Datenbank eingepflegt. Die Daten flossen mit Informationen über die allgemeine Geologie und Tektonik, über die Landnutzung, die Vegetation und das Klima in eine Gefahrenhinweis-Karte über die Erdrutschanfälligkeit ein.

„Jetzt sind wir soweit, für den Distrikt die Risiken abschätzen zu können“, sagt Dr. Dirk Balzer, BGR-Arbeitsbereichsleiter im Fachbereich Gefährdungsanalysen, Fernerkundung. Dafür werden derzeit die geologischen Informationen über die Gefährdung noch mit Daten über die Bevölkerung, Siedlungen, Straßen oder Krankenhäuser zusammengeführt und ausgewertet. Mit den Informationen können die Gemeinden des Gebiets auch geologische Risiken in ihrer Raumplanung berücksichtigen.

Kontakt: **Dr. Dirk Balzer,**
Annette Lisy

Vor Geogefahren schützen

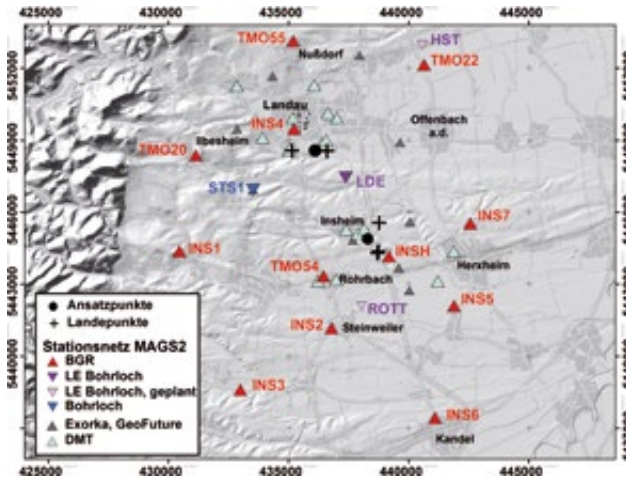
MAGS2: Vom Einzelsystem zur großflächigen Nutzung

Unter gegenseitigem Einfluss?

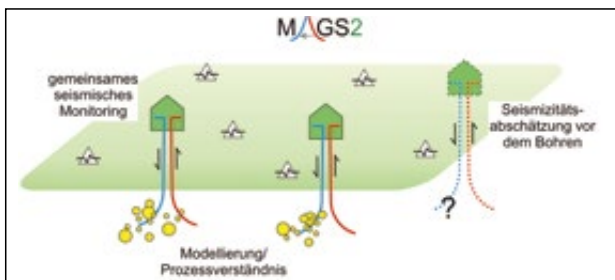
Verbundprojekt untersucht Seismizität in Geothermiefeldern

Im Süden von Bayerns Landeshauptstadt München und in der Südpfalz liegen die Geothermieprojekte nur jeweils wenige Kilometer auseinander. Im von der BGR koordinierten Verbundprojekt MAGS2 wollen die Wissenschaftler herausfinden, wie die seismische Aktivität in einer Region mit mehreren Anlagen überwacht werden kann.

Quelle: Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Landeserhebungsamt Rheinland-Pfalz.



▲ Seismisches Netz um die Kraftwerke in Landau und Insheim.



▲ Prinzipskizze der drei Schwerpunkte in MAGS2.

Erdbeben gehören zu den Begleiterscheinungen, die durch die Errichtung und den Betrieb von Erdwärmekraftwerken ausgelöst werden können. „Entscheidend für die Akzeptanz ist, dass wir wissenschaftlich klar darlegen, ob es bei Mikrobeben bleibt oder ob eine Gefahr für Menschen und Gebäude bestehen kann“, sagt der Geophysiker Dr. Ulrich Wegler von der BGR.

Die Forscher gehen die Aufgabe mit seismologischen Überwachungsnetzen und mit probabilistischen Gefährdungsanalysen an, die eine Wahrscheinlichkeit abschätzen, mit

der Geothermieprojekte Erdbeben mit bestimmten Bodenschwinggeschwindigkeiten auslösen können. Mit MAGS2 weiten die BGR und ihre Projektpartner die Untersuchungen jetzt auf Geothermiefelder aus, denn es ist unklar, ob sich benachbarte Projekte gegenseitig seismisch beeinflussen.

Im Süden Münchens ist ein alle Standorte umfassendes, gemeinsames Sensornetz geplant, das die Aktivität im Untergrund überwachen, aber auch die Datengrundlage für Modelle für die probabilistische Gefährdungsanalyse liefern soll. Nach Projektende soll das Netz von den Geothermi-

eunternehmen weiterbetrieben werden. Im südpfälzischen Arbeitsgebiet mit den Erdwärmekraftwerken in Landau und Insheim wird das bereits in MAGS errichtete, übergreifende seismische Netz genutzt. Hier sollen genaue geologisch-tektonische Modelle erstellt werden, mit denen Experten die räumliche Verteilung der Erschütterungen an der Erdoberfläche vorhersagen können.

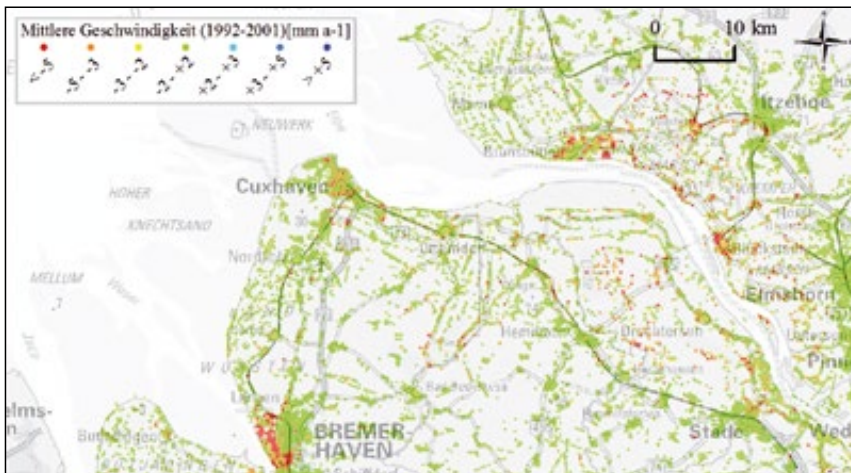
www.mags-projekt.de

Kontakt: **Margarete Vasterling,**
Dr. Ulrich Wegler



Bewegungsmelder in der Umlaufbahn

ESA-Erdbeobachtungssatellit liefert Daten für bundesweite Bodenbewegungskarte



▲ Vertikale Bodenbewegungsraten an Elbe- und Wesermündung basierend auf Radar-Satelliten Daten.

Selbst im tektonisch meist ruhigen Deutschland stellen Bodenbewegungen eine Gefahr für Gebäude und Infrastruktur dar. Erdbeobachtungssatelliten liefern ganz neue Möglichkeiten, die Bewegungen der Erdoberfläche zu verfolgen. Die BGR plant die Erweiterung ihres Geoviewers so, dass diese Daten beispielsweise auf Karten abgebildet werden können.

Senkungen in Bergbauregionen, Erdbeben, Erdrutsche, Hebungen und Senkungen in der Umgebung der Salzlager in Norddeutschland sind nur ein paar Beispiele dafür, dass der Untergrund in Deutschland keineswegs unbewegt ist. Einzelne Objekte wie Talsperren, Deiche oder Brücken werden daher mit bodengebundenen Vermessungs-

methoden überwacht. Satelliten tasten dagegen mit ihren Radarantennen ganze Landstriche in hoher räumlicher Auflösung und mit regelmäßigen Wiederholungen ab. Mit Fernerkundungsmethoden wie der Persistent Scatterer Interferometrie (PSI) lassen sich daraus Bodenbewegungen für große Regionen ableiten.

Innerhalb des europäischen Erdbeobachtungsprogrammes Copernicus entwickeln die BGR und das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) gemeinsam mit kleinen und mittelständischen Unternehmen eine Bodenbewegungskarte. Sie wird auf Daten der brandneuen ESA-Mission Sentinel-1 beruhen, deren erster Satellit im April 2014 startete.

Geplant ist eine Karte, die Gebiete mit Bodenbewegungen in ganz Deutschland zeigt. Das DLR übernimmt dabei federführend die Verarbeitung der Satellitendaten, die BGR die Validierung, Kalibrierung und Verknüpfung mit bundesweit verfügbaren Geodaten. Für potenzielle Bewegungsgebiete werden dann zur weiteren räumlichen Verifizierung beispielsweise Daten der TerraSar-X Mission herangezogen. Zurzeit wird eine Karte für ein Pilotgebiet in Niedersachsen erarbeitet, die noch auf den Daten des ERS1/2 Satelliten und auf TerraSAR-X Daten beruht. Sobald die Sentinel-Daten verfügbar sind, wird nach und nach eine entsprechende überregionale Darstellung für ganz Deutschland generiert.

www.bgr.bund.de/radarfernerkundung

Kontakt: **Dr.-Ing. Thomas Lege,**
Dr. Michaela Frei

Bergbau in Afrika

BGR leistet Hilfestellung bei entwicklungsorientierter Gestaltung des Rohstoffsektors

Afrikas Reichtum an Bodenschätzen bildet eine gute Grundlage für Entwicklung und Wohlstand. Die BGR unterstützt drei afrikanische Staaten dabei, ihre Verwaltung auf die nachhaltige Regulierung und Steuerung des Bergbausektors auszurichten.

In Burundi baut das Bergbauministerium mithilfe der BGR eine Lagerstätten-Datenbank auf, die alle notwendigen Informationen für die Vergabe von Explorationslizenzen zusammenführt. Zusätzlich ist ein digitales Bergbaukataster geplant, das die staatliche Verwaltung der Abbaulizenzen effizienter machen wird. Investoren und den Betreibern des einheimischen Kleinbergbaus wird das Kataster mehr Rechtssicherheit bieten. Die Bewertung der Umweltverträglichkeit bei geplanten Berg-

bauprojekten ist das dritte Feld der Zusammenarbeit.

Dem Bergbauministerium in Mosambik helfen die deutschen Experten, seine technischen Kapazitäten und Entscheidungsgrundlagen bei der Genehmigung neuer Bergbauprojekte zu verbessern. Dadurch kann das Land seinen Rohstoffsektor nachhaltiger entwickeln und steuern. Daneben soll das neu gegründete Geologie- und Bergbauinstitut des Landes mit BGR-Unterstützung das Potenzial

der nicht-metallischen Rohstoffe, vor allem der Baurohstoffe, erfassen. Der Bausektor gilt gemeinhin als ein Motor für die wirtschaftliche Entwicklung.

Mauretanien erhält Hilfe bei der Diversifizierung des Bergbausektors, um die Abhängigkeit vom konjunkturanfälligen Eisenerzabbau zu verringern. Die BGR berät daher die zuständigen Behörden bei der Systematisierung der geologischen Wissensbasis und der wirtschaftlichen Bewertung von Lagerstätten nichtmetallischer Rohstoffe. Außerdem sollen Informationsangebote für Investoren aufgebaut und verbessert werden.

Kontakt: **Dr. Dirk Küster**



▲ Kleinbergbau auf Zinnstein und Tantalit im Norden Burundis.



▲ Kupfer-Tagebau bei Akjoujt in Mauretanien.

Grundwasser rückt in den Fokus

BGR bereitet Mitarbeiter der Nigerbeckenbehörde auf die Zukunft vor

Seit 1964 kümmert sich die Nigerbeckenbehörde (ABN, Autorité du Bassin du Niger) um das Wassermanagement im Einzugsgebiet des drittlängsten afrikanischen Flusses. Mit BGR-Hilfe baut die Behörde jetzt ein integriertes Grundwassermanagement auf.

Der Niger ist die Lebensader für einen großen Teil des Sahels. Sein topographisches Einzugsgebiet ist mit 2,2 Millionen Quadratkilometern halb so groß wie das Gebiet der Eurozone. Rund 105 Millionen Menschen leben hier, verteilt auf neun Staaten. Der Strom mit seinen Nebenflüssen ist zentral für die Wasserversorgung und die Wirtschaft. Die ABN setzt sich als

zwischenstaatliche Organisation für eine Harmonisierung der nationalen Wasserpolitiken und ein nachhaltiges integriertes Wassermanagement in der Region ein.

Die BGR berät im Auftrag des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung die ABN beim Aufbau eines umfassenden, regionalen Grundwassermanagements, denn bisher lag der Fokus der Behörde auf den Oberflächengewässern, den Flüssen und Seen. Doch das Grundwasser wird zukünftig wichtiger werden für die Wasser-

versorgung und wirtschaftliche Entwicklung. Mit Schulungen für Mitarbeiter der ABN und nationaler Fachbehörden sowie mit hydrogeologischen Grundlagenarbeiten legen die deutschen Experten das Fundament für effektiven Grundwasserschutz. Zusätzlich wurden grenzüberschreitende Regionen identifiziert, in denen Grundwasserprobleme zu Konflikten führen können. Im Pilotgebiet Niamey, der nigrischen Hauptstadt, wurde zudem ein Messnetz installiert, mit dem die Quantität und Qualität der Vorkommen überwacht werden kann. BGR-Untersuchungen ergaben, dass das Wasser an der Mehrzahl der Messstellen Niameys bakteriell belastet war. Inzwischen sind vergleichbare Arbeiten im zweiten Pilotgebiet zwischen Benin, Nigeria und dem Niger angelaufen.



Quelle: Sven Menge

▲ Grundwassermessungen an einem Überwachungsbrunnen in Niamey.

versorgung und wirtschaftliche Entwicklung.



Quelle: Philip Dorian Schuler

▲ Die Wasserversorgung wird im Sahel häufig über einfache, kollektiv genutzte Handpumpen gewährleistet.

Kontakt: **Martin Jäger**

Potenzial für eine nachhaltige Entwicklung

ASEAN-Staaten wollen Bergbauaufsicht aufbauen

Die Staaten Südostasiens sitzen allesamt auf reichen Bodenschätzen, der Rohstoffsektor gehört zu den Hoffnungsträgern für die Entwicklung der zumeist noch sehr armen Länder. Die BGR unterstützt einzelne Länder der Südostasiatischen Staatengemeinschaft (ASEAN) beim Aufbau einer effektiven Bergbauaufsicht.

Auf einem Workshop in der laotischen Hauptstadt Vientiane stellten Experten der Bundesanstalt und ihre Partner aus Laos, Vietnam und der Mongolei Projekte ihrer Kollegen aus anderen ASEAN-Staaten vor. Diese Projekte mit Schwerpunkt Bergaufsicht stehen allesamt vor vergleichbaren Herausforderungen.

Gastgeber Laos modernisiert gerade mit deutscher Hilfe die Aufsicht über den Rohstoffsektor des Landes, um ihn in nachhaltige und für die gesamte Gesellschaft nützliche Bahnen zu lenken. Der Bergbau erwirtschaftet schon jetzt mehr als zehn Prozent des Bruttoinlandsproduktes (BIP) und ist nach dem Tourismus der zweitgrößte Devisenbringer. Bereits 2020 soll ein Fünftel des BIP aus dem Rohstoffsektor kommen.

Das Kooperationsprojekt zielt auf die Qualifizierung der Mitarbeiter in



▲ Dorf in Laos.

den Aufsichtsbehörden, ihre Ausrüstung mit dem notwendigen Material und die Schaffung eines vernünftigen Regulierungsrahmens nach internationalen Standards. All das soll den Rohstoffsektor nachhaltig entwickeln, so dass sowohl Ökonomie als auch Umwelt profitieren. Ein vergleichbares Projekt in Myanmar wird gerade begonnen. Das Land unternimmt große Anstrengungen, die Wirtschaft nach Jahren der Isolation voranzu-

bringen. Im Shan-Staat an der Grenze zu Laos und China sollen nachhaltige Strukturen für den dortigen Bergbau aufgebaut werden. Auch hier steht die Schulung des Personals im Vordergrund.

Kontakt: **Dr. Arne Hoffmann-Rothe**

Nachhaltigkeit für mehr Wohlstand

Entwicklungsinitiative für den Rohstoffsektor liefert bedarfsgerechte Konzepte

Entwicklungs- und Schwellenländer sind bedeutende Rohstofflieferanten Deutschlands. Im Auftrag der Bundesregierung entwickelt die BGR gemeinsam mit der Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit (GIZ) Konzepte für die Etablierung einer nachhaltigen Rohstoffwirtschaft in Entwicklungsländern.



▲ Bergsicherheit – Minenarbeiter mit Sicherheitskleidung.

Die Globale entwicklungspolitische Rohstoffinitiative (GERI) ist das Vorhaben, mit dem die BGR und die Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit (GIZ) neue Konzepte

für die Entwicklungszusammenarbeit im Rohstoffsektor entwickeln und in der Praxis testen. Die Initiative wird im Auftrag des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung umgesetzt. Sie stärkt das entwicklungspolitische Engagement Deutschlands im Rohstoffsektor und unterstützt ressourcenreiche Entwicklungsländer beim Aufbau einer nachhaltigen Rohstoffwirtschaft. Ein zentraler Aspekt ist dabei, die Industrieunternehmen als Schlüsselakteure des Sektors einzubinden.

Innerhalb von GERI wurde das Mining Governance Assessment (MGA) konzipiert. Ziel des MGA ist die systematische und umfassende Bewertung von Investitionsbedingungen im Rohstoffsektor. Berücksichtigt

werden unter anderem der Rechtsrahmen, die vorliegende Infrastruktur sowie die Qualifikation von Arbeitskräften. Zielgruppen sind sowohl die mittelständische Industrie als auch Regierungen. Mit diesem Vorhaben sollen Entwicklungsländer bei ihren Reformanstrengungen im Rohstoffsektor unterstützt werden, um diesen Bereich für Investitionen attraktiver zu machen. Das Vorhaben wurde an der Mining Indaba in Kapstadt im Februar 2015 vorgestellt und wird gemeinsam mit der Weltbank-Gruppe umgesetzt.

Weiterhin wird aktuell das Konzept Enterprise around Mining (EAM) entwickelt, um eine strukturelle Wirtschaftsentwicklung in Bergbauregionen zu fördern. Dabei liegt der Fokus auf einer Stärkung der regionalen Wirtschaft. Dem Engagement internationaler kleiner und mittelständischer Unternehmen fällt dabei eine Schlüsselfunktion zu. Sie beleben die Ausbildung von Fachkräften und schaffen durch den Transfer von Technologien zukunftsfähige Wirtschaftsstandorte – auch jenseits des Bergbaus. Einen speziellen Fokus richtet EAM zudem auf Baurohstoffe, die auch für die Entfaltung anderer Wirtschaftssektoren, beispielsweise im Wohnungsbau, von großer Bedeutung sind.

Kontakt: **Dr. Sven Renner**

Kein Test bleibt unentdeckt

Feldübung der Kernwaffentestkontrolleure in Jordanien war erfolgreich

Seit 1996 gibt es den Internationalen Kernwaffenteststoppvertrag. Überwachungsnetzwerke umspannen bereits die Erde und entdeckten so die nordkoreanischen Atomwaffentests 2006, 2009 und 2013. Tritt das Abkommen in Kraft, ermitteln Inspektorenteams im Verdachtsfall vor Ort. Im vergangenen Jahr gab es eine groß angelegte Übung für einen solchen Verdachtsfall. Experten der BGR waren mit dabei.



▲ Nach dem ersten Hubschrauberflug über das Inspektionsgebiet werden verdächtige Objekte oder Bereiche festgelegt, die von Inspektorenteams näher in Augenschein genommen werden. Auf der Basis dieser Ergebnisse werden weitere Messungen und Untersuchungen geplant.



▲ Inbetriebnahme einer seismologischen Station zur Erfassung von möglichen Nachbeben. Der Vorgang wird von einem staatlichen Vertreter des zu kontrollierenden Landes begleitet.

„Die größte Herausforderung war die Größe und Unzugänglichkeit des Gebiets“, bilanziert der Geophysiker Nicolai Gestermann seinen Einsatz als Inspektor zur Überwachung des Internationalen Kernwaffenteststopp-Vertrages in Jordanien. Zusammen mit seinem BGR-Kollegen Dr. Malte Ibs-von Seht und fünf weiteren Deutschen nahm Gestermann 2014 an der ersten großen Übung IFE14 (Integrated Field Exercise 2014) seit

sechs Jahren teil, die von der UN-Organisation CTBTO (Organisation des Vertrages über das umfassende Verbot von Nuklearversuchen) in dem haschemitischen Königreich veranstaltet wurde. Gestermann war als einer von 40 Inspektoren sechs Wochen lang vor Ort, um in der Wüste östlich des Toten Meers die Fahndung nach einem unerlaubten Atomwaffentest unter möglichst realistischen Bedingungen zu proben. „Wir haben

der Welt gezeigt, dass es absolut hoffnungslos ist, eine nukleare Explosion vor uns verbergen zu wollen“, verkündete CTBTO-Exekutiv-Sekretär Lassina Zerbo nach Ende der Übung zufrieden.

Rund 200 Experten waren an der Übung beteiligt, viele davon waren hinter den Kulissen für Planung und Logistik zuständig. In Jordanien trafen die 40 Inspektoren auf ein

vergleichbar starkes Team, das die Vertreter eines zu kontrollierenden Staates spielte. „Und das haben sie wirklich überzeugend gemacht“, kommentierte Gestermann. In einem rund 1 000 Quadratkilometer großen Gebiet der jordanischen Wüste mussten die Inspektoren dann den Ort finden, an dem der vorgebliche Atombombenversuch stattgefunden hatte. Bei der Übung ließ man dafür drei kleine Sprengstoffpakete explodieren und setzte etwas radioaktives Edelgas frei.

Die CTBTO-Mitarbeiter fahndeten mit einem eigens aufgebauten seismologischen Netzwerk nach den Nachbeben der Explosionen und suchten auf Kontrollflügen nach anderen verdächtigen Hinweisen. Gestermann war unter anderem für die Auswertung der seismologischen Daten verantwortlich – eine Aufgabe, der er sich auch in seinem Hauptberuf bei der BGR widmet. Dort ist der Geophysiker im Arbeitsbereich Monitoring und Verifikation unter anderem für die Überwachung der künstlich hervorgerufenen Erdbeben zuständig, die etwa die Erdgasförderung in Norddeutschland verursacht.

Für das Seismometernetzwerk ließ die CTBTO eigens 30 Stationen aus ihrem Hauptquartier in Wien einfliegen. „Aufgebaut“, so Gestermann, „haben wir dann letztlich 16.“ Mehr



▲ Die genaue Bestimmung der Position der seismologischen Stationen, wie sie hier von zwei Inspektoren ermittelt wird, ist die Grundvoraussetzung für die anschließende Auswertung der erfassten Bodenbewegungen, in denen sich Hinweise auf mögliche Nachbeben verbergen können.

konnte unter den örtlichen Umständen nicht installiert werden. Der Aufbau und Betrieb der Stationen war sehr zeitintensiv und die Stationen zogen sehr viel Aufmerksamkeit auf sich. Mit welcher Empfindlichkeit das so reduzierte Netzwerk Erschütterungen registrierte wird derzeit noch untersucht. Ein voll ausgebautes Stationsnetz kann sehr kleine Erdbeben mit einer Magnitude bis -2 registrieren.

Nachdem die Seismologen den Ort der „Kernwaffenexplosion“ eingekreist hatten, kamen Teams mit speziellen Edelgasdetektoren zum Einsatz, die die radioaktiven Spuren von Atomexplosionen aufspüren können. „Es ist die Kombination aus mehreren Technologien, mit der wir letztendlich einen Kernwaffentest nachweisen“, so Gestermann. Allerdings können die CTBTO-Mitarbei-

ter derzeit nur für diesen Ernstfall üben, denn ihnen fehlt die Kontrollberechtigung. Der Vertrag ist noch nicht in Kraft getreten, weil acht Staaten mit kernwaffenfähiger Technologie ihn noch nicht ratifiziert haben.

Und so bleiben nur gemeinsame Übungen. Gestermann hat seine Ausbildung zum CTBTO-Inspektor 2010 begonnen. Seither haben sich die Teilnehmer des Programms mehrmals im Jahr zu Schulungen und kleinen Tests getroffen. Die letzte große Feldübung fand 2008 in Kasachstan statt, denn diese Veranstaltungen sind teuer und aufwendig. Doch der Aufwand im vergangenen Herbst hat sich gelohnt. „Die gesamte Zusammenarbeit war ausgesprochen gut“, resümiert Nicolai Gestermann zufrieden.

Kontakt: **Nicolai Gestermann,**
Dr. Malte Ibs-von Seth

■ Lebensgrundlagen erhalten | **DENANA: Designkriterien für Nachhaltige Nanomaterialien**

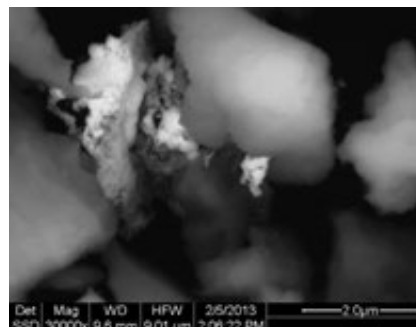
Künstliche Nanopartikel

Versuche sollen Mobilität im Boden klären

Nanopartikel sind in vielen Bereichen auf dem Vormarsch. Nanosilber etwa desinfiziert in Krankenhäusern Wände, unterdrückt in Hemden und Socken Schweißgeruch und verhindert an Hausfassaden, dass sich Algen festsetzen. Welche Wirkung die winzigen Teilchen in der Umwelt entfalten, wenn sie freigesetzt werden, ist dagegen weitgehend unbekannt. Das Verbundvorhaben DENANA des Bundesministeriums für Bildung und Forschung will entsprechende Erkenntnisse liefern und bis 2017

Designkriterien für nachhaltige Nanomaterialien entwickeln.

Im Projekt untersuchen BGR-Experten zusammen mit Kollegen der Leibniz-Universität Hannover und weiterer Forschungseinrichtungen am Beispiel von verschiedenen Nanopartikeln, wie mobil diese in der Umwelt sind. Die Forscher verfolgen in Versuchen, ob die Partikel in verschiedenen Böden und Boden-Klärschlamm-Gemischen verbleiben oder ins Grundwasser gelangen können.



▲ Wechselwirkung zwischen einem Silbernano-partikel und einem Ferrihydrit.

Erste Ergebnisse sollen noch dieses Jahr vorliegen.

Kontakt: **Martin Hoppe,**
Dr. habil. Elke Fries

■ Lebensgrundlagen erhalten | **FRESHM: FRESH Salt groundwater distribution BY HELICOPTER ELECTROMAGNETIC SURVEY IN THE PROVINCE OF ZEELAND**

Hubschrauber misst Leitfähigkeiten

BGR untersucht Salzgehalt des Grundwassers in der niederländischen Provinz Zeeland



▲ BGR-Hubschrauber mit Messsystem.

Die niederländische Provinz Zeeland an der Grenze zu Belgien besteht weitgehend aus Inseln und Halbin-

seln im Mündungsbereich der Schelde – klassisches Küstenland, geprägt durch den intensiven Kontakt mit der Nordsee. Eine groß angelegte Flugkampagne mit dem BGR-Hubschrauber soll jetzt die Verteilung von Süß- und Salzwasser im zeeländischen Untergrund kartieren. Hierzu arbeitet die BGR mit den niederländischen Forschungs-

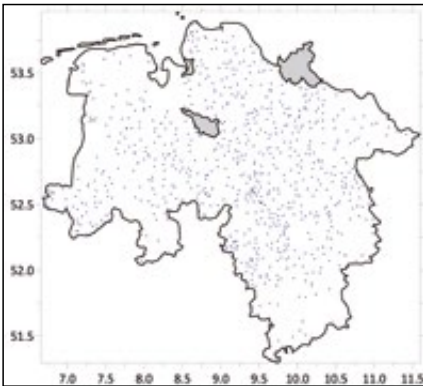
instituten Deltares und TNO im Projekt FRESHM zusammen, um ein dreidimensionales Modell der Grund-

wasserversalzung zu erstellen.

Der Hubschrauber schleppt bei jedem Messflug eine rund zehn Meter lange Elektromagnetiksonde und misst damit die elektrische Leitfähigkeit des Untergrundes bis in eine Tiefe von etwa 100 Metern. Die Leitfähigkeit von Wasser steigt mit dem Salzgehalt an. So lassen sich die unterschiedlichen Salzgehalte im Grundwasser erkennen. Im Herbst 2014 fanden die ersten Flüge statt. Weitere sollen in 2015 folgen.

Kontakt: **Dr. Bernhard Siemon**

■ Lebensgrundlagen erhalten | **Methan-Hintergrundwerte im Grundwasser Niedersachsens**



▲ Rund 900 Messstellen des Grundwasserüberwachungsnetzes Niedersachsens sind für die Analyse der gelösten Kohlenwasserstoffe vorgesehen.

Die Erdgasförderung unter Einsatz des Fracking-Verfahrens und die geothermische Energiegewinnung sind nicht zuletzt umstritten, weil eine Gefährdung des Grundwassers durch aufsteigende Gase oder andere Fluide befürchtet wird.

Umfassende Informationen über die

Natürliche Methankonzentrationen im Grundwasser

Verbundprojekt ermittelt Hintergrundwerte für Niedersachsen

natürlicherweise im Grundwasser gelösten Kohlenwasserstoffe sind daher notwendig. Allerdings gibt es für das Bundesland Niedersachsen derzeit keine flächendeckenden Angaben zu Methan, Ethan oder Propan. Nur für einige Projektgebiete liegen Daten vor. Untersuchungen aus Großbritannien und den USA zeigen jedoch, dass die Gehalte örtlich sehr unterschiedlich sein können.

Das Projekt Methan-Hintergrundwerte im Grundwasser Niedersachsens

soll bis 2018 flächendeckend die Konzentration der drei Gase im Grundwasser ermitteln. Im Herbst und Winter 2014 wurden an etwa 900 Messstellen die ersten Proben genommen. Das Verbundprojekt von BGR, dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie und dem Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz veröffentlicht die Daten über den NIBIS-Kartenserver.

Kontakt: **Dr. Stefan Schlömer**

■ Lebensgrundlagen erhalten | **HYMDAS: Hydrogeological Monitoring – Database & Analysis System**

Maßgeschneiderte Lösungen

Modulares Expertensystem für das Grundwassermanagement



▲ Modul-Piktogramme: Die Anwendung entsteht durch eine Kombination und Anpassung vorgefertigter Module.

Modernes Grundwassermanagement kommt nicht ohne die kombinierte Auswertung von Daten aus verschiedenen Messnetzen aus. Eine zielgerichtete Strategie zur Erhebung, Verarbeitung und Auswertung dieser Informationen ist daher wichtig. Die BGR hat mit der Entwicklung

des modularen Expertensystems HYMDAS begonnen, mit dem ein solches Vorgehen umgesetzt werden kann. Es besteht aus einer zentralen Datenbank, in der alle relevanten Informationen qualitätsgesichert abgelegt werden, und einer grafischen Benutzeroberfläche für den leichten Umgang mit diesen Daten.

Das Expertensystem soll innerhalb von Projekten der technischen Zusammenarbeit eingesetzt werden

und kann an die Anforderungen und Möglichkeiten der Partner vor Ort angepasst werden. Die langjährige Erfahrung hat gezeigt, dass sich diese Systeme nur so erfolgreich etablieren lassen. Der Arbeitsaufwand hierfür soll künftig weiter sinken, indem das System modularisiert, Quellcodes wiederverwendet und Lösungen für die automatische Anpassung der Benutzeroberfläche entwickelt werden.

Kontakt: **Martin Blümel**

■ Rohstoffversorgung sichern | **Deutsche Rohstoffagentur – Rohstoffmonitoring**

Informationen für Unternehmen

Rohstoffmonitoring bietet Hilfen zur Einschätzung der Märkte

Deutschland ist von Rohstoffimporten abhängig. Die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der BGR beobachtet daher das Marktgesche-

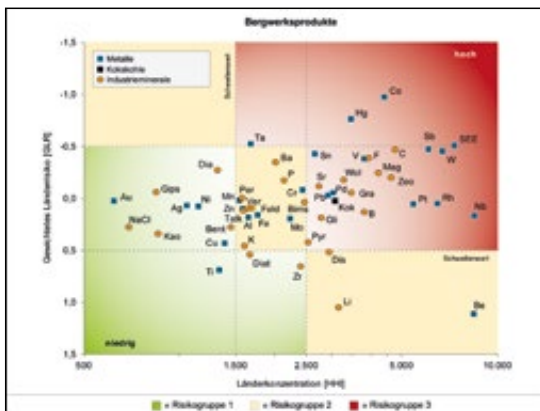
hen für die wichtigsten mineralischen Rohstoffe.

Ziel ist es, deutsche Unternehmen für Preis- und Lieferrisiken zu sensibilisieren und ihnen zu helfen, passende Ausweichstrategien zu entwickeln. Die Produkte des Monitorings sind auf den Internetseiten der DERA verfügbar. Außerdem führt sie Rohstoffdialoge und Industrieworkshops zur Information interessierter Unternehmen durch.

Geboten werden regelmäßige Analysen der Angebotskonzentration auf den Märkten für mineralische Rohstoffe sowie der mittel- bis langfristigen Nachfrage. Der monatlich veröffentlichte Preis- und Volatilitätsmonitor spiegelt die aktuellen und historischen Preisentwicklungen wider. Für einzelne potenziell kritische Rohstoffe erarbeitet die DERA detaillierte Risikoanalysen.

www.deutsche-rohstoffagentur.de/rohstoffmonitoring

Kontakt: **Dr. Martin Schmitz,**
Sonja Göcke



Quelle: DERA-Rohstoffatlas 2014

▲ Länderkonzentration und gewichtetes Länderrisiko der Bergwerksförderung für das Jahr 2012 – Grüner Bereich: geringes Risiko, gelber Bereich: mittleres Risiko, roter Bereich: erhöhtes Risiko.

■ Rohstoffversorgung sichern | **Secondary Mining – Gewinnung strategischer Elemente**



▲ Ausfällungen von Mobilisaten auf der Haldenoberfläche: Eisenhydroxide (rötlich) und Kupfersulfate (blau, weiß).

Chile ist der größte Kupferproduzent der Welt. Täglich werden in dortigen Tagebauen Millionen Tonnen Erz abgebaut und, wenn das Metall herausgelöst ist, auf Halden deponiert. Dieser Abraum ist jedoch keineswegs wertlos, sondern enthält viele weitere interessante Elemente – wenn auch in

Kooperation mit Chile

Experten wollen Wertstoffe aus Bergbauhalden gewinnen

geringen Gehalten. Mit dem Projekt SecMinStratEl will ein deutsch-chilenisches Konsortium, an dem die BGR beteiligt ist, diese Schätze heben.

An einigen Abraumhalden wollen die Projektpartner – darunter auch chilenische Bergbauunternehmen – demonstrieren, wie die Wertstoffe aus dem Haldenmaterial gewonnen werden können. Zunächst müssen dafür die Halden auf ihre Struktur und Zusammensetzung hin untersucht werden. Das soll geophysikalisch und

geochemisch geschehen. Als zweiten Schritt will man geeignete Aufbereitungsverfahren entwickeln. Abschließend soll der Rest langfristig sicher gelagert werden. Auf diese Weise wäre ein großes Umweltproblem des Landes gelöst.

www.bgr.bund.de/SecMinStratEl

Kontakt: **Dr. Dieter Rammlmair,**
Wilhelm Nikonow

■ Den tieferen Untergrund nutzen | **BASAL: Verbreitung und Eigenschaften flach lagernder Salzschichten in Deutschland**

Flach lagernde Salzformationen

BGR aktualisiert die geologischen Daten

Für die Endlagerung hoch radioaktiver Abfälle werden weltweit die möglichen Wirtsgesteine Salz, Tonstein und Granit untersucht. Im Projekt BASAL vervollständigt und aktualisiert die BGR im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie die Informationen zu flach lagernden Salzschichten in Deutschland.

Im Dezember 2014 erschien ein erster Zwischenbericht, in dem alle flach lagernden Salinarformationen anhand von Verbreitungskarten und charakteristischen Bohrungsaufschlüssen dargestellt werden. Zusätzlich enthält er



▲ Starobinsker Lagerstätte in Belarus – flach lagernde, rhythmisch aufgebaute Salzschichten.

neu zusammengestellte Angaben zum Aufbau und zu den Mächtigkeiten so-

wie zur Tiefenlage der Steinsalzfolgen.

Bis Ende 2019 werden ergänzende Informationen über Verbreitung und Zusammensetzung, die geologischen Lagerungsverhältnisse sowie die endlagerrelevanten Eigenschaften der Salzgesteine zusammengetragen. Neben mineralogisch-geochemischen Untersuchungen werden auch geomechanische Laborversuche und Modellberechnungen zur Endlagerung in flach lagernden Salzschichten durchgeführt.

Kontakt: **Dr. Jörg Hammer**

■ Den tieferen Untergrund nutzen | **Untersuchungen von Gesteinseigenschaften im Labor**

Neue Aufgaben für Ingenieure

Prüfmaschine für Tongesteine wird entwickelt

Die zunehmende Bedeutung der Tongesteinsforschung für die Industrie stellt die Wissenschaftler der BGR vor neue Herausforderungen. Das gesteinsphysikalische Labor der BGR entwickelt daher eine neue Triaxialprüfmaschine, um Tongesteine vielseitiger und genauer testen zu können.

Herzstück ist eine Volumenmesszelle, die Störeinflüsse auf die Volumensmessung systematisch reduziert. So wird das Flüssigkeitsvolumen durch

eine Anpassung der inneren Druckzelle an die Größe des Prüfkörpers minimiert und die Temperatur durch Peltier-Elemente gesteuert. Drei ineinander laufende Zylinder garantieren eine Volumenkonstanz der Zelle bei axialen Verformungen. Ein Druckgleichgewicht zur äußeren Druckzelle verhindert, dass sich die innere Messzelle bei Änderungen des Manteldrucks verformt. Eine weitere Herausforderung sind die Dichtungen: Sie dürfen die Messungen nicht durch Reibung stören und bei Druckände-

Tonstein-Prüfkörper: Sandige Fazies des Opalinuston aus dem schweizerischen Mont Terri UntertageLabor mit einem Durchmesser von zehn Zentimetern. ►



rungen oder Bewegungen das Volumen der Messzelle nicht verändern.

Für die Entwicklung der Volumensmesszelle sucht die BGR derzeit einen Partner, bevorzugt im universitären Bereich. Die Prüfmaschine soll 2016 einsatzbereit sein.

Kontakt: **Dr. Werner Gräsle**

■ Den tieferen Untergrund nutzen | **TUNB: Potenziale des unterirdischen Speicher- und Wirtschaftsraumes im Norddeutschen Becken**

Den Untergrund im Blick

Strukturgeologisches 3D-Modell des Norddeutschen Beckens in Arbeit



Die geologischen Dienste der norddeutschen Bundesländer und die BGR werden in den kommenden sechs Jahren ein dreidimensionales strukturgeologisches Modell des tieferen Untergrundes im Norddeutschen

Becken erarbeiten. Das Projekt TUNB soll eine bessere Informationsgrundlage für die steigenden Nutzungsansprüche an den Untergrund liefern. Neben die Kohlenwasserstoffförderung und -speicherung tritt die Geothermie. Interessant ist jedoch vor allem das Speicherpotenzial des tieferen Untergrundes, zum Beispiel für erneuerbare, mithilfe von Wind oder auch Sonne gewonnener Energie.

Das Modell wird bis zu dreizehn der markantesten stratigrafischen

Flächen sowie Störungen und Salzstrukturen umfassen und die von den Bundesländern erstellten Teilmodelle nahtlos und konsistent integrieren. Perspektivisch sollen Angaben zu Volumina und Gesteinseigenschaften hinzukommen, damit Nutzer die erforderlichen Informationen für die Potenzialbewertung gleich aus dem Modell ableiten können.

Kontakt: **Dr. Gabriela von Goerne,**
Dr. Christian Müller

■ Den tieferen Untergrund nutzen | **Computertomographie für die Strukturanalyse von Tongesteinen**

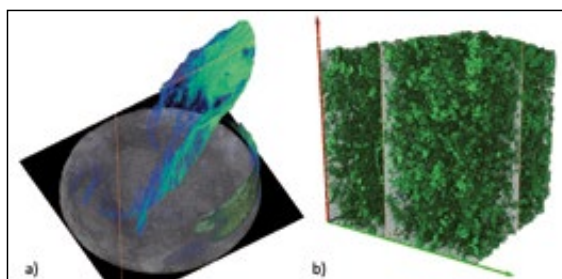
Unsichtbares sichtbar machen

Computertomograph bildet Belastungsversuche ab

Tongesteine bestehen meist aus verschiedenen Tonmineralen mit einem Korndurchmesser unter 0,002 Millimetern. Sie sind damit in ihrem Aufbau und mechanischem Verhalten komplexer als beispielsweise Salzgesteine. Unter Belastung laufen in ihnen auch kompliziertere petrophysikalische Prozesse ab.

Wissenschaftler der BGR wollen im gesteinsphysikalischen Labor der BGR herausfinden, wie sich die Struktur und der Zusammenhalt von Tongesteinen im Verlauf eines

Festigkeitsversuches verändern. Mit bloßem Auge und von außen sind die winzigen Minerale und strukturellen Veränderungen im Gestein nicht sichtbar.



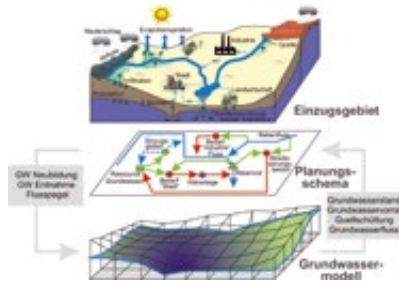
▲ 3D-Risssystem in einem Tongesteins-Prüfkörper mit einem Durchmesser von 100 Millimetern und einer Länge von 180 Millimetern (a). 3D-Karbonatpartikel-Verteilung in einem Tonstein. Die Probengröße beträgt 2,5 x 2,5 Millimeter (b).

Deshalb entwickeln die BGR-Experten eine spezielle triaxiale Gesteinsprüfzelle, die auch für Röntgenstrahlung durchlässig ist. Damit kombinieren sie eine Gesteinsprüfmaschine und einen Computertomographen. Der Computertomograph bildet die in der Probe ablaufenden, gesteinsphysikalischen Prozesse zeitgleich ab. Eine Bildauswertung macht Veränderungen im Gesteinsverband, zum Beispiel Risse, sichtbar.

Kontakt: **Dr. Annette Kaufhold**

■ Geowissen entwickeln und vernetzen | **Integriertes Wasserressourcenmanagement:
Kopplung von Entscheidungssystemen und Grundwassermodellen**

Entscheidungshilfe für Wassermanager



▲ Schematische Darstellung der WEAP-MODFLOW Kopplung.

Die Menschheit deckt weltweit ihren Wasserbedarf zu mehr als 50 Prozent aus Grundwasservorräten. Damit diese Vorkommen nachhaltig, also dauerhaft, genutzt werden können, müssen die zur Verfügung stehenden Mengen realistisch abgeschätzt und bewirtschaftet werden. Computer-

Programmpaket koppelt Planungssoftware mit Grundwasserströmungsmodell

gestützte Entscheidungsunterstützungssysteme liefern den zuständigen Institutionen die dafür notwendigen Informationen. Sie kombinieren Planungssysteme für die Entwicklung von Wasserbedarf und -versorgung mit Grundwasserströmungsmodellen, die das Ressourcenverhalten im Untergrund abbilden.

Ein solches gekoppeltes System ist das weitgehend frei verfügbare Programmpaket, an dessen Entwicklung und Anpassung die BGR seit

Jahren beteiligt ist. Es verbindet die Planungssoftware WEAP des Stockholm Environment Institute mit dem dreidimensionalen Grundwasserströmungsmodell MODFLOW des US-amerikanischen Geologischen Dienstes. Die Schnittstelle zwischen beiden Komponenten soll jetzt so erweitert und verallgemeinert werden, dass künftig auch andere Grundwasserströmungsmodelle eingesetzt werden können.

Kontakt: **Dr.-Ing. Sara Ines Vassolo**

■ Polarregionen erforschen | **CASE: Circum-Arctic Structural Events**

Expedition CASE 17

Geologie Spitzbergens verrät viel über die Arktis



▲ Für vier bis acht Wochen schlagen Geologen an den einsamen Küsten des Eismeeres ihre Camps auf wie hier am Isfjorden/Spitzbergen im Sommer 2012.

Fast 250 Millionen Jahre lang lag Spitzbergen im Zentrum des Großkontinents Laurasia, bis dieser vor etwa 125 Millionen Jahren ausein-

anderbrach. Dabei entstand unter anderem der Arktische Ozean. „Für die Wissenschaft ist die Inselgruppe daher ein Schlüsselgebiet für die geologische Entwicklung der Arktis“, so Dr. Karsten Piepjohn.

Er wird im Sommer 2015 die BGR-Expedition CASE 17 leiten. Eine Gruppe von Geologen wird im äußersten Nordosten Spitzbergens die Entstehung des kaledonischen Grundgebirges genauer erkunden, die vor 550 Millionen Jahren die Bildung von Laurasia einleitete.

Auf Spitzbergen finden sich auch Gesteine, die repräsentativ für die angrenzende Barentssee sind. Eine zweite Gruppe wird daher an der Südküste des Eisfjords im Zentrum der Insel Sedimentproben nehmen, mit denen das Potenzial an Erdöl ermittelt werden kann. Die Barentssee ist gleichzeitig ein lokaler Schwerpunkt des PANORAMA-Projektes (Potenzialanalyse des europäischen Nordmeeres und angrenzender Randmeere der Arktis) der BGR.

Kontakt: **Dr. Karsten Piepjohn**

■ Geowissen entwickeln und vernetzen | **Vermessung des Gamma-Spektrums der obersten Bodenschichten aus der Luft**

Mithilfe von Gammastrahlen

Bodenkunde im Hubschrauberflug

Mit modernen Sensoren kann man per Hubschrauber oder Flugzeug große Gebiete in relativ kurzer Zeit vermessen. Der Helikopter der BGR hat seit Mai 2013 ein neues Gammastrahlenspektrometer an Bord, das die Art des Gesteins an der Erdoberfläche bestimmt. Das geschieht mithilfe der energiereichen Gammastrahlung, die natürlich vorkommende strahlende Isotope von Kalium, Uran und Thorium aussenden. Sandige Böden haben zum Beispiel wenig von diesen sogenannten Radionukliden, in Tonbö-



▲ Der BGR-Hubschrauber Sikorsky im Einsatz.

den sind sie dagegen oft anzutreffen. Der Sensor kann so zusammen mit anderen Instrumenten sehr schnell einen Überblick über die Bodenarten liefern.

Einsätze des BGR-Hubschraubers im lössreichen rheinischen Vorgebirge westlich von Bonn und in der sandigen Uckermark nördlich von Berlin dienen jetzt der Erprobung. Die Vermessungsflüge sollen klären, für welche Fragestellungen die Informationen ausreichen, die mit einem Hubschraubermessflug gesammelt werden können, und wofür zusätzliche Untersuchungen am Boden nötig sind.

Kontakt: **Dr. Annika Steuer**

■ Geowissen entwickeln und vernetzen | **Boden-Atlas Deutschland**

Boden-Atlas Deutschland

Deutschlandweite Übersicht gedruckt und im Netz



▲ Gliederung - Bodenatlas Deutschland.

Nach wie vor fehlt in Deutschland ein das gesamte Land umfassendes Kartenwerk mit bodenkundlichen Informationen. Diese Lücke schließt der Bodenatlas Deutschland, den

die BGR derzeit erarbeitet. Die darin enthaltenen Informationen werden mithilfe thematischer Karten für ein breites Publikum aufbereitet.

Der Leser findet geowissenschaftliche Karten mit Erläuterungen zu den Faktoren der Bodenbildung, zu den Böden Deutschlands und zu ihrem Wasserhaushalt. Darüber hinaus beschäftigt sich der Atlas mit dem Boden als Grundlage für die Landwirtschaft, mit seinen Gefährdungen und Empfindlichkeiten sowie mit Nähr- und Schadstoffen. Ziel ist ein möglichst detailliertes und differen-

ziertes Bild der Gegebenheiten im Untergrund auf dem gegenwärtigen Stand der Wissenschaft.

Das gedruckte Werk wird zukünftig auch um ein Atlas-Informationssystem ergänzt, eine Internetanwendung, die immer die aktuellsten Daten enthält und auf neuesten Methoden basiert. Der Bodenatlas Deutschland ist ein zentraler Beitrag der BGR zum Internationalen Jahr des Bodens 2015.

Kontakt: **Klaus Kruse**

Kriterien für ein Endlager

Die Bundesregierung hat die Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe 2013 ins Leben gerufen. Wissenschaftler, Verbandsvertreter und Politiker sollen dort gemeinsam Kriterien für die Endlagersuche erarbeiten. Dr. Volkmar Bräuer, Leiter der BGR-Fachabteilung „Unterirdischer Speicher- und Wirtschaftsraum“, berät als ständiger Gast die Kommission bei geowissenschaftlichen Fragen.

Womit ist die Kommission im Einzelnen beauftragt worden?



▲ Dr. Volkmar Bräuer berät als ständiger Gast die Endlagerkommission der deutschen Bundesregierung.

Einer der Schwerpunkte der Kommission ist es, Kriterien für ein neues Standortauswahlgesetz, kurz Stand-AG, zu entwickeln. Hierbei steht zunächst die Frage im Raum, ob eine Endlagerung hoch radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Schichten erfolgen soll oder auch andere Entsorgungswege in Betracht kommen.

Welche Kriterien spielen bei der Standortauswahl eine Rolle?

Wir unterscheiden im Wesentlichen zwischen geowissenschaftlichen und sozialwissenschaftlichen Kriterien. Die geowissenschaftlichen Kriterien beziehen sich auf sicherheitsrelevante

Fragen, zum Beispiel die Mächtigkeit der Wirtsgesteine für die Endlagerung. Das können Salz, Ton oder kristalline Gesteine wie Granit sein. Zu den sozialwissenschaftlichen Kriterien zählen zum Beispiel gesellschaftliche und wirtschaftliche Aspekte wie Infrastrukturmaßnahmen.

Wie wird die Öffentlichkeit in die Beschlüsse einbezogen?

Interessierte können die Sitzungen der Kommission live vor Ort von Anfang bis Ende mitverfolgen. Das ist nötig, um eine Transparenz herzustellen. Alle Materialien und Protokolle sind über die Internetseite einsehbar. Die Kommission hat zudem eine Arbeitsgruppe gegründet, die sich mit der Frage einer generellen Beteiligung der Öffentlichkeit auseinandersetzt. Dabei geht es nicht nur um Information, sondern auch um einen Dialog.

Welche Aufgaben hat die BGR als ständiger Gast der Kommission?

Unser BGR-Präsident und ich nehmen an allen Sitzungen der Kommission teil und bringen bei Bedarf unsere Beiträge ein. Es gibt auch im-

mer wieder sogenannte Expertenanhörungen, wo wir die Kommission in geowissenschaftlichen Fragen beraten.

Wie schätzen Sie die Erfolgsaussichten der Kommission ein?

Die Kommission soll der Bundesregierung bis Ende dieses Jahres ihre Vorschläge unterbreiten. Nun ist jahrelang auf diesem Gebiet nicht viel passiert. Daher glaube ich, dass die Arbeit der Kommission noch bis 2016 laufen wird. Bis zum Jahr 2031 soll ja dann ein Standort ausgewählt sein. Auch das könnte länger dauern. Wir dürfen die Frage des gesellschaftspolitischen Dialoges dabei nicht vergessen: Wie werden die Menschen in den betroffenen Gemeinden später reagieren? Das ist zeitlich schwer einschätzbar.

Woran arbeiten Sie zurzeit?

Aktuell arbeiten wir an Untersuchungen zu den Endlagern Asse, Morsleben und Konrad. Darüber hinaus beschäftigen wir uns unter anderem mit der Struktur von Wirtsgesteinen und erheben wichtige Daten für spätere Auswahlkriterien. Und nach der Arbeit für die Kommission wird die BGR die Regierung während der Suche nach einem Endlager weiterhin beraten, geowissenschaftliche Untersuchungen durchführen, bewerten und beurteilen.

www.bundestag.de/endlagerkommission

Energie aus Schiefergestein

Fracking heißt die Methode, um Schiefergas zu gewinnen. Der Begriff ruft regelmäßig Anhänger und Gegner dieser Technologie auf den Plan. Der Geophysiker und Präsident der BGR Professor Dr. Hans-Joachim Kümpel erklärt, was es mit Fracking auf sich hat.



▲ Professor Dr. Hans-Joachim Kümpel, Präsident der BGR.

Wie wird Schiefergas gefördert?

Durch Einpressen einer Frac-Flüssigkeit aus Wasser, Sand und bis zu zwei Prozent Chemikalien werden künstliche Risse im Schiefergestein erzeugt. So entstehen Millimeter dünne Fließwege für Erdgas. Das Ganze passiert in Tiefen unterhalb von 1 000 Metern. In Deutschland wird Fracking bereits seit den 1960er Jahren angewandt, um Erdgas aus dichten Sandsteinen zu fördern.

Was passiert mit der Frac-Flüssigkeit?

Sie wird teilweise rückgefördert und sachgerecht entsorgt, für weitere Frac-Maßnahmen recycelt oder verbleibt in der Tiefe. Reste lösen sich dort in riesigen Vorkommen natürlicher, oft extrem salzhaltiger Tiefenfluide auf. Aufgrund ihrer vergleichsweise hohen Dichte können

diese Tiefenfluide nicht in höhere Stockwerke des Untergrundes aufsteigen. Ohnehin halten die Unternehmen beim Fracken einen großen Sicherheitsabstand zu trinkwasserführenden Gesteinsschichten im flachen Untergrund ein.

Welche Kriterien sind generell von Förderunternehmen zu beachten?

In Deutschland existieren einschlägige Vorschriften, die von der Industrie einzuhalten sind. Die Verrohrung wird beispielsweise als nach außen druckdicht ummantelte Mehrfachverrohrung ausgeführt. Bohrungen dürfen zudem nur von einem zum Untergrund komplett abgedichteten Bohrplatz abgeteuft werden. Diese Maßnahmen verhindern, dass die Frac-Flüssigkeit mit Grundwasser in Kontakt kommen kann. In den USA existieren solche strengen Auflagen nicht überall.

Wer überprüft die Einhaltung dieser Kriterien?

Zuständig für die Genehmigung von Frac-Maßnahmen und deren anschließende Überwachung sind bei uns die Bergbehörden der einzelnen Bundesländer. Geregelt ist dies in verschiedenen gesetzlichen Verordnungen der Länder, etwa den Tiefbohrverordnungen.

Kann Fracking Erdbeben auslösen?

Bisherige Daten über den Zusammenhang von Fracking und künstlich erzeugten Erdbeben zeigen, dass das Erdbebenrisiko deutlich geringer ist als beispielsweise beim Untertagebergbau oder der Errichtung von Talsperren.

Wie wichtig ist Fracking für die Zukunft?

Die BGR hat abgeschätzt, dass in Deutschland bis zum Ende dieses Jahrhunderts jährlich etwa 12 Milliarden Kubikmeter Schiefergas gefördert werden könnten. Das entspräche einem Gegenwert von rund 4 Milliarden Euro pro Jahr. Die bei uns derzeit schrumpfenden Fördermengen könnten damit wieder steigen und eine zu große Abhängigkeit von Erdgasimporten vermeiden.

Halten Sie diese Methode für sicher?

Aus geowissenschaftlicher Sicht kann ich diese Frage mit Ja beantworten. Sofern die gesetzlichen Regelungen beachtet, die technischen Standards eingehalten und detaillierte standortbezogene Voruntersuchungen durchgeführt werden, ist der Einsatz der Fracking-Technologie kontrolliert, sicher und umweltverträglich möglich.

Angebotskonzentration kaum verringert



Quelle: trafeito - Fotolia.com

▲ Das Rohstoffmonitoring der Deutschen Rohstoffagentur informiert über Entwicklungen auf den globalen Rohstoffmärkten.

Das neue Rohstoffmonitoring stellte die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) am 11. Dezember 2014 auf ihrem Rohstoffdialog in Berlin vor. Mehr als 80 Experten diskutierten die Entwicklungen auf den globalen Rohstoffmärkten. Es wurde deutlich, dass sich die An-

gebotskonzentration bei zahlreichen Rohstoffen und damit die Preis- und Lieferrisiken in den vergangenen Jahren trotz teilweise deutlich sinkender Preise kaum verringert haben.

www.deutsche-rohstoffagentur.de

Investitionschancen im chilenischen Bergbau



Quelle: CAMCHAL

Konkrete Geschäftsmöglichkeiten im chilenischen Bergbau präsentierten hochrangige Vertreter des Anden-

◀ Gäste beim Deutsch-Chilenischen Rohstoffforum: Juan Pablo Hess, Präsident AHK Chile, Prof. Dr. Reimund Neugebauer, Präsident Fraunhofer Gesellschaft, Chiles Staatspräsidentin Michelle Bachelet und der stellvertretende Hauptgeschäftsführer des DIHK Dr. Volker Treier (v. li.).

staates auf dem dritten Deutsch-Chilenischen Forum für Bergbau und mineralische Rohstoffe in Berlin. Die

Deutsche Rohstoffagentur in der BGR gehört zu den Ausrichtern des Treffens. Chile ist nicht nur ein wichtiger Abnehmer deutscher Technologie, sondern auch Rohstofflieferant.

www.deutsche-rohstoffagentur.de

CASE-Workshop in Hannover



Quelle: Karsten Pappohn

◀ Kamen aus zehn verschiedenen Ländern: die Teilnehmer des Arktis-Workshops 2014 im GEO-ZENTRUM Hannover.

70 Polarforscher aus zehn Nationen trafen sich vom 19. bis 21. März 2014 zum internationalen Workshop des Arktisforschungsprojektes CASE

(Circum-Arctic Structural Events). Neben dem aktuellen Forschungsstand wurden auch künftige Expeditionen diskutiert, die die weiterhin großen Wissenslücken über die Arktis verkleinern sollen. Diese Fahrten sind nur in Kooperation möglich.

Faszination Boden

Für die Lange Nacht der Wissenschaften am 13. Mai 2014 in Berlin hatte die BGR vor dem Geographischen Institut der Humboldt-Universität zu Berlin eine fünf mal drei Meter große, begehbare Karte zur Bodenqualität deut-

scher Ackerstandorte ausgelegt. Mit der begleitenden Ausstellung wollte sie Informationen zu den besten Böden Deutschlands vermitteln und Besucher anregen, sich näher mit dem Thema zu beschäftigen.



▲ Faszinosum Boden – Begehbare Bodenkarte der BGR.

25 Jahre gesamtdeutsche Bodenkunde



▲ Poster – Die BGR und das Thema Boden im Zeichen der Wiedervereinigung.

Auf dem Bürgerfest zum Tag der deutschen Einheit, das 2014 in Hannover stattfand, zeigte die BGR mit einem Poster, wie die Bodenkunde der beiden Staaten in den vergangenen 25 Jahren zusammengewachsen ist. Die Bodensystematiken und Begriffssysteme sowie die Bodendaten von Ost und West wurden bis

1994 zu einem einheitlichen System zusammengeführt. 1995 gab es eine gemeinsame Bodenübersichtskarte im Maßstab 1:1 000 000, eine im größeren Maßstab von 1:200 000 ist seit 1997 in Arbeit.

Poster-Download (7 MB):
www.bgr.bund.de/25jahre-gesamtdeutsche-bodenkunde

Empfehlungen für neue Endlagersuche

Am 22. Mai 2014 tagte die Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe gemäß § 3 des Standortauswahlgesetzes zum ersten Mal. Sie soll für Bundestag

und Bundesrat Handlungsempfehlungen entwickeln, wie ein Endlagerstandort für hoch radioaktive Abfälle ausgewählt werden kann.

bei weiteren geowissenschaftlichen Fragestellungen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle.



Quelle: Deutscher Bundestag / Achim Meide

▲ Bundestagspräsident Prof. Dr. Norbert Lammert, (2.v.re), CDU/CSU, nimmt an der ersten Sitzung der Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe teil. Den Vorsitz teilen sich Ursula Heinen-Esser (3.v.re) und Michael Müller (4.v.re).

Das 34-köpfige Gremium besteht aus Vertretern von Wissenschaft und gesellschaftlichen Gruppen, Mitgliedern von Landesregierungen und Abgeordneten des Deutschen Bundestages. Die BGR berät die Kommission fachlich, insbesondere bei der Entwicklung von geowissenschaftlichen Kriterien, sowie

Zu den Themenfeldern, die die Kommission innerhalb von zwei Jahren bearbeiten wird, zählen allgemeine Sicherheitsanforderungen, andere Entsorgungsoptionen, Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen, Kriterien für mögliche Fehlerkorrekturen beim weiteren Vorgehen sowie die Organisationsstruktur und Öffentlichkeitsbeteiligung.

Hilfe gegen Rohstoffschmuggel



▲ Schleiflabor in der kongolesischen Stadt Bukavu. Das Länderdreieck Ruanda, Burundi

und Kongo ist reich an mineralischen Bodenschätzen. Die Menschen dort haben jedoch wegen der politischen Instabilität nichts davon. Die BGR hilft daher Mechanismen aufzubauen, mit denen der Verbleib der Rohstoffe verfolgt und kontrolliert werden kann. Es wurden Schleiflabo-

re aufgebaut, die analysierbare Proben produzieren. Diese Proben werden wiederum in einem weiteren Labor analysiert, das in der Region noch aufgebaut werden soll. Der analytische Fingerabdruck hilft, Begleitdokumente zu prüfen und damit die Handelswege nachzuverfolgen.

Wasser für syrische Flüchtlinge

Die Wasserressourcen Nord-Jordaniens werden durch die Aufnahme syrischer Flüchtlinge auf eine harte Probe gestellt. Von 2012 bis 2013 stieg der Trinkwasserbedarf in der Region von 339 auf 380 Millionen Kubikmeter.

BGR-Experten beraten deshalb die jordanische Regierung in Be-

wirtschaftungsfragen in den nördlichen Gebieten Jordaniens und haben eine aktuelle Übersicht über die Grundwassersituation erstellt, damit die Entnahmen besser geplant werden können. Ein weiterer Tätigkeitsschwerpunkt ist die Beratung bei der Überwachung der Wasserqualität für das Flüchtlingslager Zaatari mit rund 85 000 Bewohnern.



▲ Überprüfung der Trinkwasserqualität im Norden Jordaniens.

Tiefseeschätze zum Anfassen

Mit Funden vom Meeresgrund und hochmoderner Technik beteiligte sich die BGR an der Vorstellungsreise Open Ship Days des neuen Forschungsschiffes Sonne durch fünf deutsche Häfen. Dabei waren unter anderem Wilhelmshaven und Hamburg. Tausende Interessierte besuchten die Ausstellung und

bekamen beispielsweise die Gelegenheit, eine Manganknolle aus dem Pazifik oder einen „Schwarzen Raucher“ aus dem Indischen Ozean aus der Nähe zu sehen. BGR-Wissenschaftler erklärten unter anderem die Technik, mit der nach diesen Bodenschätzen gesucht wird.



▲ Die BGR stellte während der Open Ship Days auf dem Forschungsschiff Sonne eine Vielzahl von Exponaten aus, darunter einen „Schwarzen Raucher“.

Quelle: Siegfried Pietzok/BGR

Grundwassercomic an sambischen Schulen



▲ Kinder und Lehrer der SOS Kinderdorf Primary School in Sambia haben zwei Monate lang die digitale „Tröpfli“-Version getestet und dafür ein Zertifikat erhalten.

Der Grundwasser-Comic „Tröpfli weltweite Abenteuer“ ist auch in

Afrika ein großer Erfolg. Die BGR entwickelte ihn ursprünglich mit süd-

amerikanischen Partnern, um spielerisch an das Thema „Wasser und Umwelt“ heranzuführen. In Sambia tat man sich mit dem einheimischen Unternehmen iSchool zusammen und passte den Comic an eine digitale Lernumgebung an. „Tröpfli“ konnte so als App auf dem Tablet-PC installiert werden, den iSchool zuvor für sambische Schulen entwickelt hatte. Sechstklässler von drei Schulen testeten Tablet und Comic zwei Monate lang im Unterricht und waren begeistert.



▲ Eintrag in das Gästebuch: Bundeswirtschaftsminister Sigmar Gabriel mit BGR-Präsident Prof. Dr. Hans-Joachim Kümpel (v. li.).

Quelle: Sylvia Sörgel/BGR

Der Bundesminister für Wirtschaft und Energie Sigmar Gabriel informierte sich am 17. April 2014 im

Bundeswirtschaftsminister besucht die BGR

GEOZENTRUM Hannover über Aufgaben und Arbeit der BGR. Als technisch-wissenschaftliche Oberbehörde im Geschäftsbereich des Bundeswirtschaftsministeriums berät die BGR die Bundesregierung und die deutsche Wirtschaft in allen geowissenschaftlichen und rohstoffwirtschaftlichen Fragen.

In seiner Ansprache an die Mitarbeiter hob Gabriel die wachsende Bedeutung der BGR bei der Sicherung der Rohstoff- und Energieversorgung

Deutschlands hervor. BGR-Präsident Prof. Dr. Hans-Joachim Kümpel unterrichtete den Minister über aktuelle Projekte und Forschungsarbeiten.

Im Mittelpunkt stand dabei das Thema „Nutzungspotenziale des tieferen Untergrundes“. So bewertet die Behörde das heimische Schiefergaspotenzial, untersucht Salzkavernen als mögliche Energiespeicher oder analysiert Nutzungs- und Gefährdungsaspekte für Grundwasser und Boden.

Geologischen Sachverstand einbeziehen

Die Erschließung der Schiefergasvorkommen ist ein heiß umstrittenes Thema in Europa. Die Direktoren der Geologischen Dienste im Nordatlantikraum haben daher in der Kopenhagener Erklärung vom 12. September 2014 dafür plädiert, wissenschaftliche Ergebnisse und Schlussfolgerungen in der Diskussion stärker zu berücksichtigen.

Die Unterzeichner sehen es als bedenklich an, dass die Expertise der amtlichen Geologen bei künftigen Entscheidungen zur Rohstoffversorgung nicht ausreichend berücksichtigt werden könnte.



▲ Tonschiefer dient als Muttergestein für Schiefergas.

Die Direktoren betonen, dass ihre Fachbehörden über den größten Teil an Basisinformationen über den geologischen Untergrund ihrer Länder verfügen. Somit könnten Entscheidungen auf Basis der besten verfügbaren wissenschaftlichen Erkenntnisse gefällt werden.

Die Geologischen Dienste könnten daher Entscheidungsträger und Öffentlichkeit objektiv und neutral über das Potenzial von Schiefergas und potenzielle Umweltrisiken unterrichten.

Kopenhagener Erklärung (PDF):

www.bgr.bund.de/kopenhagener-erklaerung

Mehr Schutz für Böden



Quelle: Rainer Bartz/BGR

▲ BGR-Abteilungsleiter „Grundwasser und Boden“ Dr. Michael Kosinowski (1. Reihe, 2. v. re.) während der Generalversammlung der Global Soil Partnership in Rom.

Der Zustand von Agrarböden muss dringend verbessert werden. Das forderte die zweite Generalversammlung der Global Soil Partnership am Sitz der Welternährungsorganisation FAO in Rom. Mehr Bodenschutz sei notwendig, um die wachsende Welt-

bevölkerung auch zukünftig mit Nahrung, Wasser, Energie und Rohstoffen zu versorgen. Dazu wurde eine Reihe von Aktionsplänen beschlossen. Experten der BGR waren unter den Vertretern Deutschlands.

Internationale Endlagerforschung



▲ Teilnehmer der Abschlusskonferenz zum Projekt PEBS im Großen Sitzungssaal des GEOZENTRUMs Hannover.

Zur Abschlusskonferenz des von der BGR koordinierten EU-Projektes PEBS (Long-term Performance of Engineered Barrier Systems) im Februar 2014 kamen über 180 Experten aus 17 Ländern nach Hannover. Gegenstand von Projekt und Konferenz war die

Erforschung geotechnischer Barrieren für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in den Wirtsgesteinen Ton, Salz und Granit. Eine Podiumsdiskussion über zukünftige Forschungsthemen schloss die Tagung ab.

Zehn Jahre für eine starke Geoinformationswirtschaft

Staatliche Geodaten stellen für die Wirtschaft einen hohen Mehrwert dar. Die Kommission für Geoinformationswirtschaft an der BGR wurde vor zehn Jahren gegründet, um deren Nutzung so einfach und kostengünstig wie



▲ Talkrunde „Wir feiern Jubiläum! 10 Jahre GIW-Kommission!“ auf der INTERGEO 2014 in Stuttgart.

Quelle: GIW-Geschäftsstelle/BGR

möglich zu gestalten. Mit den Services GeoInfomarkt und GeoLizenz lassen sich die gewünschten Datenquellen schnell finden und lizenzieren. Auf der INTERGEO 2014 in Stuttgart, der Fachmesse für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, zog die GIW-Kommission Bilanz der bisherigen Arbeit und blickte in die Zukunft.

Geowissenschaften auf YouTube



Mit spannenden Videoclips über Expeditionen, Forschungsergebnisse und Veranstaltungen sind BGR und das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) seit mehr als

einem Jahr mit dem GeoChannel auf dem Videoportal YouTube online. Jeder Nutzer kann dort beispielsweise die BGR-Wissenschaftler an Bord des Forschungsschiffes Sonne bei der Su-

che nach Rohstoffen am Meeresgrund begleiten. Das Angebot wird laufend erweitert.

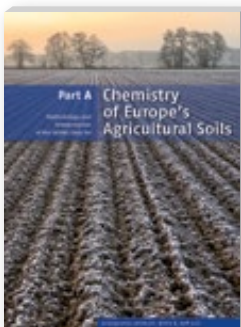
www.youtube.com/GeoChannelBgrLbeg

Auswahl BGR-Publikationen

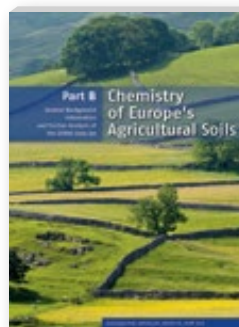
Die BGR veröffentlicht zu ihrer Arbeit eine Vielzahl von Kartenmaterial und Büchern. Alle Titel sind über die Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (www.schweizerbart.de) oder als digitales Dokument erhältlich.

Geochemisches „Nord-Süd-Gefälle“ nachgewiesen

Mit den beiden Bänden „Chemistry of Europe's Agricultural Soils“ liegt erstmals eine Gesamtdarstellung der Elementgehalte samt Bewertung von Landwirtschaftsböden in Europa vor. Die Atlasse sind das Ergebnis des europäischen Gemeinschaftsprojektes Geochemical Mapping of Agricultural and Grazing Land Soil (GEMAS). In 33 europäischen Ländern wurden dafür insgesamt 2 108 Acker- und 2 023 Grünlandproben entnommen und auf 52 Elemente im Königswasser-Aufschluss, 41 Elemente als Gesamtgehalte und 57 Elemente in der mobilen Metallionenfraktion analysiert.



C. Reimann, M. Birke, A. Demetriades,
P. Filzmoser, P. O'Connor
**Chemistry of Europe's Agricultural Soils,
Part A**
**Methodology and Interpretation of the
GEMAS Data Set**
523 Seiten, 1 DVD, Sprache: Englisch
ISBN 978-3-510-96846-6, gebunden
118 Euro



C. Reimann, M. Birke, A. Demetriades,
P. Filzmoser, P. O'Connor
**Chemistry of Europe's Agricultural Soils,
Part B**
**General Background Information and
Further Analysis of the GEMAS Data Set**
352 Seiten, Sprache: Englisch
ISBN 978-3-510-96847-3, gebunden
78 Euro



H. von Hartmann, T. Beilecke, H. Buness,
P. Musmann, R. Schulz

Seismische Exploration für tiefe Geothermie

[Geologisches Jahrbuch B 104]

271 Seiten, Deutsch

ISBN 978-3-510-96850-3, gebunden, 39,90 Euro

Seismische Exploration für tiefe Geothermie

Der Band „Seismische Exploration für tiefe Geothermie“ stellt die Grundlagen und Möglichkeiten der seismischen Erkundung für tiefe Geothermie dar. Ein kurzer Überblick über die Gebiete, die für die Nutzung der tiefen hydrogeothermischen Energie in Deutschland geeignet sind, leitet in das Thema ein. Es folgen ausführliche Darstellungen der seismischen Methode, der Planung von seismischen Messungen sowie der seismischen Datenbearbeitung und Interpretation. Den Abschluss bildet ein Überblick über die Kosten seismischer Messungen samt Darlegung von Einsparpotenzialen.



Studie: **Vorkommen und Produktion mineralischer Rohstoffe – ein Ländervergleich**

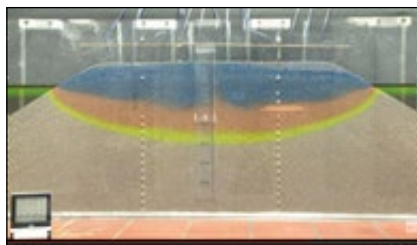
China dominiert weltweite Rohstoffproduktion

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) hat eine Studie zu den Vorkommen und der Produktion mineralischer Rohstoffe in 180 Staaten veröffentlicht. Dieser Ländervergleich gibt einen Überblick über die Reserven (technisch und wirtschaftlich gewinnbare Rohstoffe), Ressourcen sowie die Bergwerks- und Raffinadeproduktion verschiedener Staaten nach Wert der Rohstoffe. www.bgr.bund.de/laendervergleichsstudie-miner-rohstoffe-2014



Sehen Sie die Filme unter: www.youtube.com/GeoChannelBgrLbeg

Lehrvideo zum Schutz von Süßwasserlinsen auf Meeresinseln



Im BGR Projekt FLIN (Freshwater Lens INvestigations) wird die Dynamik von Süßwasserlinsen unter Inseln untersucht. Aus den Zeitrafferaufnahmen zur Visualisierung von Fließpfaden und der Altersschichtung sind kurze Videos in deutscher und englischer Sprache entstanden.

www.youtube.com/watch?v=45Y7DdwnOXk



Erkundung von Grundwasser per Heliumballon



Die BGR testete ein neues System für geophysikalische Messungen. Kernelement dieser auf der Transienten-Elektromagnetik (TEM) basierenden Methode ist ein Heliumballon. Mit ihm kann der geologische Untergrund bis in Tiefen von mehreren 100 Metern ergründet werden.

www.youtube.com/watch?v=ucOp5HoGAKM



Neues Forschungsschiff Sonne auf Probefahrt in der Nordsee



Das neue Tiefseeforschungsschiff SONNE verließ am 07. September 2014 den Hafen von Emden in Richtung Britische Nordsee. Wissenschaftler der BGR und anderer wissenschaftlicher Einrichtungen prüften dort zwei Wochen lang erstmals die technisch-wissenschaftliche Ausrüstung des Schiffes.

www.youtube.com/watch?v=oAfhMATKAfc



Anzeige

GeoChannel BGR LBEG

BGR LBEG

YouTube *Unsere Filme im Web*

Unser GeoChannel

Ein Informationsservice von BGR und LBEG auf YouTube

Spannende Berichte, Dokumentationen und Interviews. Unser GeoChannel informiert über Forschungsprojekte, Expeditionen, Fachtagungen und Aufgabenfelder von BGR und LBEG. Gehen Sie mit unseren Filmen auf Entdeckungsreise!

BGR
Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe

LBEG
Landesamt für
Bergbau, Energie
und Geologie

YouTube

www.youtube.com/GeoChannelBgrLbeg

Ansprechpartner



Dr. Dirk Balzer

Arbeitsbereichsleiter im Fachbereich „Gefährdungsanalysen, Fernerkundung“

Dirk.Balzer@bgr.de



Dr. Lars Ceranna

Arbeitsbereichsleiter im Fachbereich „Seismologisches Zentralobservatorium, Kernwaffenteststopp“

Lars.Ceranna@bgr.de



Anke Christina Bebiolka

Mitarbeiterin im Fachbereich „Geologisch-geotechnische Standortbewertung“

AnkeChristina.Bebiolka@bgr.de



Dr. Stephan Costabel

Mitarbeiter im Fachbereich „Geophysikalische Erkundung – Technische Mineralogie“

Stephan.Costabel@bgr.de



Lars Behrens

Stellvertretender Geschäftsführer der Geschäftsstelle GIW-Kommission

Lars.Behrens@geobusiness.org



Dr. Axel Ehrhardt

Mitarbeiter im Fachbereich „Marine Rohstofferkundung“

Axel.Ehrhardt@bgr.de



Dr. Manfred Birke

Arbeitsbereichsleiter im Fachbereich „Boden als Resource – Stoffeigenschaften und Dynamik“

Manfred.Birke@bgr.de



Dr. Dieter Franke

Arbeitsbereichsleiter im Fachbereich „Geologie der Energierohstoffe, Polargeologie“

Dieter.Franke@bgr.de



Dr. Martin Blumenberg

Arbeitsbereichsleiter im Fachbereich „Geochemie der Rohstoffe“

Martin.Blumenberg@bgr.de



Dr. Michaela Frei

Arbeitsbereichsleiterin im Fachbereich „Gefährdungsanalysen, Fernerkundung“

Michaela.Frei@bgr.de



Martin Blümel

Mitarbeiter im Fachbereich „Grundwasserressourcen – Beschaffenheit und Dynamik“

Martin.Bluemel@bgr.de



Dr. habil. Elke Fries

Leiterin des Fachbereiches im Fachbereich „Boden als Ressource – Stoffeigenschaften und Dynamik“

Elke.Fries@bgr.de



Dr. Jan Bug

Mitarbeiter im Fachbereich „Informationsgrundlagen Grundwasser und Boden“

Jan.Fabian.bug@bgr.de



Nicolai Gestermann

Mitarbeiter im Fachbereich „Seismologisches Zentralobservatorium, Kernwaffenteststopp“

Nicolai.Gestermann@bgr.de

Ansprechpartner



Sonja Göcke

Mitarbeiterin im Fachbereich
„Deutsche Rohstoffagentur
(DERA)“

Sonja.Goecke@bgr.de



Dr. Malte Ibs-von Seth

Mitarbeiter im Fachbereich „Ge-
fährdungsanalysen, Fernerkun-
dung“

Malte.Ibs-vonSeht@bgr.de



Dr. Werner Gräsle

Arbeitsbereichsleiter im Fach-
bereich „Geologisch-geotechnische
Standortbewertung“

Werner.Graesle@bgr.de



Martin Jäger

Mitarbeiter im Fachbereich
„Internationale Zusammenarbeit“

Martin.Jaeger@bgr.de



Dr. Jörg Hammer

Arbeitsbereichsleiter im Fach-
bereich „Geologisch-geotechnische
Erkundung“

Joerg.Hammer@bgr.de



Dr. Annette Kaufhold

Mitarbeiterin im Fachbereich
„Geologisch-geotechnische
Standortbewertung“

Annette.Kaufhold@bgr.de



Dr.-Ing. Jürgen Hesser

Arbeitsbereichsleiter im Fach-
bereich „Geologisch-geotechnische
Erkundung“

Juergen.Hesser@bgr.de



Dr. Stephan Kaufhold

Mitarbeiter im Fachbereich
„Geophysikalische Erkundung –
Technische Mineralogie“

Stephan.Kaufhold@bgr.de



Dr. Arne Hoffmann-Rothe

Arbeitsbereichsleiter im
Fachbereich „Internationale
Zusammenarbeit“

Arne.Hoffmann-Rothe@bgr.de



Stefan Knopf

Mitarbeiter im Fachbereich „Nutzungs-
potenziale des tieferen Untergrundes,
geologische CO₂-Speicherung“

Stefan.Knopf@bgr.de



Martin Hoppe

Mitarbeiter im Fachbereich „Boden
als Ressource – Stoffeigenschaften
und Dynamik“

Martin.Hoppe@bgr.de



Klaus Kruse

Mitarbeiter im Fachbereich
„Informationsgrundlagen
Grundwasser und Boden“

Klaus.Kruse@bgr.de



Dr. Georg Houben

Arbeitsbereichsleiter im Fach-
bereich „Grundwasserressourcen –
Beschaffenheit und Dynamik“

Georg.Houben@bgr.de



Dr. Dirk Küster

Arbeitsbereichsleiter im
Fachbereich „Internationale
Zusammenarbeit“

Dirk.Kuester@bgr.de

Ansprechpartner



Stefan Ladage
Arbeitsbereichsleiter im Fachbereich „Geologie der Energierohstoffe, Polargeologie“
Stefan.Ladage@bgr.de



Wilhelm Nikonow
Mitarbeiter im Fachbereich „Geologie der mineralischen Rohstoffe“
Wilhelm.Nikonow@bgr.de



Christian Lege
Mitarbeiter im Fachbereich „Geologisch-geotechnische Erkundung“
Christian.Lege@bgr.de



Dr. Karsten Piepjohn
Mitarbeiter im Fachbereich „Geologie der Energierohstoffe, Polargeologie“
Karsten.Piepjohn@bgr.de



Dr.-Ing. Thomas Lege
Leiter des Fachbereiches „Gefährdungsanalysen, Fernerkundung“
Thomas.Lege@bgr.de



Dr. Christoph Pilger
Mitarbeiter im Fachbereich „Seismologisches Zentralobservatorium, Kernwaffenteststopp“
Christoph.Pilger@bgr.de



Annette Lisy
Mitarbeiterin im Fachbereich „Internationale Zusammenarbeit“
Annette.Lisy@bgr.de



Lukas Pollok
Mitarbeiter im Fachbereich „Geologisch-geotechnische Erkundung“
Lukas.Pollok@bgr.de



Dr. Herwig Marbler
Mitarbeiter im Fachbereich „Deutsche Rohstoffagentur (DERA)“
Herwig.Marbler@bgr.de



Dr. Dieter Rammlmair
Arbeitsbereichsleiter im Fachbereich „Geologie der mineralischen Rohstoffe“
Dieter.Rammlmair@bgr.de



Dr. Christian Müller
Arbeitsbereichsleiter im Fachbereich „Nutzungspotenziale des tieferen Untergrundes, geologische CO₂-Speicherung“
Christian.Mueller-B3.3@bgr.de



Dr. Sven Renner
Mitarbeiter im Fachbereich „Internationale Zusammenarbeit“
Sven.Renner@bgr.de



Dr. Franz May
Arbeitsbereichsleiter im Fachbereich „Nutzungspotenziale des tieferen Untergrundes, geologische CO₂-Speicherung“
Franz.May@bgr.de



apl. Prof. Dr. Axel Schippers
Arbeitsbereichsleiter im Fachbereich „Geochemie der Rohstoffe“
Axel.Schippers@bgr.de

Ansprechpartner



Dr. Stefan Schlömer
Mitarbeiter im Fachbereich
„Geochemie der Rohstoffe“
Stefan.Schloemer@bgr.de



Dr.-Ing. Hua Shao
Mitarbeiter im Fachbereich „Geolo-
gisch-geotechnische Erkundung“
Hua.Shao@bgr.de



Michael Schmidt
Mitarbeiter im Fachbereich
„Deutsche Rohstoffagentur
(DERA)“
Michael.Schmidt@bgr.de



Dr. Bernhard Siemon
Arbeitsbereichsleiter im Fach-
bereich „Geophysikalische Erkun-
dung – Technische Mineralogie“
Bernhard.Siemon@bgr.de



Dr. Martin Schmitz
Arbeitsbereichsleiter im Fach-
bereich „Deutsche Rohstoffagentur
(DERA)“
Martin.Schmitz@bgr.de



Dr. Florian Stange
Mitarbeiter im Fachbereich „Boden
als Ressource – Stoffeigenschaften
und Dynamik“
Florian.Stange@bgr.de



Dr. Martin Schodlok
Mitarbeiter im Fachbereich „Ge-
fährdungsanalysen, Fernerkun-
dung“
Martin.Schodlok@bgr.de



Dr. Annika Steuer
Mitarbeiterin im Fachbereich
„Geophysikalische Erkundung –
Technische Mineralogie“
Annika.Steuer@bgr.de



Dr. Kristof Schuster
Arbeitsbereichsleiter im Fach-
bereich „Geologisch-geotechnische
Erkundung“
Kristof.Schuster@bgr.de



Dr. Torsten Tischner
Mitarbeiter im Fachbereich „Nutzungs-
potenziale des tieferen Untergrundes,
geologische CO₂-Speicherung“
Torsten.Tischner@bgr.de



Dr. Katrin Schwalenberg
Mitarbeiterin im Fachbereich
„Marine Rohstofferkundung“
Katrin.Schwalenberg@bgr.de



Dr.-Ing. Sara Ines Vassolo
Mitarbeiterin im Fachbereich
„Grundwasserressourcen –
Beschaffenheit und Dynamik“
SaraInes.Vassolo@bgr.de



Dr. Ulrich Schwarz-Schampera
Arbeitsbereichsleiter im Fach-
bereich „Geologie der mineralischen
Rohstoffe“
Ulrich.Schwarz-Schampera@bgr.de



Margarete Vasterling
Mitarbeiterin im Fachbereich
„Seismologisches Zentralobservato-
rium, Kernwaffenteststopp“
Margarete.Vasterling@bgr.de

Ansprechpartner



Dr.-Ing. Jürgen Vasters

Mitarbeiter im Fachbereich „Geologie der mineralischen Rohstoffe“
Juergen.Vasters@bgr.de



Axel Weitkamp

Mitarbeiter im Fachbereich „Geologisch-geotechnische Standortbewertung“
Axel.Weitkamp@bgr.de



Dr. Gabriela von Goerne

Arbeitsbereichsleiterin im Fachbereich „Nutzungspotenziale des tieferen Untergrundes, geologische CO₂-Speicherung“
Gabriela.VonGoerne@bgr.de



Tanja Wodtke

Leiterin des Fachbereiches „Geoinformationen, GIW-Geschäftsstelle, Stratigraphie“
Tanja.Wodtke@bgr.de



Dr. Ulrich Wegler

Mitarbeiter im Fachbereich „Seismologisches Zentralobservatorium, Kernwaffenteststopp“
Ulrich.Wegler@bgr.de

Die BGR

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) ist eine technisch-wissenschaftliche 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.

Der BGR Report ist auch auf
CD-ROM erhältlich.

BGR Report

Als PDF zum Download:



www.bgr.bund.de/Report-Juni-2015

www.bgr.bund.de

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
Stilleweg 2
30655 Hannover

Telephon: +49 511 643-0
Fax: +49 511 643-2304
E-Mail: info@bgr.de

Die BGR ist eine technisch wissenschaftliche Oberbehörde im
Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi)

