

# BGR Report

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Mai 2016



## Rohstoffmonitoring hilft Unternehmen

Die Deutsche Rohstoffagentur in der BGR informiert über weltweite Entwicklungen auf den Rohstoffmärkten

ISSN 2364-7736

## Impressum

© Bundesanstalt für Geowissenschaften  
und Rohstoffe (2016)

### **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](mailto:info@bgr.de)  
[www.bgr.bund.de](http://www.bgr.bund.de)

### **Redaktion**

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

### **Redaktionelle Mitarbeit**

Klaus Kruse  
Bettina Landsmann  
Karsten Piepjohn  
Marc Filip Wiechmann

### **Fotos der Ansprechpartner**

Siegfried Pietrzok

### **Texte**

Ute Kehse

### **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**

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, BGR

Die vorliegende Broschüre wird kostenlos abgegeben und kann bei Bedarf angefordert werden bei: [Vertrieb@bgr.de](mailto:Vertrieb@bgr.de)

### **Erscheinungsmonat**

Mai 2016

**Der vorliegende BGR Report stellt Projekte der BGR aus dem Jahr 2015 vor.  
Zudem gibt er einen „Ausblick“ auf künftige Vorhaben.**

# Editorial



*Prof. Dr.  
Ralph Watzel*

Präsident  
der Bundesanstalt für  
Geowissenschaften und  
Rohstoffe

*Liebe Leserinnen und Leser,*

*Deutschland ist bei Metallrohstoffen von Importen abhängig. In den zurückliegenden Monaten waren die Preise zwar stark rückläufig, doch für zahlreiche Rohstoffe wie Platin, Kobalt oder Seltene Erden gibt es nach wie vor Preis- und Lieferrisiken.*

*Damit sich deutsche Unternehmen bei der Beschaffung besser auf diese Situation einstellen können, hat die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der BGR im Auftrag der Bundesregierung ein Rohstoffmonitoring entwickelt. Die Experten der DERA haben ein Screening konzipiert, um mögliche Beschaffungsrisiken frühzeitig zu erkennen. Auf dieser Grundlage können sie deutsche Unternehmen gezielt beraten. Alle wichtigen Informationen zum Thema sind im Internetportal der DERA ([www.deutsche-rohstoffagentur.de](http://www.deutsche-rohstoffagentur.de)) gebündelt. Näheres zum Rohstoffmonitoring erfahren Sie im Interview auf Seite 70.*

*Die BGR stellt ihre Expertise auch in einem anderen wichtigen Themenbereich mit hoher gesellschaftlicher Relevanz zur Verfügung. Seit 2014 berät die BGR die Kommission „Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe“. Dank der umfassenden Forschungsaktivitäten zum Thema Endlagerung sind die BGR-Wissenschaftler ein wichtiger fachlicher Ansprechpartner für die Kommission. Lesen Sie dazu den Beitrag auf Seite 6.*

*Ich wünsche Ihnen viel Spaß beim Lesen!*

# Projekte

---

## Den tieferen Untergrund nutzen

- 6 Schwieriger Auswahlprozess
- 8 Salzvorkommen neu bewertet
- 10 In die Zukunft geblickt
- 12 Tektonische Kräfte in Aktion
- 14 Austausch im Bentonit
- 16 Aufheizen mit System
- 18 Standsicherheit nachgewiesen
- 20 Die Sache mit dem Reinheitsgrad

## Polarregionen erforschen

- 22 Im Reich des Eismeer

## Rohstoffversorgung sichern

- 24 Eine Plattform für Europa
- 26 Die Zeit läuft
- 28 Wie Manganknollen wachsen
- 29 Wertvolle Reststoffe
- 30 Fakten zu Energierohstoffen
- 32 Exploration per Induktion

## Lebensgrundlagen erhalten

- 33 Das Geheimnis der Kalahari-Sande
- 34 144 Seiten Bodenwissen
- 36 Wasserbilanz im Ovambo-Becken
- 37 Die Fluten des Logone
- 38 Der Atem der Marschen
- 40 Präzision im Ackerbau
- 41 Schluss mit Auf- und Abbau
- 42 Fallstudie Aschersleben

## Geowissen entwickeln und vernetzen

- 43 Grundwasser 3.0
- 44 Europa im Vektorformat
- 45 Qualitätsgeprüfte Bodendaten
- 46 Wächter im Orbit
- 48 Geodaten in guten Händen
- 50 Das Europa-Puzzle
- 52 Bodenprofile zum Vergleich

## Vor Geogefahren schützen

- 53 Der Grund des Grummelns
- 54 Erdbebendaten – tagesaktuell
- 55 Vom Rauschen befreit

## Entwicklungsländer unterstützen

- 56 Expertise zusammengeführt
- 57 Startschuss für die Geothermie
- 58 Bodendaten für Kamerun
- 59 Ein Plan für Dhaka
- 60 Trainingskurse für das Katastrophen-Risikomanagement

## Kernwaffenteststopp überwachen

- 62 Mobil und modular

„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** ■ Bohrung Horstberg wieder in Betrieb
- 63** ■ Neue Phase für DECOVALEX
- 64** ■ Das Verhalten flach lagernder Salzformationen
- 65** ■ Potenzial der Doppelsalinare und flach lagernden Salzsichten
- 66** ■ CO<sub>2</sub>-Ströme unter der Lupe
- 66** ■ Alte Erzlagerstätten neu entdeckt
- 67** ■ Bessere Planung beim Brunnenbau
- 67** ■ Schutz für das Grundwasser
- 68** ■ Wann sind Schadstoffe verfügbar?
- 68** ■ Transport im Sickerwasser
- 69** ■ Neues Massenspektrometer
- 69** ■ Minerale in Mixturen

## Menschen & Projekte

---

- 70** Rohstoffmonitoring hilft Unternehmen
- 71** Die Zukunft des Grundwassers
- 72** Energie aus der Tiefe
- 73** Wasser für Jordanien

## Spektrum

---

- 74** 20 Jahre Mont Terri
- 74** Transparenz und Nachhaltigkeit
- 74** Messe-Highlight
- 75** Das Jahr des Bodens
- 75** Geo-Show für Schüler
- 75** Zyprien eröffnet Kongress
- 76** Nie wieder Atomtests!
- 76** Glückwunsch an Azubis
- 76** Workshop in Maputo
- 76** Salz im Geoviewer
- 77** Abkommen mit Kanada
- 77** Energiewende und Boden
- 77** Verstärktes Engagement
- 77** Effiziente Nutzung
- 78** Auswahl Publikationen
- 79** GeoChannel
- 80** Wechsel an der Spitze der BGR
- 81** Ansprechpartner

## Schwieriger Auswahlprozess

BGR-Experten beraten Endlagerkommission bei geowissenschaftlichen Fragen

Bundestag und Bundesrat haben 2014 eine Kommission eingesetzt, die die Suche nach einem Standort für ein Endlager für hoch radioaktive Abfälle vorbereiten soll. Vertreter der BGR beraten das 34-köpfige Gremium bei geowissenschaftlichen Fragen. Bei allen Sitzungen der Endlagerkommission ist mindestens einer der BGR-Experten anwesend.



▲ Sondierstollen im internationalen Felslabor Mont Terri in der Schweiz. Die BGR erforscht dort seit 20 Jahren die Eigenschaften von Tonstein für ein Endlager.

Transparent und fair – so soll die Arbeit der Endlager-Kommission ablaufen. Alle Sitzungen sind öffentlich und werden live im Internet übertragen. Es gibt Audio-Mitschnitte; jedermann kann der Kommission über das Internetportal Fragen stellen und Kommentare abgeben. Alle Doku-

mente, über die die Kommission mit dem offiziellen Titel „Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe“ diskutiert oder die für ihre Arbeit wichtig sind, können ebenfalls über das Internetportal abgerufen werden.

„Die Aufgabe der Kommission be-

steht darin, die eigentliche Suche nach einem Endlager-Standort vorzubereiten“, erläutert Dr. Volkmar Bräuer, Fachabteilungsleiter „Unterirdischer Speicher- und Wirtschaftsraum“ bei der BGR. Unter den Kommissionsmitgliedern sind nicht nur Politiker aus dem Bundestag und aus den Lan-

desregierungen, sondern auch Vertreter aus Wissenschaft und Gesellschaft. Die verschiedenen Aufgaben sind in drei Arbeitsgruppen aufgeteilt. Eine Gruppe entwickelt beispielsweise Regeln und Kriterien für den gesellschaftlichen Dialog und die Öffentlichkeitsbeteiligung während der späteren Endlagersuche. Auch dabei sollen Transparenz und Bürgerbeteiligung im Vordergrund stehen.

### Transparenz und Bürgerbeteiligung

Die zweite Arbeitsgruppe überprüft das derzeit bestehende Standortauswahlgesetz, die dritte erarbeitet Entscheidungskriterien. Der gesuchte Standort soll die bestmögliche Sicherheit bieten und gesellschaftlich akzeptiert werden. Mitte 2016 will das Gremium einen Ergebnisbericht vorlegen, der die Grundlage für das weitere Vorgehen bei der Endlagersuche liefert.

Die nötige Expertise bei geowissenschaftlichen Fragen liefern Wissenschaftler der BGR: der BGR-Präsident und ein weiterer Forscher sind bei allen Sitzungen der Kommission anwesend. Volkmar Bräuer nimmt an allen Sitzungen der Arbeitsgruppe 3 teil.

### Geschätzte Ansprechpartner

Dank der langjährigen und umfassenden Forschungsaktivitäten der BGR zum Thema Endlagerung sind die BGR-Wissenschaftler bei den Kom-



▲ BGR-Wissenschaftler im Felslabor Mont Terri in der Schweiz. Mit hochauflösenden, geophysikalischen Messmethoden ergründen sie, ob Tonstein für die Endlagerung hoch radioaktiver Abfälle geeignet ist.

missionsmitgliedern als Ansprechpartner sehr geschätzt. „Die BGR ist die Institution in Deutschland, die für die geowissenschaftlichen und geotechnischen Fragen des gesamten Prozesses der Standortauswahl bis zur Eignungsaussage umfassende Fachkompetenz besitzt“, sagt Volkmar Bräuer.

Die Arbeitsgruppe 3 beschäftigt sich unter anderem mit verschiedenen Entsorgungsoptionen, allgemeinen Sicherheitsanforderungen und möglichen Fehlerkorrekturen. „Die geowissenschaftlichen Gesichtspunkte sind dabei entscheidend für die Sicherheit des Endlagers. Deshalb müssen die geowissenschaftlichen Mindestanforderungen an die Standortregion,

die Ausschlusskriterien sowie die Abwägungskriterien mit Sachverstand festgelegt werden“, berichtet Bräuer weiter.

### Wissenschaftliche Expertise

Seit dem ersten Treffen der Kommission hat die BGR bereits zahlreiche fachliche Expertisen abgegeben, darunter Vorträge, Faktenblätter, Übersichtsartikel und Datensammlungen. Themen waren etwa die geowissenschaftlichen Kriterien bei Endlagerprojekten in anderen Ländern oder leicht verständliche Fakten zur Tonsteinforschung.

[www.bundestag.de/endlager/](http://www.bundestag.de/endlager/)

Kontakt: **Dr. Volkmar Bräuer**

## Salzvorkommen neu bewertet

### BGR untersucht flach lagernde saline Schichten

Die Suche nach einem Endlager-Standort für hoch radioaktive Abfälle ist 2013 neu gestartet worden. Alle in Deutschland vorkommenden potenziellen Wirtsgesteine müssen neu bewertet und verglichen werden. Auf der Liste stehen nun auch sogenannte „flach lagernde Salinarformationen“. Im Projekt BASAL analysiert die BGR den aktuellen Kenntnisstand zu diesen Salzvorkommen.

Während der letzten 250 Millionen Jahre waren Teile Deutschlands mehrfach von flachen Meeren oder großen Salzseen bedeckt, die manchmal noch salziger waren als heute

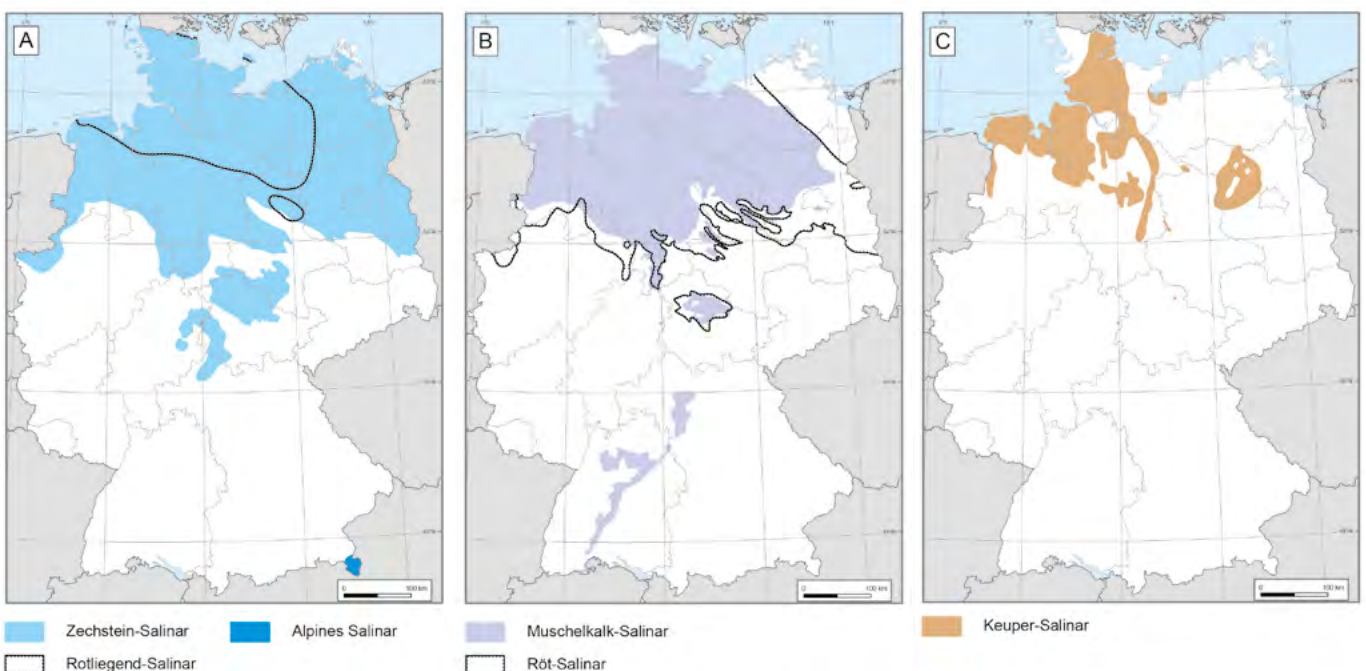
das Tote Meer. Durch Verdunstung blieben von diesen Gewässern Salzablagerungen zurück, auf die sich nach und nach jüngere Sedimente legten.

Ursprünglich lagerten sich die Salzminerale in flachen Schichten auf dem Meeresboden ab. Später, unter der Last weiterer Gesteinsschichten, stiegen sie an einigen Stellen bis zur Erdoberfläche empor – und bildeten pilz- oder säulenförmige Salzstöcke.

### Neustart bei der Endlagersuche

Bei der Suche nach einem Endlager für hoch radioaktive Abfälle standen Salzstöcke lange im Mittelpunkt. „Die BGR hat 1977, 1982, 1983, 1991 und 1995 Salzgesteinsstudien vorgelegt, die sich auf Salzstöcke konzentrierten“, berichtet Dr. Jörg Hammer, Leiter des Arbeitsbereiches „Geologische Erkundung“ bei der BGR.

Doch seit 2013 das Standortauswahlgesetz in Kraft trat, hat die Su-





che nach einem Endlager-Standort deutschlandweit neu begonnen. Außer Salzstöcken werden nun auch „flach lagernde Salinarformationen“ daraufhin untersucht, ob sie als Standort für ein Endlager in Frage kommen. Diese Salzschieben befinden sich häufig mehrere tausend Meter unter der Erdoberfläche und haben ihre Lagerungsverhältnisse seit dem Zeitpunkt ihrer Ablagerung kaum verändert.

### Neue Verbreitungskarten

BGR-Forscher um Klaus Reinhold und Jörg Hammer stellen im Projekt BASAL derzeit alle bekannten Daten zu diesen Salzformationen in Deutschland zusammen. Die Forscher haben bereits neue Verbreitungskarten erstellt. Darauf ist zu erkennen,



in welchen Landesteilen Salzgesteine aus den Erdzeitaltern Rotliegend, Zechstein, Röt, Muschelkalk, Keuper, Malm oder Tertiär zu finden sind.

Zudem haben die BGR-Experten Daten aus zahlreichen repräsentativen Bohrungen in den fraglichen Salzgesteinen zusammengestellt. Angaben dazu, wie die Schichten aufgebaut sind, wie mächtig die Steinsalzfolgen sind und wie tief sie lagern, liegen nun für alle altersverschiedenen Salzformationen in kompakter Form vor.

### Wie gut werden Schadstoffe zurückgehalten?

Im weiteren Projektverlauf werden einzelne Regionen besonders genau unter die Lupe genommen. „Wir werden zum Beispiel Mächtigkeitskarten und Tiefenlinienpläne erarbeiten“, sagt Jörg Hammer. Außerdem wollen die BGR-Forscher Proben aus Tiefbohrungen und Bergwerken untersuchen. „Wir werden die chemische Zusammensetzung und physikalischen Eigenschaften der Gesteine analysieren. Außerdem untersuchen wir, welchen Einfluss Störungszonen haben und wie sich Wärmezufuhr, erhöhte Fluid-Gehalte und variierende geomechanische Eigenschaften auf die Barriereigenschaften der Salzgesteine auswirken.“

◀ Verbreitung von Salzgesteinen aus unterschiedlichen geologischen Zeitaltern in der Bundesrepublik Deutschland.

Diese Fragestellungen sind wichtig, um herauszufinden, ob auch flach lagernde Salzschieben für die Endlagerung hoch radioaktiver Abfälle in Frage kommen. Im nächsten Schritt des bis 2019 dauernden Projektes wollen die Forscher geologische 3D-Modelle erarbeiten und damit Modellberechnungen durchführen. So wollen sie herausfinden, ob die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle die Salzschieben verändert – und wie sich dies auf die Eigenschaften der Formationen auswirken könnte. Außerdem werden die Forscher simulieren, welche Auswirkungen eine Kaltzeit auf ein mögliches Endlager in flachen Salzschieben hätte.

Kontakt: **Dr. Jörg Hammer,**  
**Dr.-Ing. Sandra Fahland**

# Den tieferen Untergrund nutzen

AnSichT: Methodenentwicklung und Anwendung eines Sicherheitsnachweiskonzeptes für einen generischen HAW-Endlagerstandort im Tongestein

## In die Zukunft geblickt

### BGR entwickelt Sicherheitsnachweiskonzept für ein Endlager im Tongestein

Radioaktive Abfälle sollen langfristig sicher im Untergrund gelagert werden. Für einen Sicherheitsnachweis von hoch radioaktiven Abfällen betrachten Experten einen Zeitraum von einer Million Jahren. BGR-Forscher entwickeln derzeit ein Konzept, um die Langzeitsicherheit eines Endlagers im Tongestein systematisch nachweisen zu können. In Modellen bilden sie dafür typische geologische Situationen in Nord- und in Süddeutschland nach.

Wie sich das Erdklima in der fernen Zukunft entwickelt, ist ungewiss. In einer Million Jahre könnten Teile Deutschlands bei neuen Kaltzeiten mehrfach von mächtigem Eis bedeckt sein. Wenn sich das Klima weiter erwärmt und der Meeresspiegel ansteigt, könnte sich allerdings auch ein flaches Meer in Mitteleuropa ausbreiten.

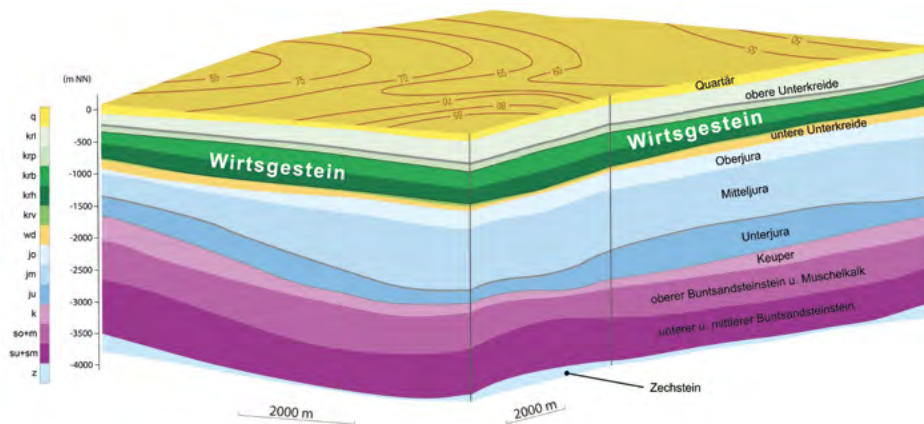
Bei der Planung eines Endlagers für radioaktive Abfälle müssen solche Entwicklungen berücksichtigt werden. „Um schädliche Auswirkungen der Abfälle auf Mensch und Umwelt langfristig zu verhindern, ist es nötig, sie für etwa eine Million Jahre von der Biosphäre fernzuhalten“, berichtet BGR-Forscherin Sabine Mrugalla.

**Sicherheitsnachweis für Tongestein**  
Mrugalla ist am Projekt AnSichT beteiligt. Die BGR erarbeitet zusammen mit den Partnern DBE TECHNOLOGY GmbH in Peine und der Gesellschaft für Anlagen- und

Reaktorsicherheit mbH in Braunschweig neue Methoden, um einen Sicherheitsnachweis für ein Endlager in Tongesteinen durchzuführen.

„Gemeinsam mit unseren Partnern betrachten wir nicht nur die Geologie, sondern auch die Technik und das Gebäude eines Endlagerbergwerks. Ihre möglichen Entwicklungen be-

schreiben wir dann in Szenarien“, erläutert Sabine Mrugalla. International ist es in Endlagerprojekten üblich, zunächst den Anfangszustand wissenschaftlich zu beschreiben. Anschließend werden die Prozesse dokumentiert, die das Endlagersystem in der Zukunft beeinflussen könnten. Dafür bewerten verschiedene Fachleute zum Beispiel die physikalischen



▲ 3D-Blockbild des Modells NORD für den Bereich Norddeutschland.

Eigenschaften des Wirtsgesteins, Korrosion der Behälter, unterirdische Transportprozesse oder geologische Ereignisse bis hin zu einem Meteoriteneinschlag und ordnen sie in Zustände und Prozesse ein. Die BGR übernimmt im Projekt AnSichT die Beschreibung der geowissenschaftlichen Prozesse.

### Geologische Endlagerstandort-Modelle

Im Fall eines Endlagers im Tongestein sind unterschiedliche geologische Entwicklungen möglich, je nachdem, ob solch ein Endlager in Nord- oder in Süddeutschland liegen würde. „Wir haben uns daher entschieden, zwei Modelle aufzubauen, eins für Nord- und eins für Süddeutschland“, berichtet Sabine Mrugalla.

Im Modell NORD haben die Forscher Tongesteine aus der Unterkreide als potenzielle Wirtsgesteine angenommen. Es beinhaltet insgesamt 17 geologische Schichten vom Zechstein bis zum Quartär. Das Modell SÜD besteht aus 16 Schichten und ist insgesamt mehr als 1 000 Meter mächtig. Als Wirtsgestein wählten die Forscher dort den Opalinuston aus dem mittleren Jura aus.

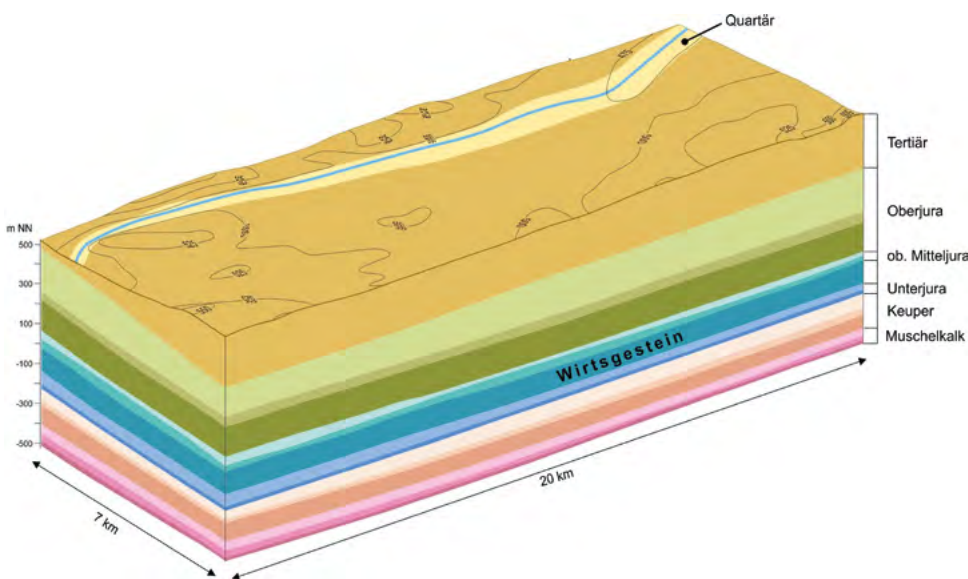
### Langzeitprognosen

Für beide Modelle hat die BGR geowissenschaftliche Langzeitprognosen erstellt. Diese Vorhersagen beschreiben, wie sich die Modelle während der nächsten Million Jahre weiterentwickeln würden, wenn beispielsweise mehrere Kaltzeiten kämen, wie sich die Erosion an der Oberfläche aus-

wirken oder ob und wie die Erdkruste verformt würde.

„Ein wichtiges Ziel bestand darin, den Katalog, in dem die verschiedenen Zustände und Prozesse dokumentiert sind, eindeutiger und klarer zu strukturieren. Wir wollten jene Informationen, die für die Szenarientwicklung eine Rolle spielen, nachvollziehbar dokumentieren“, sagt Sabine Mrugalla. Im Katalog für Süddeutschland haben sie und ihre Kollegen dieses Ziel bereits umgesetzt. Den verschiedenen Prozessen wird nun eine Eintrittswahrscheinlichkeit zugewiesen. Dadurch ist es möglich, wahrscheinliche und weniger wahrscheinliche Entwicklungen des Endlagersystems nachzuvollziehen.

Kontakt: **Sabine Mrugalla**



▲ 3D-Blockbild des Modells SÜD für den Bereich Süddeutschland.

## Tektonische Kräfte in Aktion

Mikrostrukturen im Tonstein verraten, wie Störungen entstanden und sich auswirken

Im Projekt BASTION analysieren BGR-Experten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie Probenmaterial aus Untertagelabors in der Schweiz und in Frankreich. Sie wollen mehr über die endlagerrelevanten Eigenschaften von Tonsteinen herausfinden. Die wichtigsten Fragen: Wie wirken sich geologische Störungszonen auf die Stabilität von Tonstein aus? Welchen Einfluss haben Heterogenitäten?

Die Kräfte der Tektonik können selbst die härtesten Gesteine zermahlen. Da, wo sich die Erdkruste aufgrund des Wirkens von erdinneren Kräften verschiebt, entstehen oft Dezimeter bis Kilometer mächtige Bruchzonen.

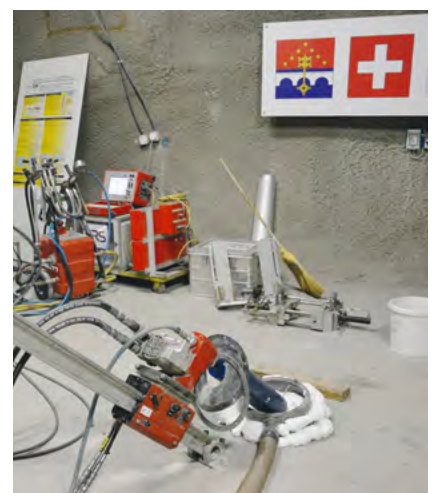
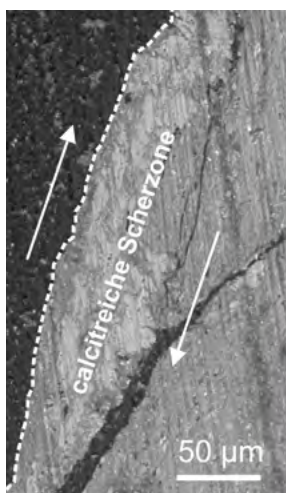
Innerhalb dieser Störungen ist das vormals feste Gestein häufig zu einem feinen Mehl zerkleinert.

Für den Bergbau sind solche „Gesteine mit Verformungsgefüge“, wie

Fachleute sie nennen, oft ein Problem. Denn die deformierten Gesteinsbereiche verhalten sich oft unberechenbar. Auch die Planer eines Endlagers für hoch radioaktive Abfälle müssen wissen, wie das Wirtsgestein auf mechanische Belastungen reagiert. „Um die Umsetzung des Standortauswahlgesetzes vorzubereiten, haben wir unsere Untersuchungen zum Wirtsgestein Tonstein intensiviert“, berichtet Dr. Jörg Hammer, Leiter des Arbeitsbereiches „Geologische Erkundung“ bei der BGR.

### Vergleich von Tonstein und Steinsalz

Er und seine Kollegen legen besonderes Augenmerk darauf, Deformationsprozesse in Salz- und Tonsteinen zu vergleichen – und herauszufinden, wie mögliche Störungen in diesen plastischen bzw. brüchigen Gesteinen wieder verheilen. „Wir beschäftigen



▲ Eine Störungszone im Tonstein unter dem Elektronenmikroskop (l.) und im Bohrkern (r.). An den Harnischflächen kann die Bewegungsrichtung abgelesen werden.

▲ Bohrarbeiten der BGR im internationalen Felslabor Mont Terri im Kanton Jura in der Schweiz.

uns bereits seit 1991 mit Tonsteinen und sind an mehreren internationalen Kooperationen beteiligt“, betont Jörg Hammer.

Im Projekt BASTION untersucht die BGR noch bis 2019, wie zum Beispiel Deformationsprozesse, Wärmezufuhr und die Lagerungsverhältnisse die Eigenschaften von Tonsteinen prägen. Dazu analysieren die Forscher Probenmaterial aus dem Untertagelabor Mont Terri in der Schweiz und anderen Standorten.

### Bohrung im Untertagelabor

Die BGR-Experten haben sich zunächst ungestörte Gesteinsproben aus dem sogenannten Opalinuston vorgenommen – einer Gesteinsformation aus dem Erdzeitalter Jura, die in der Schweiz als mögliches Wirtsgestein für radioaktive Abfälle untersucht wird und die auch in Süddeutschland weit verbreitet ist. Die Untersuchungen ergaben, dass der Tongehalt und der Anteil anderer Minerale wie Pyrit, Quarz oder Karbonate und damit auch die Gesteinseigenschaften deutlich schwanken.

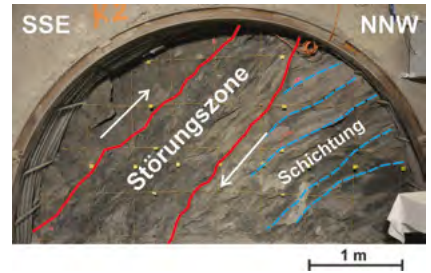
In anderen Proben identifizierten Tilo Kneucker und seine Kollegen künstliche Bruchmuster, die zum Beispiel durch den Bohrprozess oder während der Auffahrung des Untertagelabors entstanden waren. Diese Proben verglichen sie anschließend

mit Bohrkernen, die aus einer Bohrung direkt im Untertagelabor Mont Terri in der Schweiz stammten. Diese Bohrung durchquerte eine mehrere Meter mächtige Störungszone und liefert daher einen wichtigen Einblick in natürliche Deformationsprozesse.

### Geologische Interpretation

„Anhand dieser Untersuchungen können wir im Detail verstehen, wie sich natürliche Deformationen auf die Struktur von Tonstein auswirken – sowohl im mikroskopischen als auch im makroskopischen Bereich“, sagt Tilo Kneucker. Zusätzlich werden durch Kollegen der BGR in Mont Terri geophysikalische und geotechnische Messungen durchgeführt, um das Bohrlochumfeld zu charakterisieren. „Durch diese interdisziplinäre Vorgehensweise können wir die geologischen Prozesse, die im Gestein abgelaufen sind, besser deuten“, sagt Tilo Kneucker.

Die BGR untersucht zudem natürliche Analoga zu einem Endlager für radioaktive Abfälle im Tonstein, das durch natürliche Prozesse aufgeheizt wurde. Numerische Modellberechnungen begleiten die mineralogischen Untersuchungen. Damit bilden die Ergebnisse des Projektes BASTION eine wichtige Grundlage, um alle in Deutschland vorkommenden potenziellen Endlagerwirtsgesteine zu vergleichen.



▲ Aufschluss einer Störungszone im Tonstein im Felslabor Mont Terri.



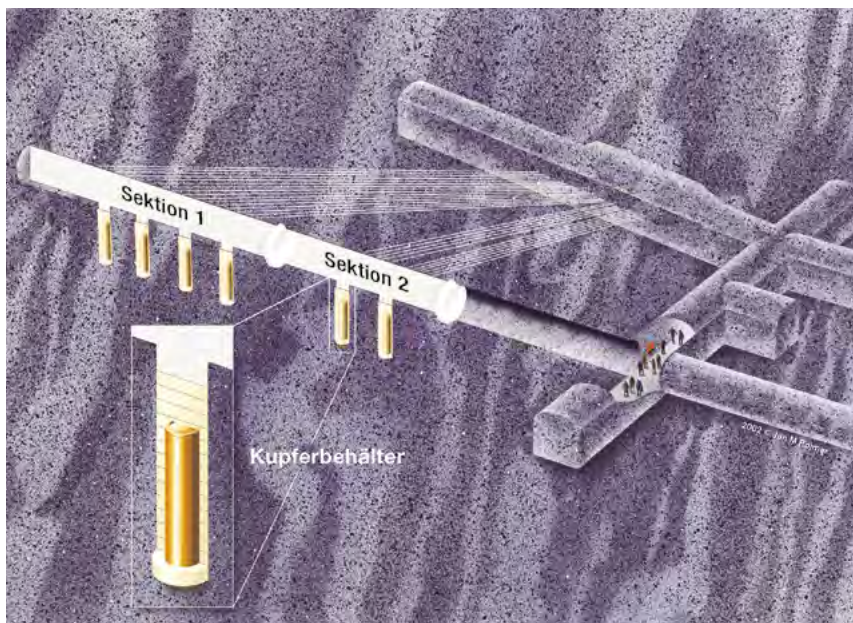
▲ Im Tonstein sind häufig Fossilien zu finden, wie dieser Ammonit.

Kontakt: **Tilo Kneucker,**  
**Dr. Jörg Hammer**

## Austausch im Bentonit

### Was passiert, wenn Grundwasser auf die Barriere trifft?

Anhand von Proben aus dem schwedischen Untertagelabor Äspö untersuchen BGR-Forscher, welche geochemischen Prozesse bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle im Untergrund ablaufen. Etwa dann, wenn das Tongestein der geotechnischen Barriere in Kontakt mit Grundwasser kommt.



Quelle: Dohrmann, R., Kaufhold, S., 2014, Clays & Clay Minerals, 62

▲ Design des „Prototype Repository“-Einlagerungsversuchs von radioaktiven Abfällen im „Äspö Hard Rock Laboratory“ in Südschweden.

Rote Schwedenhäuser inmitten einer idyllischen Schärenlandschaft – so präsentiert sich das Äspö Hard Rock Laboratory nahe des Städtchens Oskarshamn in Südschweden. Der Hauptteil der Forschungseinrichtung ist unsichtbar: Die Experimente, bei denen schwedische Forscher zusammen mit internationalen Kollegen unterschiedliche Endlager-Technologien testen, finden unter der Erde statt.

Von der Oberfläche aus windet sich ein spiralförmiger Tunnel durch das feste Granitgestein bis in etwa 500 Meter Tiefe. In zahlreichen Seitengängen und Nischen untersuchen die Wissenschaftler, welche Prozesse sich im Untergrund abspielen, wenn dort Behälter mit wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen gelagert werden. „Das Untertagelabor ähnelt dem zukünftigen Endlager in vielerlei

Hinsicht“, sagt Dr. Reiner Dohrmann, Arbeitsbereichsleiter Technische Mineralogie und Tonmineralogie an der BGR. „Es gibt aber einen entscheidenden Unterschied: In Äspö gibt es keine radioaktiven Abfälle.“

Dohrmann und sein Kollege Dr. Stephan Kaufhold sind an einem besonders wichtigen Experiment beteiligt, dem „Prototype Repository“. „Es handelt sich um einen Einlagerungsversuche im Maßstab 1:1“, sagt Stephan Kaufhold. „Dabei werden die exakten Dimensionen des späteren Endlagers eingehalten, so dass die Untersuchungen ein möglichst realitätsnahes Bild liefern.“

### Langzeit-Versuch seit 2001

Das Muster-Endlager besteht aus sechs senkrechten, sieben Meter tiefen Löchern mit einem Durchmesser von 1,75 Metern. In jeder dieser riesigen Vertiefungen wurde zwischen 2001 und 2003 jeweils ein zylinderförmiger Kupferbehälter versenkt, der durch elektrische Heizer



▲ Mitarbeiter des schwedischen Unternehmens SKB bringen die Dummy-Behälter für den Einlagerungsversuch von radioaktiven Abfällen im untertägigen Versuchstunnel im schwedischen „Äspö Hard Rock Laboratory“ in Position.

auf Temperaturen von etwa 90 Grad Celsius an der Oberfläche erwärmt wurde. Die Metallzylinder sind außerdem von knapp 60 Zentimeter dicken Ringen aus verdichtetem Bentonit umhüllt. Dieses Tongestein gilt als besonders gut geeignet, um die Ausbreitung radioaktiver Nuklide zu stoppen. Experten bezeichnen Bentonit auch als geotechnische Barriere: Da das Wirtsgestein Granit von Klüften durchzogen ist, durch die Grundwasser strömt, müssen die radioaktiven Abfälle zusätzlich in ein möglichst undurchlässiges Material eingebettet werden, um Schadstoffe zurückzuhalten. „Die Eigenschaften von Bentonit sind aber noch nicht vollständig verstanden“, berichtet BGR-Forscher Reiner Dohrmann.

### Komplizierte Austauschprozesse

Als 2011 die ersten beiden Kupfer-

behälter nach acht Jahren wieder aus dem experimentellen Endlager entfernt wurden, erhielt die BGR Proben aus mehreren der Bentonit-Ringe. Dohrmann und Kaufhold wussten bereits, dass zwischen den quellfähigen Tonmineralen und dem Grundwasser sogenannte Kationenaustauschprozesse stattfinden: Innerhalb weniger Jahre verdrängen positiv geladene Calcium-Ionen hauptsächlich Natrium-Ionen, die vorher im Bentonit gebunden waren.

### Barriere bleibt stabil

Die BGR-Wissenschaftler waren bei der Untersuchung des Barrierematerials daher nicht überrascht, dass die Konzentration von Calciumionen im Tongestein während des Experiments angestiegen war. Sie fanden heraus, dass dieser Austausch das Barrierematerial jedoch nicht beschädigt hatte.

Eine weitere Beobachtung: Magnesium-Ionen aus dem Bentonit waren während der Zeit der Einlagerung offenbar zur Kontaktfläche mit dem Kupferbehälter gewandert. „Dieses Phänomen wurde bereits bei anderen In-situ-Versuchen mit Bentonitbarrieren beobachtet, konnte bisher aber noch nicht vollständig erklärt werden“, so Reiner Dohrmann. In Laborexperimenten trat es dagegen nicht auf. Der BGR-Forscher ist überzeugt: „Hier zeigt sich der Wert solcher Großmaßstabexperimente.“

---

Kontakt **Dr. Reiner Dohrmann,**  
**Dr. Stephan Kaufhold**

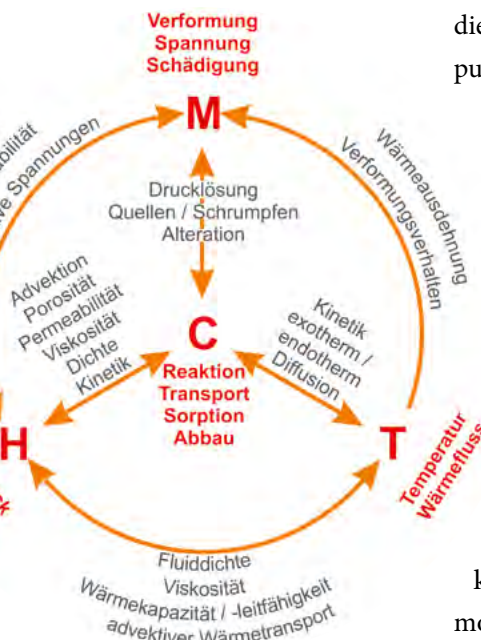
## Aufheizen mit System

Numerische Berechnungen und Experimente gehen in der Endlagerforschung Hand in Hand

Wenn radioaktive Abfälle unter der Erde gelagert werden, verändert sich der Untergrund in vielerlei Hinsicht – thermisch, hydraulisch, mechanisch und chemisch. Vor einer möglichen Endlagerung müssen diese komplexen Prozesse mit Modellrechnungen simuliert werden. Forscher der BGR verwenden im Tongestein hierfür den Computercode OpenGeoSys.

Der Stollen im japanischen Untergrundlabor Horonobe auf der Insel Hokkaido liegt 350 Meter unter der Erde, umgeben von weichem Tongestein. Hier haben Forscher der japanischen Atomenergiebehörde JAEA 2014 ein einzigartiges Experiment eingerichtet: In einem 4,20 Meter tiefen Loch mit einem Durchmesser von 2,40 Metern haben sie einen elektrischen Heizapparat versenkt und in eine Mischung aus Sand und dem Tonmineral Bentonit eingebettet. Das Ganze ist mit einem Pfropfen aus Zement verschlossen.

Bis 2020 wird die Heizung ständig auf eine Temperatur von fast 100 Grad Celsius erwärmt. Sensoren im Füllmaterial, im Stollen und im umliegenden Gestein registrieren, wie das Material auf die Hitze reagiert. So



▲ Kopplungsmechanismen von thermischen (T), hydraulischen (H), mechanischen (M) und chemischen (C) Prozessen.

wollen die Forscher herausfinden, welche Effekte die Wärme hat, die von radioaktiven Abfällen ausgeht.

### Internationale Kooperation

Im Rahmen des internationalen Projektes DECOVALEX (DEvelopment

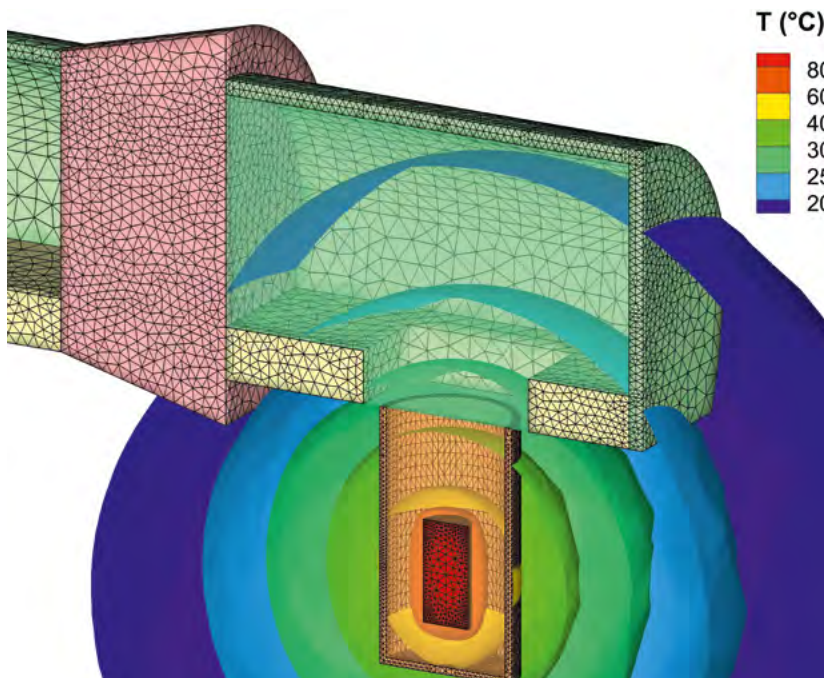
of COupled models and their VALidation against EXperiments in nuclear waste isolation) werden sie dabei von BGR-Forschern um Dr. Jobst Maßmann und Dr. Hua Shao unterstützt. „Wir entwickeln numerische Methoden, um die komplexen Prozesse zu simulieren, die sich in Endlagerstandorten abspielen“, berichtet Jobst Maßmann. Dafür verwenden die BGR-Experten den offenen Computercode OpenGeoSys.

OpenGeoSys wird federführend von der Abteilung Umweltinformatik am Helmholtz Zentrum für Umweltforschung (UFZ) in Leipzig betreut. Der Schwerpunkt dieses Programms besteht darin, thermisch-hydraulisch-mechanisch-chemisch gekoppelte Prozesse in porösen und klüftigen Medien numerisch zu modellieren. Außer in der Endlagerforschung kommt OpenGeoSys zum Beispiel auch bei der CO<sub>2</sub>-Speicherung oder Geothermie zum Einsatz.

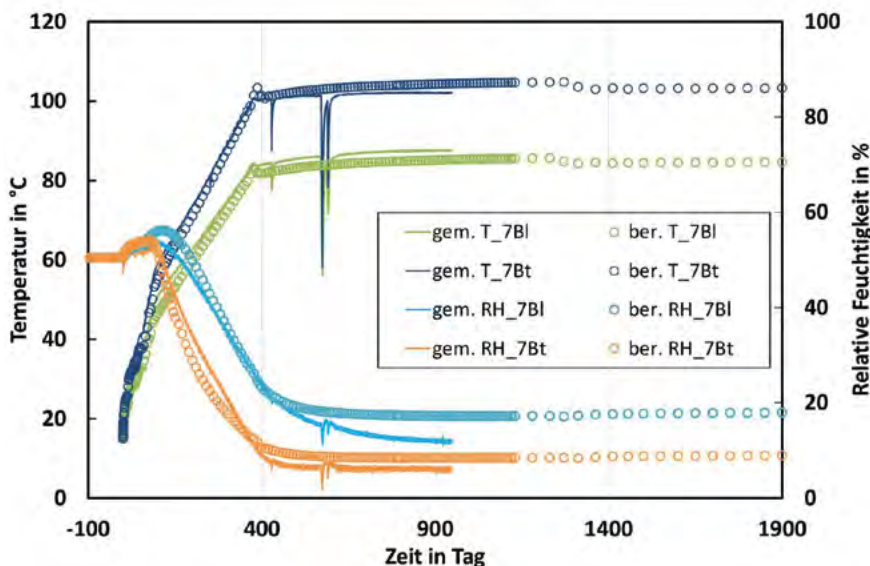
### Benchmark-Studien

Jedes Mal, wenn der Quellcode geändert wird, testen die beteiligten Forscher anhand von bekannten Beispielen, ob das Ergebnis nach wie vor stimmt. 2015 hat das Team die





▲ Mit dem Computercode OpenGeoSys berechnete Temperaturverteilung beim Aufheizexperiment im Untergrundlabor Horonobe auf der japanischen Insel Hokkaido.



▲ Gemessene und berechnete zeitliche Entwicklung der Temperaturen und Feuchtigkeiten im schweizerischen Felslabor Mont Terri.

Ergebnisse dieser „Benchmarks“ in einem Buch dokumentiert, das im Springer-Verlag in der Serie „Terrestrial Environmental Sciences“ veröffentlicht wurde. BGR-Forscher Hua Shao war einer der Herausgeber.

Die Endlagerung radioaktiver Abfälle stellt allerdings eine besondere Herausforderung für die Modellierer dar. „Alle physikalischen Prozesse sind eng miteinander gekoppelt“, betont Hua Shao. So hängt es beispielsweise

von der Temperatur ab, wie stark die feinen Poren im Gestein mit Wasser gesättigt sind. Der Sättigungsgrad des Gesteins wiederum bestimmt, wie gut es Wärme weiterleiten kann. Welche Gesetze letztlich den Kapillardruck und die Temperaturentbreitung beherrschen, müssen die Endlagerforscher daher zunächst in Laborexperimenten herausfinden. Erst dann können sie die richtigen Formeln in ihren Computercode eingeben.

### Experimente in Japan und der Schweiz

Shao und Maßmann haben unter anderem simuliert, wie sich Wassersättigung und Temperaturen bei den Heizexperimenten im japanischen Untertagelabor Horonobe und im Felslabor Mont Terri in der Schweiz entwickeln. Das japanische Experiment ist ein vertikales Bohrloch im gleichen Maßstab, wie es später für die Endlagerung geplant ist. Der schweizer Versuch im Maßstab 1:2 läuft bereits seit 2012 und sieht eine waagerechte Einlagerung vor. Wie sich gezeigt hat, stimmen berechnete und gemessene Temperaturen und Feuchtigkeiten bei beiden Untertagelabors recht gut überein.

Kontakt: **Dr.-Ing. Jobst Maßmann,**  
**Dr.-Ing. Hua Shao**

# Stand­sicherheit nachgewiesen

### Untertageanlage der Bundeswehr ist nicht gefährdet

Die BGR bewertet seit Mitte der 1960er Jahre die Stand­ sicherheit des Bundeswehr-Depots in Neckarzimmern in Baden-Württemberg. Experten der BGR untersuchen die Grubenräume regelmäßig, entwerfen Messprogramme zur Überwachung der Anlage und werten Spannungs- und Verformungsmessungen im Gebirge aus.

Hoch über den steilen Hängen des Neckars thront Burg Hornberg, der frühere Wohnsitz des Ritters Götz von Berlichingen. Die kühne Festung ist allerdings nicht die einzige At-

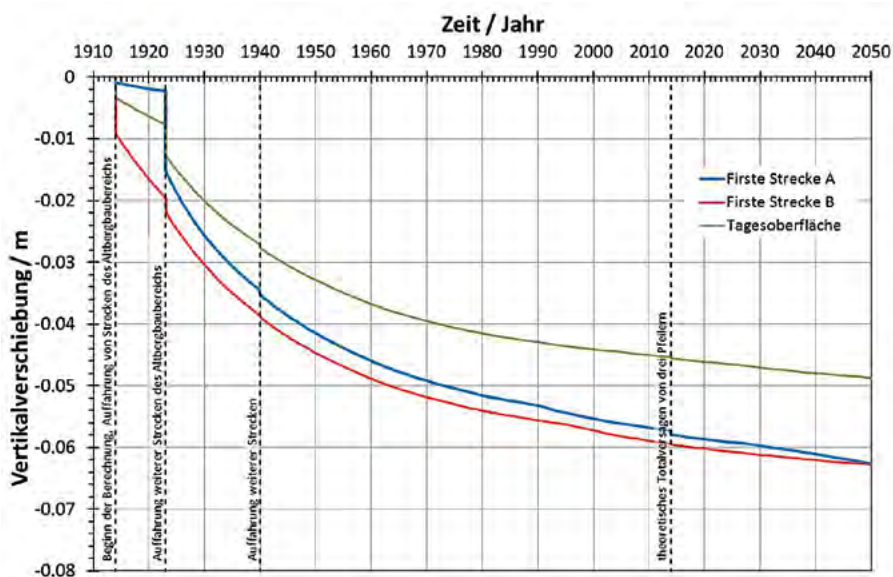
traktion des nordbadischen Örtchens Neckarzimmern: Direkt unter der Burg befindet sich eine weitverzweigte Untertageanlage, die von der Bundeswehr als Materiallager genutzt wird.

„In dem Bergwerk wurde ursprünglich Gips abgebaut“, berichtet Dr. Jürgen Hesser von der BGR. Nachdem die Bundeswehr die Untertageanlage ab 1957 gemietet hatte, wurden die Grubenräume bis in die 1960er Jahre zu einem Materialdepot erweitert und umgerüstet. Weil untertage kaum Korrosion auftritt und das Material vor Diebstahl sicher ist, deponieren Luftwaffe und Heer dort bis heute Ausrüstungsgegenstände. Neckarzimmern gilt als größte und modernste Untertageanlage der Bundeswehr.

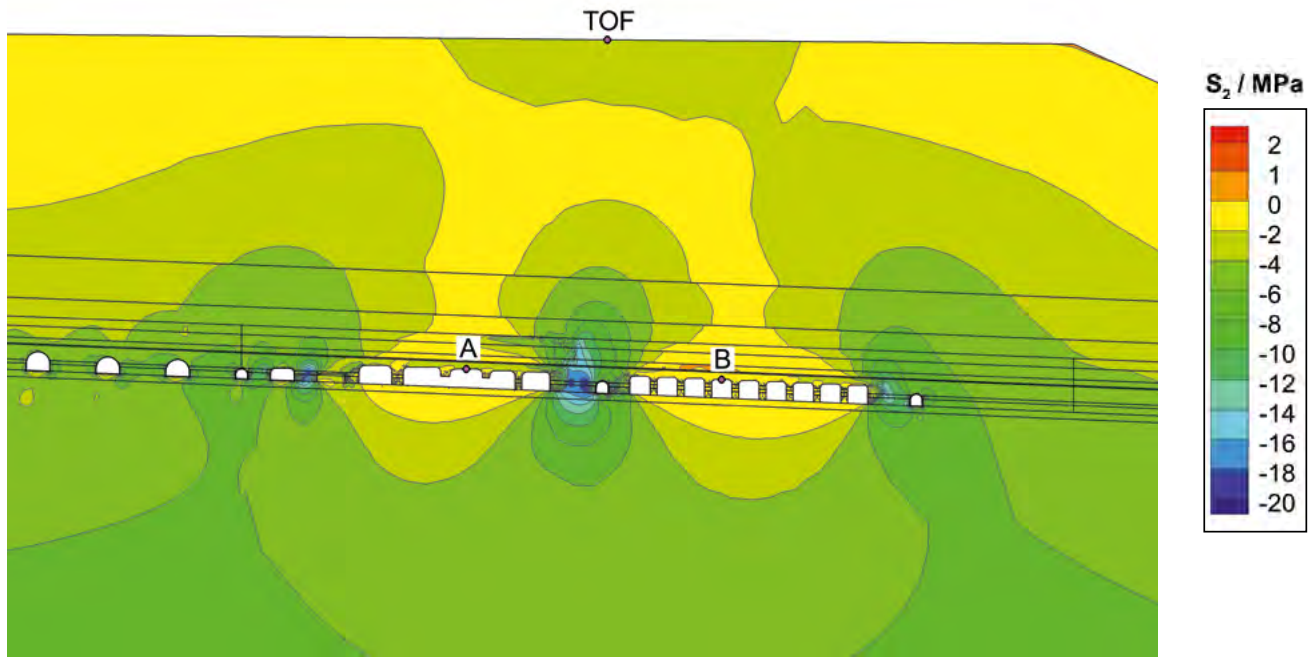
### Die Spuren des Bergbaus

Allerdings hat der frühere Bergbau Spuren im Gebirge hinterlassen. „Die ehemaligen Abbaukammern zur Gipsgewinnung wurden nur teilweise verfüllt und nicht gesichert“, sagt Hesser. Es kommt vor, dass sich Gestein im Bereich der abgeworfenen/verlassenen Abbaukammern lockert. Als Folge verändern sich die Spannungen im Gestein. „Die angrenzenden genutzten Räume werden dadurch zusätzlich beansprucht“, berichtet BGR-Experte Ralf Eickemeier. In den Pfeilern zwischen den alten Abbaukammern sind einzelne Risse zu erkennen, an einigen Stellen platzt das Gestein schalenartig ab. Ein Bild, das auch in anderen verlassenen Bergwerken zu beobachten ist.

Ein Team um Hesser und Eickemeier hat nun die Stand­ sicherheit der



▲ Zeitliche Entwicklung der berechneten Senkungen für zwei Firstpunkte in zwei alten Abbaukammern untertage (A, B) und für die Tagesoberfläche (TOF). Die Lage der Punkte ist in der anderen Abbildung gekennzeichnet. Ein Großteil der Senkungen ist bis zum heutigen Zeitpunkt bereits eingetreten. In Zukunft wird es nur geringe Senkungszuwächse geben. Ein Totalversagen mehrerer Pfeiler im verlassenen Bereich der Anlage würde sich auf die Senkungsentwicklung untertage nur wenig und an der Tagesoberfläche gar nicht auswirken.



▲ Berechnete Spannungsverteilung im Gebirge beim Totalversagen von drei Pfeilern im verlassenen Bereich der Untertageanlage. Über den verlassenen Abbaukammern (Bereich um die Punkte A und B) ist das Gebirge deutlich entlastet (gelb). Seitlich der Abbaukammern sind die Spannungen höher (grün). Ein Spannungsgewölbe, das sich dort gebildet hat, leitet das Gewicht des überlagernden Gebirges zu den Seiten hin ab.

Anlage genauer untersucht. Die Forscher rechneten aus, welche Folgen es hätte, wenn einzelne Pfeiler in dem verlassenen Bereich des Bergwerkes zu Bruch gingen. Sie betrachteten dabei verschiedene Szenarien und untersuchten sowohl die Standsicherheit der Anlage als auch mögliche Auswirkungen auf die Oberfläche.

### Gewölbe als Schutz

„Wir haben in unserem Modell die Geologie und sämtliche Grubenräume realitätsnah abgebildet“, erläutert Ralf Eickemeier. Die Forscher berücksichtigten sogar, in welcher Reihenfolge die untertägigen Strecken entstanden waren. Um das Modell zu prüfen, verglichen sie ihre Ergebnisse mit tatsächlichen Messdaten.

Das Ergebnis der Analyse: Über den alten Abbaukammern hat sich eine Art Gewölbe gebildet, das sich auf die intakten Bereiche außerhalb der Kammern stützt und nicht auf die bereits brüchigen Pfeiler. „Auch wenn drei nebeneinander liegende Pfeiler versagen sollten, wird die Tragwirkung dieses Gewölbes kaum beeinträchtigt“, so Jürgen Hesser. Das Gebirge oberhalb der alten Abbaukammern würde sich in so einem Fall kaum verformen, zeigen die Berechnungen.

### Nur geringe Absenkungen an der Oberfläche

„Größere Absenkungen der Geländeoberkante durch ein derartiges Versagen sind ebenso wenig zu erwarten“,

ergänzt Ralf Eickemeier. Die BGR-Experten kommen zu dem Schluss, dass der Großteil der Verformungen im Grubengebäude bereits in der Vergangenheit auftrat. In Zukunft werden sich die heute genutzten Stollen demnach kaum noch verformen.

„Mit diesen Ergebnissen können wir eindrucksvoll nachweisen, dass die Standsicherheit der als Materiallager genutzten Strecken und Kammern für die nächsten 30 Jahre gewährleistet ist, selbst wenn einzelne Pfeiler versagen sollten“, schreiben die BGR-Forscher.

Kontakt: **Dr.-Ing. Jürgen Hesser,**  
**Ralf Eickemeier**

## Die Sache mit dem Reinheitsgrad

Spurengase spielen bei der CO<sub>2</sub>-Speicherung eine große Rolle

Kohlendioxid, das aus den Abgasen von Kraftwerken abgetrennt wird, enthält gasförmige Verunreinigungen. Dadurch verändern sich die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Gasstromes. BGR-Experten untersuchen in Modellrechnungen, wie sich unterschiedliche Spurengase auf das Speichergestein auswirken. Ihr Testobjekt: Eine Pilotanlage in Israel.



Quelle: Dorothee Rebscher

▲ Am Pilotstandort Heletz in Israel werden Untersuchungen zur geologischen CO<sub>2</sub>-Speicherung durchgeführt.

Zehn Kilometer südöstlich der israelischen Stadt Ashkelon liegt das Ölfeld Heletz. Seit mehr als 50 Jahren wird hier Erdöl gefördert. Am Rande des Kohlenwasserstoff-Reservoirs wird nun der Sandstein in 1 600 Metern Tiefe als CO<sub>2</sub>-Speicher getestet. Mehrere internationale Forschungsprojekte untersuchen, wie sich das Treibhausgas in der Tiefe verteilt und welche chemischen Reaktionen sich im Gestein abspielen.

Zwei Forschungsbohrungen stehen

den Wissenschaftlern zur Verfügung: eine, um das Kohlendioxid in den Untergrund zu pressen, die zweite Bohrung dient der Beobachtung. Auch BGR-Forscher um Dr. Dorothee Rebscher sind an dem Pilotprojekt beteiligt. Im Rahmen des internationalen Verbundprojektes CO<sub>2</sub>QUEST untersuchen sie, wie sich Verunreinigungen im abgeschiedenen Kohlendioxid auf das Speichergestein in Heletz auswirken. „Mitte des Jahres 2016 soll ein Injektionstest mit reinem CO<sub>2</sub>

durchgeführt werden“, berichtet die BGR-Forscherin, „kurz danach soll ein Experiment mit CO<sub>2</sub> und SO<sub>2</sub> folgen.“

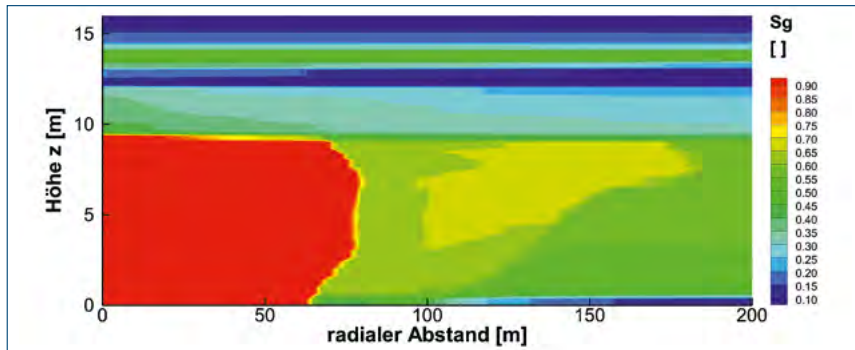
### Ehrgeizige Klimaziele

Hintergrund des Projektes sind Überlegungen, Kohlendioxid aus den Abgasen konventioneller Kraftwerke abzuscheiden und im Untergrund zu speichern. Diese Technologie, bekannt als CCS (Carbon Capture and Storage), könnte dazu beitragen, das Klimaziel der Bundesregierung zu erreichen. Demnach sollen sich in Deutschland die CO<sub>2</sub>-Emissionen in die Atmosphäre bis zum Jahr 2050 um 80 Prozent verringern.

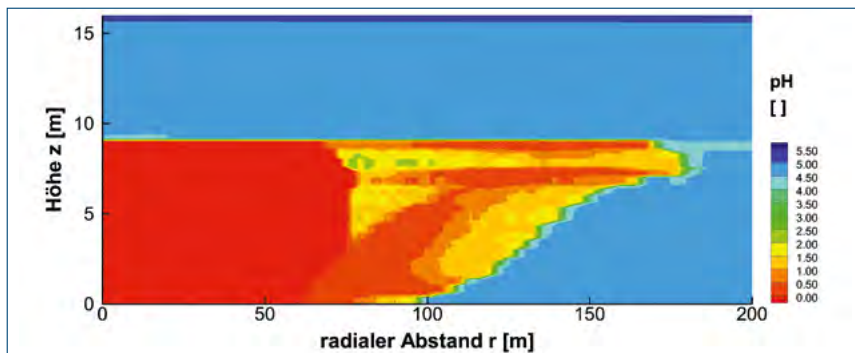
„Bei den aus konventionellen Kraftwerken abgeschiedenen CO<sub>2</sub>-Strömen handelt es sich aber nicht um reines CO<sub>2</sub>“, berichtet Dorothee Rebscher. Je nachdem, mit welcher Methode das Treibhausgas aus den Abgasen entfernt wird, finden sich unterschiedliche Verunreinigungen darin, zum Beispiel Schwefeldioxid, Stickstoff oder Wasser. „Der Reinheitsgrad lässt sich zwar beeinflussen, allerdings spielen dabei nicht nur die technischen Möglichkeiten eine Rolle, sondern auch wirtschaftliche Überlegungen“, so Rebscher.

### Komplexe Simulationsrechnungen

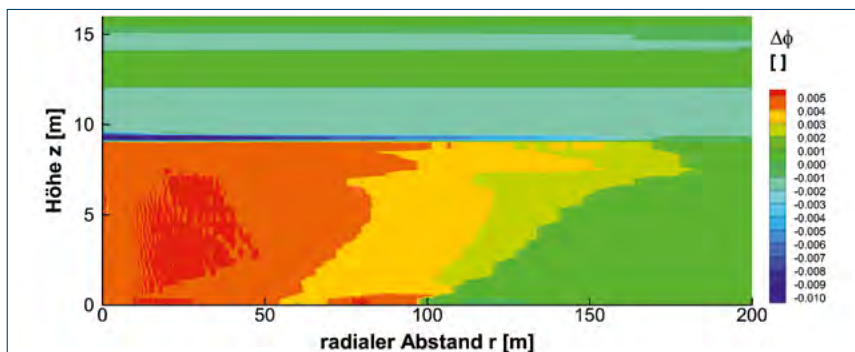
Sie und ihre Kollegen führen nun Modellrechnungen durch, um ther-



▲ Änderung der Gassättigung in einer 2D-Simulation nach der Injektion eines Kohlendioxid-Schwefeldioxid-Gemischs nach zehn Jahren. In der Umgebung der säulenförmigen Injektionsstelle entsteht eine Austrocknungszone, die deutlich an den hohen Gassättigungswerten (rot) zu erkennen ist.



▲ Änderung des pH-Werts in einer 2D-Simulation nach der Injektion eines Kohlendioxid-Schwefeldioxid-Gemischs. Nach zehn Jahren wird eine Änderung des pH-Werts im oberen Bereich des Sandsteinreservoirs in einem maximalen Abstand von etwa 200 Metern zur Injektionsbohrung beobachtet. Je niedriger der pH-Wert, umso stärker ist der korrosive Angriff auf das Speichergestein.



▲ Änderung des Porenraums  $\Delta\phi$  in einer 2D-Simulation nach der Injektion eines Kohlendioxid-Schwefeldioxid-Gemischs nach zehn Jahren. Das komplexe Zusammenspiel von Fluidtransport mit Bildung bzw. Auflösung von Mineralen erzeugt ein kompliziertes Muster. Eine geringe Reduzierung der Porosität findet sich an der Grenzschicht zwischen Bereichen mit höheren und niedrigen Permeabilitäten (dunkelblau). Rote bis gelbe Farbtöne hingegen kennzeichnen die Bereiche im Sandstein mit leichten Porositätszunahmen, d.h. erleichtertem Fluidfluss.

mische, hydraulische und chemische Vorgänge im Untergrund zu simulieren. Für diese sogenannten

THC-Simulationen verwenden sie das Programmpaket TOUGHREACT vom kalifornischen Lawrence Berkeley

National Laboratory. Als Ergebnis erhalten sie Informationen darüber, wie sich Druck, Gasgehalt und pH-Wert als Folge der CO<sub>2</sub>-Injektion räumlich und zeitlich entwickeln. Darüber hinaus berechnen die Modelle, welche Minerale chemisch mit Kohlendioxid reagieren und wo und wann sie sich umwandeln.

Ein Ergebnis der Simulationen: Befindet sich Schwefeldioxid im Gasstrom, wird ein Bereich in der Nähe der Injektionsstelle hauptsächlich von Schwefeldioxid chemisch beeinflusst, ein weiter entfernter Bereich dagegen hauptsächlich von Kohlendioxid. Je nach Zusammensetzung des CO<sub>2</sub>-Stroms und den Mineralien im Untergrund können sich unterschiedliche Mineralien auflösen oder neu bilden. Dadurch verändert sich der Porenraum im Speichergestein. Der Porenraum ist wiederum wichtig für die Injektivität - eine Größe, die angibt, wie gut eine Flüssigkeit oder ein Gas (hier der CO<sub>2</sub>-Strom) in den Untergrund eingebracht werden kann. „Eine spannende Herausforderung wird nun darin bestehen, die Vorhersagen der Simulationen mit experimentellen Daten zu vergleichen“, sagt Rebschers Kollege Dr. Jan Lennard Wolf.

Kontakt: **Dr. Dorothee Rebscher,**  
**Dr. Jan Lennard Wolf**

## Im Reich des Eismeereres

Im Svalbard-Archipel kombinierte die BGR erstmals Arbeiten an Land und auf See

In der bislang größten Arktis-Kampagne der BGR waren im Sommer 2015 gleich drei Expeditionsteams rund um Spitzbergen unterwegs. Zwei Gruppen untersuchten die Geologie der Inselgruppe an Land, ein drittes Team erkundete auf dem Forschungsschiff OGS Explora die Sedimentbecken der nördlichen Barentssee. Das Ziel der Kampagne: Die Entstehungsgeschichte der europäischen Arktis aufzuklären.



▲ Die Front des Esmarckgletschers an der Nordküste des Isfjorden/Spitzbergen im Arbeitsgebiet der CASE 17-Expedition. Die Berge werden aus verfallenen, 350 bis 250 Millionen Jahre alten Schichten aus dem Karbon und Perm aufgebaut.

Gefütterte Overalls, Mützen, gefütterte Handschuhe und dicke Arbeitsstiefel – das war mitten im August die typische Arbeitskleidung der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen auf dem Forschungsschiff OGS Explora. „Die Wetterbedingungen waren trotz der Spätsommerzeit eher herbstlich bis winterlich zu nennen“, berichtet der Geophysiker Axel Ehrhardt von der BGR, Fahrtleiter der Expedition PANORAMA-2.

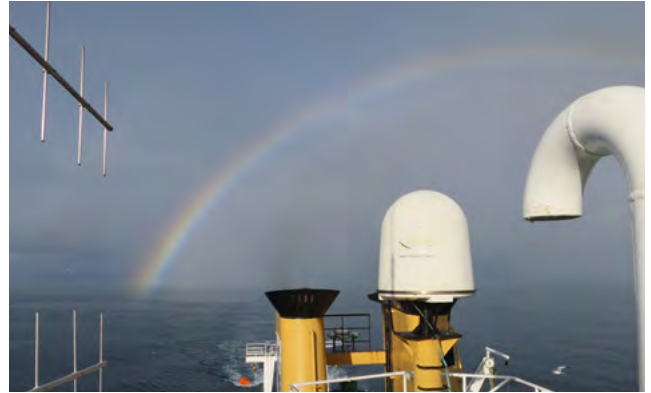


▲ Das Basislager der CASE 18-Expedition im August 2015 bei der Mosselbukta im Nordosten Spitzbergens, knapp unterhalb des 80. Breitengrades.

Bei Temperaturen zwischen zwei und acht Grad Celsius, Wind und heftigem Wellengang musste das Expeditionsteam einige Male improvisieren, um dem Nordmeer zwischen der Bäreninsel und dem Svalbard-Archipel seine Geheimnisse abzuringen.

### Leben am Meeresboden

„Wir haben mit geophysikalischen Methoden die Strukturen unter dem Meeresboden untersucht“, berich-



▲ Das Forschungsschiff OGS Explora während der Erkundungsfahrt für PANORAMA-2: Die Wetterverhältnisse beeinflussen haben einen starken Einfluss darauf, ob die Messungen durchgeführt werden können.

tet Dr. Kai Berglar. Der BGR-Forscher und seine Kollegen wollten herausfinden, wie mächtig die Sedimentschichten in der nördlichen Barentssee sind und wie sie im Verlauf der Erdgeschichte deformiert wurden. Mikrobiologen an Bord untersuchten außerdem Sedimentproben und kamen so den weitgehend unerforschten Lebensgemeinschaften am arktischen Meeresboden auf die Spur.

Die Expedition war die zweite Messkampagne innerhalb des Forschungsprogramms PANORAMA. In diesem Projekt soll die Ablagerungsgeschichte der Sedimente im europäischen Nordmeer und der angrenzenden Meeresgebiete vor Grönland und Norwegen rekonstruiert werden. Anhand dieser Informationen können Rohstoff-Experten der BGR einschätzen, welche Chancen und Risiken eine mögliche zukünftige Nutzung von Erdöl und Erdgas in der Arktis birgt.

### **Simultane Messungen**

Während die Forscher auf der OGS Explora Sedimentschichten aus den Erdzeitaltern Trias und Jura mit seismischen Wellen durchleuchteten, untersuchten die Teilnehmer der Landexpedition CASE 17 die gleichen Gesteine im Eisfjord auf Spitzbergen aus der Nähe.

Das Team um Dr. Karsten Piepjohn, zu dem Wissenschaftler aus Deutschland, Frankreich, Kanada, Norwegen, Polen, Schweden und den USA gehörten, interessierte sich für das Potenzial der Sedimente als Erdölmuttergestein. „Da diese Gesteine an Land aufgeschlossen sind, konnten wir Proben nehmen, um diese später im Labor chemisch zu untersuchen“, berichtet der Geologe.

### **Reise in die Vergangenheit**

Zwei weitere Ziele von CASE 17 bestanden darin, das Paläoklima und die geologische Geschichte der Arktis

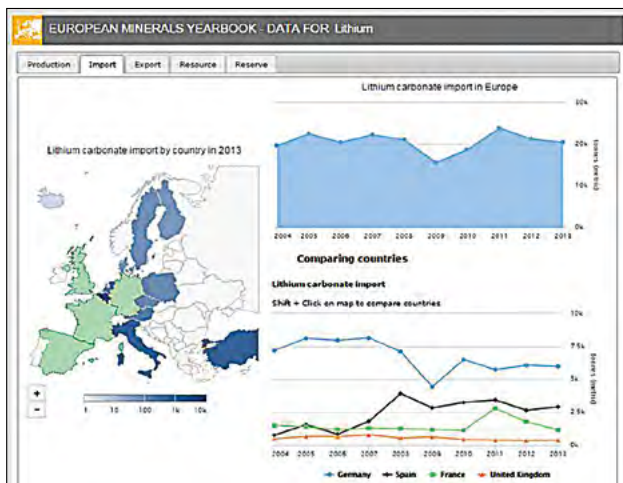
besser zu verstehen, insbesondere die Entstehung des Arktischen Ozeans. Noch weiter zurück in die Vergangenheit begaben sich die Teilnehmer der Expedition CASE 18. Sie hielten sich zwei Wochen lang im äußersten Nordosten Spitzbergens auf. „In diesem entlegenen Gebiet haben wir an Land keinen Menschen getroffen, aber sechs Eisbären gesichtet“, berichtet Karsten Piepjohn.

Das Team untersuchte den nördlichsten Ausläufer des so genannten Kaledonischen Gebirges. Dieses Massiv entstand bereits vor 450 Millionen Jahren, doch bislang ist nur wenig darüber bekannt. Die uralten Gesteine liefern ebenfalls Anhaltspunkte dafür, wie sich die Kontinentalplatten einst bewegten – und wo sich Rohstoffvorkommen verbergen könnten.

Kontakt:

**Dr. Karsten Piepjohn (CASE),  
Dr. Kai Berglar (PANORAMA)**

## Eine Plattform für Europa



▲ Die europäische Nickelproduktion in den Jahren 2004 bis 2013 als Beispiel für die im „European Yearbook“ erfassten Daten. Das Jahrbuch ist Bestandteil des Webportals „European Minerals Knowledge Data Platform“ und wurde im Rahmen des Minerals4EU-Projektes erstellt.

### Wissensbasis zu mineralischen Rohstoffen geschaffen

Geologische Dienste aus 26 europäischen Ländern sowie vier weitere Institutionen haben sich zu einem Netzwerk zusammengeschlossen. Das Ziel des Projektes Minerals4EU war es, das vorhandene Wissen über mineralische Rohstoffe leichter zugänglich zu machen. Das Resultat sind ein Webportal, ein Jahrbuch zu mineralischen Rohstoffen sowie vorausschauende Studien zu Fragen der europäischen Rohstoffversorgung.

Die staatlichen geologischen Dienste in Europa sind Experten, was das Thema Rohstoffe angeht. Allerdings arbeitet jeder der nationalen Dienste anders, benutzt andere Datenformate, hat eine andere Praxis bei Veröffentlichungen. Die Folge: Das Wissen, das in den einzelnen Ländern vorliegt, wurde bislang nicht zusammengeführt. Das Projekt Minerals4EU, das im August 2015 endete, hat dies nun für die mineralischen Rohstoffe geändert.

### Gemeinsame Datenbasis

Daten zu mineralischen Rohstoffen in Europa sind nun über ein Webportal abrufbar. In einem digitalen Jahrbuch finden sich zum Beispiel Produktionsdaten zu 65 minerali-

schen Rohstoffen, dazu umfangreiche Daten zu Sekundärrohstoffen sowie Handelsdaten. Das Jahrbuch ist abrufbar über das Webportal „European Minerals Knowledge Data Platform“ unter <http://minerals4eu.brgm-rec.fr/>. Die 28 EU-Länder und zwölf weitere

europäische Staaten führen darin erstmals ihre offiziellen nationalen Statistiken zusammen. Außerdem ist es das Ziel der geologischen Dienste in Zukunft regelmäßig gemeinsam ein Europäisches Jahrbuch für mineralische Rohstoffe herauszugeben.



▲ Die beteiligten Wissenschaftler des Minerals4EU-Projektes bei ihrem Treffen 2013 vor dem Eingang des finnischen geologischen Dienstes GTK in Espoo.

Quelle: Jari Vaitänen, GTK





▲ Kupfergrube Aitik bei Gällivare in Nordschweden. Gold und Silber werden als Nebenprodukte gewonnen.

Ein weiteres wissenschaftliches Ziel des Projektes war eine sogenannte Foresight-Studie. Diese Studie soll mögliche Entwicklungen unter die Lupe nehmen, die das Rohstoffangebot und die Nachfrage in Europa beeinflussen können. Mitverantwortlich für diese Studie waren die BGR-Wissenschaftler Dr. Henrike Sievers, Dr. Dominic Wittmer und Dr. Michael Szurlies. Das Team bündelte die Expertise von neun geologischen Diensten und drei Forschungsinstituten. Im Oktober 2015 war die erste Ausgabe der Studie fer-

tig. „Ein Thema darin waren unter anderem Angebot und Nachfrage mineralischer Rohstoffe in Europa, mit einem Fokus auf kritischen Rohstoffen“, berichtet Henrike Sievers.

### Rohstoffpotenzial Europas

Die Wissenschaftler identifizierten Faktoren, die das System von Angebot und Nachfrage direkt oder indirekt beeinflussen. Solche Faktoren können beispielsweise politische Entscheidungen sein, die spürbare Auswirkungen auf Europas Rohstoffmärkte haben, aber auch neue

technologische Entwicklungen oder langfristige Trends in der Rohstoffförderung. „Wir haben zahlreiche Themen beleuchtet wie zum Beispiel das Rohstoffpotenzial Europas und die weltweiten Explorationsausgaben, aber auch die rechtlichen und sozialen Rahmenbedingungen in Europa“, sagt Sievers.

Das Webportal, das Jahrbuch und die Foresight-Studie bilden gemeinsam eine Wissensplattform, die den aktuellen Kenntnisstand zu mineralischen Rohstoffen in Europa zusammenfasst. „Sie ist ein wichtiges Portal für die verschiedensten Akteure im Rohstoffbereich“, erläutert Dr. Michael Szurlies.

Das Projekt trägt entscheidend dazu bei, das Rohstoffwissen länderübergreifend zu vernetzen. Es unterstützt somit das Ziel der Europäischen Kommission, eine effiziente und nachhaltige Rohstoffstrategie für Europa zu entwickeln und die Rohstoffversorgung zu sichern.

[www.minerals4eu.eu](http://www.minerals4eu.eu)

Kontakt: **Dr. Henrike Sievers**



## Die Zeit läuft

### Expeditionen im Indischen Ozean entdecken großflächige Erzvorkommen

Im Mai 2015 unterzeichneten die BGR und die Internationale Meeresbodenbehörde ISA einen Lizenzvertrag zur Erkundung von Sulfid-Lagerstätten im Indischen Ozean. 15 Jahre hat die BGR nun Zeit, um ein 10 000 Quadratkilometer großes Gebiet zu erkunden. Die ersten beiden Expeditionen ins Lizenzgebiet fanden Ende 2015 und Anfang 2016 statt.



▲ Das Forschungsschiff PELAGIA verlässt den Hafen von St. Denis auf der Insel La Réunion.

Am 19. Oktober 2015 ging es los: Das Forschungsschiff PELAGIA verließ den Hafen von St. Denis auf der Insel La Réunion im Indischen Ozean und nahm Kurs auf das 830 Seemeilen entfernte deutsche Lizenzgebiet. Mit an Bord hatte das Team der Expedition INDEX 2015 gleich mehrere neue

Messsysteme, um den Meeresboden zu erkunden.

Während der achtwöchigen Expedition kam beispielsweise erstmals ein leuchtend gelbes, an ein Wagenrad erinnerndes Gerät namens „Golden Eye“ zum Einsatz. Mit die-

ser riesigen Spule ermittelten die Forscher um Fahrtleiter Dr. Ulrich Schwarz-Schampera die elektrische Leitfähigkeit der Gesteine und Erze im Meeresboden – und bestimmten somit die Ausdehnung der dort vorkommenden metallhaltigen Sulfiderze. „Mit Golden Eye können wir erstmals auch Informationen über Sulfidanreicherungen unterhalb der Meeresbodenoberfläche gewinnen“, erläutert der BGR-Experte für marine und terrestrische Lagerstätten.

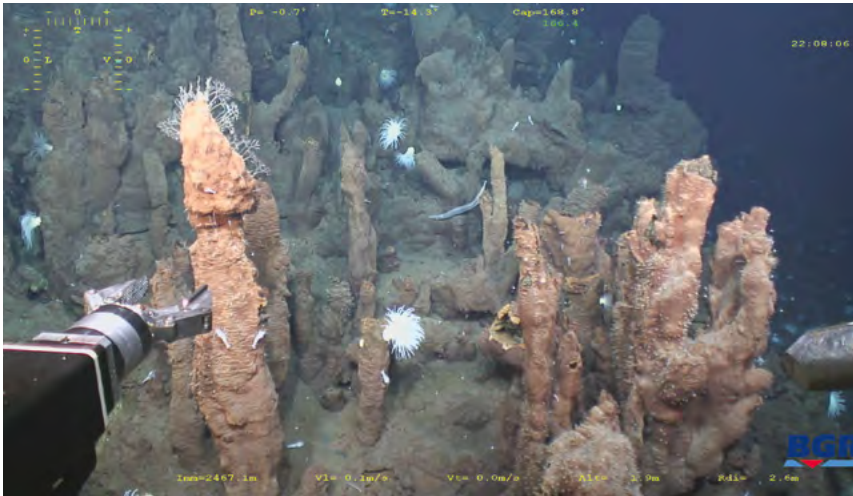
#### Schutz für Wale

Ein neues Fächerecholot namens „Homeside“ bewährte sich ebenfalls. „Das System wird vom Schiff geschleppt und bewegt sich in einer Höhe von etwa einhundert Metern über dem Meeresboden“, berichtet Schwarz-Schampera. Durch diese Anordnung soll zum einen verhindert werden, dass Wale oder Delfine durch den Schall des Echolots gestört werden.

Zum anderen misst „Homeside“ wegen des geringen Abstands zum Meeresboden besonders genau. Auf den Schallbildern vom Meeresboden waren selbst die einzelnen Schornsteine hydrothermaler Quellen zu sehen, die sogenannten Schwarzen Raucher.

#### Neue Erzvorkommen

Während der zweimonatigen Ausfahrt untersuchte das Team einen



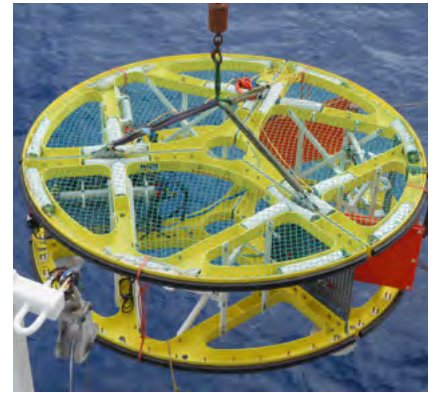
▲ Beprobung eines inaktiven Sulfidfeldes mit einem Unterwasserroboter.

Teil des deutschen Lizenzgebietes, der bereits Ziel früherer Expeditionen war. Die Forscher entdeckten dort ein neues, erzeiches Areal mit drei aktiven und sieben inaktiven Erzfeldern. Ein bereits bekanntes Erzvorkommen erwies sich als doppelt so groß wie bisher vermutet. „Die Sulfide in beiden Arealen scheinen weitflächig durch Basaltschutt überdeckt zu sein. Das lässt ein noch größeres Potenzial der Felder erahnen“, berichtet Schwarz Schampera. Während der anschließenden Expedition INDEX 2016 wurden von Bord des von der BGR gecharterten französischen Forschungsschiffes POURQUOI PAS? weitere neue Vorkommen im südlichen Abschnitt des Lizenzgebietes unter die Lupe genommen. Hierbei half der Einsatz von VICTOR, einem französischen Unterwasserroboter, der eine detaillierte Probenahme, aber auch zentimetergenaue Vermes-

sungen am Meeresboden ermöglicht.

Die von den Schwarzen Rauchern ausgestoßenen Sulfiderze enthalten hohe Anteile an Buntmetallen wie Blei, Kupfer und Zink, aber auch Gold und Silber sowie verschiedene Spurenelemente, etwa Antimon, Wismut, Gallium oder Indium. Diese Elemente sind in verschiedenen High-Tech-Anwendungen unentbehrlich, etwa in Windkraft- und Photovoltaikanlagen sowie Smartphones.

Die im Mai 2015 unterzeichnete Lizenz gibt der BGR das Exklusivrecht, das Gebiet südöstlich von Madagaskar intensiv zu erkunden. Nach Ende der Laufzeit kann sie in eine Abbaulizenz münden. Ziel der BGR ist es, nachhaltige Technologien und umweltgerechte Standards für den Tiefseebergbau zu entwickeln.



▲ Das Messinstrument „Golden Eye“ – ein Gerät zur Messung der Leitfähigkeit und Magnetisierbarkeit des Meeresbodens und seines Untergrundes. Die Messungen erlauben Aussagen über Sulfidanreicherungen unterhalb der Meeresbodenoberfläche.

### Umfangreiche Umweltarbeiten

Ein wichtiger Teil der Erkundung sind daher auch Umweltarbeiten: „Sie machen mehr als die Hälfte der Arbeiten und der Kosten aus“, sagt Schwarz-Schampera. Die Index-Forscher, darunter Biologen vom Deutschen Zentrum für Marine Biodiversitätsforschung in Wilhelmshaven und von mehreren Universitäten, nahmen auf der Expedition mehr als 960 Proben der Meeresbodenfauna, um herauszufinden, wie stark ein möglicher Abbau der Metallsulfide die Lebewesen beeinträchtigen würde. Die Exploration kommt der Meeresbiologie sehr zugute, sagt Ulrich Schwarz-Schampera: „Die intensiven Lizenzarbeiten bringen auch die marine Umweltforschung ein großes Stück voran.“

Kontakt:

**Dr. Ulrich Schwarz-Schampera**

## Wie Manganknollen wachsen

### Wasserkreislauf im Meeresboden löst Metalle aus dem Gestein

Bei einer Expedition im Pazifik haben BGR-Forscher herausgefunden, dass ein Teil der Metalle in Manganknollen aus Basaltgestein tief im Meeresboden stammt. Das Team entdeckte Hinweise auf eine großflächige Meerwasserzirkulation im Ozeanboden.

Manganknollen gelten als Rohstoffquelle der Zukunft, weil sie zum Beispiel Kupfer, Nickel oder Kobalt enthalten. Diese wertvollen Metalle stammen nicht nur aus der weichen Sedimentschicht direkt am Meeresboden, sondern auch aus größeren Tiefen.

Das ist ein Ergebnis der siebenwöchigen Expedition SO-240 des neuen deutschen Forschungsschiffes SONNE im Mai und Juni 2015. „Unser Ziel war das deutsche Lizenzgebiet 1 600 Kilometer westlich der mexikanischen Küste“, berichtet Expeditionsleiter Dr. Thomas Kuhn von der BGR. „Der Meeresboden ist dort 4 200 Meter tief. Ebenen und untermeerische Berge wechseln sich ab.“

Die Forscher nahmen Proben vom Meeresboden, filmten die Tierwelt rund um die Manganknollen und führten geophysikalische Messungen durch. Dabei konnten sie erstmals nachweisen, dass das Meerwasser in der untersuchten Region großflächig im Meeresboden zirkuliert – und



Quelle: Rashtal Singh

▲ Aussetzen einer Sonde zur Messung des Wärmestroms in Tiefseesedimenten während der Expedition SO-240.

zwar nicht nur im Sediment, sondern auch in der darunterliegenden festen ozeanischen Kruste aus Basalt. „Bisher wurde angenommen, dass ein derartiger Kreislauf nur lokal an untermeerischen Vulkanen vorkommt“, berichtet BGR-Forscher Dr. Carsten Rühlemann.

Die Messungen zeigten, dass das Meerwasser dem Ozeanboden Wärme entzieht und bestimmte Elemente auswäscht, die sich in Manganknol-

len anreichern. „An Bruchzonen im Untersuchungsgebiet reicht das feste Gestein bis an den Meeresboden heran. Auch dort kann Meerwasser in das Gestein eindringen und Metalle herauslösen“, erklärt Thomas Kuhn.

---

Kontakt: **Dr. Carsten Rühlemann,**  
**Dr. Christian Reichert**

## Wertvolle Reststoffe

Halden im Harz bergen wirtschaftlich interessante Metallvorkommen

Seltene Metalle wie Silber, Antimon und Indium kommen in einigen Bergbauhalden im Westharz in hohen Konzentrationen vor. Das haben chemische, mineralogische und geophysikalische Untersuchungen im Projekt ROBEHA ergeben. Zwei Halden wurden im Detail erkundet.

Der Harz ist voll von Ablagerungen aus dem Bergbau: Experten gehen von mehreren hundert Halden unterschiedlichen Alters und Größe aus, auf denen unter anderem Schlacken, Schlämme und zertrümmertes Gestein deponiert wurden.

Diese heterogenen Schüttkörper, wie Experten sie nennen, sind nun ins Visier der Forschung geraten, denn sie haben ein hohes Wertstoffpotenzial. Aufgrund ihrer Metallgehalte könnten die Reststoffe mitunter wieder wirtschaftlich interessant sein.

Im Projekt ROBEHA haben Forscher der BGR zusammen mit mehreren Partnern insgesamt 28 stillgelegte Bergbauhalden im Westharz untersucht. Das Team wollte herausfinden, ob sich die Haldenreststoffe wirtschaftlich aufbereiten und verwerten lassen. Zwei Halden wurden für Detailuntersuchungen ausgewählt. „Die Halden sind aufgrund ihrer Ge-

schichte sehr unterschiedlich“, berichten die BGR-Forscherinnen Kerstin Kuhn und Dr. Tina Martin. Sie und ihre Kollegen nutzten Luft- und Satellitenbilder, Bohrungen, verschiedene geophysikalische Messungen sowie neue chemische und mineralogische Analysemethoden, um die Ablagerungen zu charakterisieren.

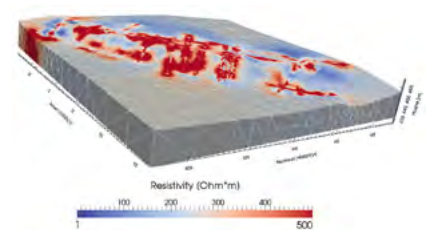
Die mineralischen Reststoffe in den beiden genauer untersuchten Halden wiesen zum Beispiel neben hohen Gehalten an Blei, Zink und Kupfer auch wertvolle Spurenmetalle wie Silber, Antimon, Indium und Gallium auf. „Wir haben mehrere Halden mit erhöhtem Wertstoffpotenzial identifiziert, jedoch sind die Materialmengen oft vergleichsweise gering“, so BGR-Experte Dr. Dieter Rammlmair. Ob sich ein Abbau lohne, müsse im Einzelfall bewertet werden. Allerdings könnte eine Sanierung, zum Beispiel anhand der Trennung von Wert- und Schadstoffanteilen, die



▲ Gewinnung von Bohrkernen mittels Rammkernsondierung auf der Pochsandhalde in der Nähe von Clausthal-Zellerfeld im Harz.



▲ Foto eines Bohrkernausschnittes der untersuchten Pochsandhalde (l.). Die Rückstände beinhalten sowohl feines (Ton-Schluff, orange) als auch grobes Material (Sand-Kies, gelb). Daneben sind die zugehörigen LIBS-Elementverteilungsbilder von Blei (Mitte) und Silber (r.) zu sehen.



▲ Dreidimensionale Abbildung der geoelektrisch untersuchten Pochsandhalde. Die vererzten Aufbereitungsrückstände sind durch hohe Widerstände (rötliche Farben) gekennzeichnet.

Sanierungskosten niedrig halten und potenzielle Umweltrisiken vermeiden. Gleichzeitig würden betroffene Flächen dadurch aufgewertet.

Kontakt: **Dr. Dieter Rammlmair,**  
**Kerstin Kuhn**

## Fakten zu Energierohstoffen

### Energiestudie der BGR: Weltweit gibt es noch große Vorräte

Im zukünftigen Energiemix nehmen erneuerbare Quellen an Bedeutung zu. Erdöl, Erdgas und Kohle bleiben aber weiterhin wichtig, so das Ergebnis der neuesten BGR-Energiestudie. Sie decken zurzeit noch 80 Prozent des deutschen Primärenergieverbrauchs. Aus geologischer Sicht sind weltweit noch genügend Reserven aller Energierohstoffe vorhanden - mit Ausnahme des konventionellen Erdöls.



▲ Titelblatt der Energiestudie 2015.

werden können, wie sie benötigt werden. Das ist von grundlegender Bedeutung für den Übergang in ein kohlenstoffarmes Energiesystem“, betont BGR-Energierohstoffexperte Dr. Harald Andrulleit. Ein niedrigerer Umsatz von Kohlenstoff in der Energiewirtschaft könne global nur langfristig umgesetzt werden.

Unter dem Titel „Energiestudie 2015 – Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von

„Fossile Energieträger müssen auch künftig in dem Maße bereitgestellt

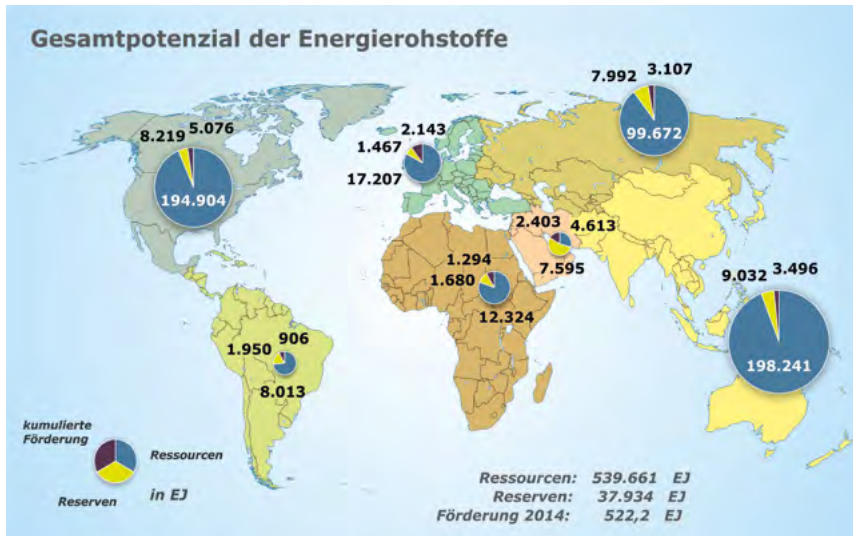
Energierohstoffen“ haben BGR-Forscher Daten aus zahlreichen Quel-

len zusammengestellt und bewertet. Die Energiestudie, die seit 1976 auf Deutsch und Englisch erscheint, gilt als eine der wichtigsten Publikationen des Hauses.

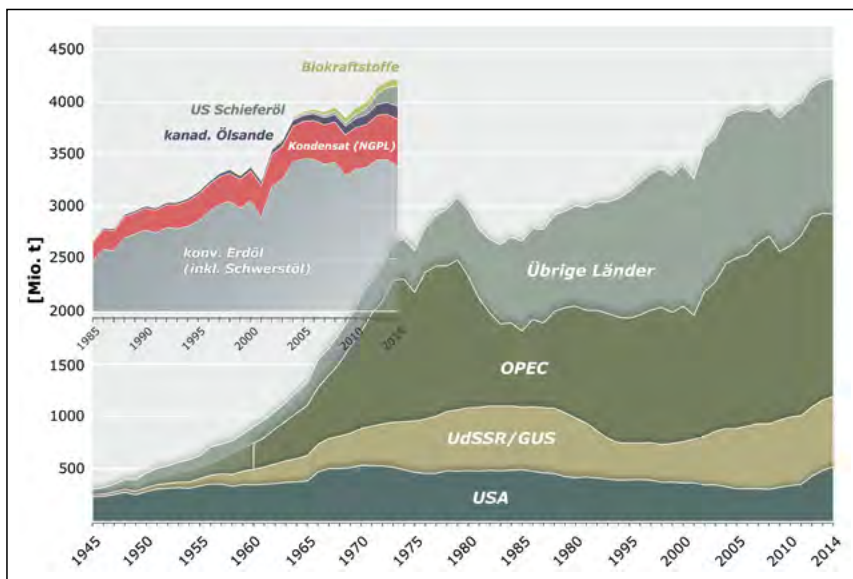
#### **Allzeithoch bei der Erdölförderung**

Im Erdölsektor rechnen die BGR-Experten in der nächsten Zeit mit größeren Veränderungen. „Der niedrige Ölpreises und die anhaltend hohe Förderung führen dazu, dass die Ölindustrie weniger investiert“, so Andrulleit. Mittel- und langfristig könnte der Preis daher auch wieder steigen.

Erdöl bleibt mit einem Anteil von rund einem Drittel am globalen Primärenergieverbrauch der wichtigste Energieträger. 2014 wurde weltweit so viel Erdöl gefördert wie nie zuvor, insgesamt 4 240 Millionen Tonnen. Insbesondere die förderstärksten Länder Saudi-Arabien, Russland und die USA konnten ihre Produktion weiter erhöhen. „Wenn der globale Verbrauch von Erdöl weiterhin nur moderat ansteigt,



▲ Regionale Verteilung des Gesamtpotenzials fossiler Energierohstoffe und von Kernbrennstoffen.



▲ Entwicklung der weltweiten Erdölproduktion nach Regionen und Anteilen bis 2014.

kann die Versorgung in den kommenden Jahren aus geologischer Sicht gewährleistet bleiben“, sagt Andruleit.

### Rückläufige Erdgasförderung in Deutschland

Der weltweite Erdgas-Verbrauch erhöhte sich und stieg 2014 um 1,4

Prozent. Auch wenn der Bedarf in Zukunft wahrscheinlich weiter wachsen wird, kann die Versorgung der Welt der Studie zufolge noch über viele Jahrzehnte gewährleistet werden.

In Deutschland ist die Erdgasförderung in den vergangenen fünf Jahren

um 32 Prozent zurückgegangen, in Europa um elf Prozent. Damit wächst die Abhängigkeit von Importen, insbesondere aus der Russischen Föderation, aus dem Nahen Osten und Afrika.

### Kohle verfügt über das größte Potenzial

Auch ein steigender Bedarf an Kohle kann der Studie zufolge für viele Jahrzehnte gedeckt werden. Deutschland muss derzeit 87 Prozent seines Bedarfs an Steinkohle und Steinkohleprodukten importieren. Die Kernenergie verliert zwar in Deutschland an Bedeutung, bleibt global gesehen aber ein wichtiger Energieträger. Auch beim Uran erwarten die BGR-Experten keinen Engpass.

Der Anteil erneuerbarer Energien am weltweiten Primärenergieverbrauch stieg 2014 auf 13,5 Prozent an. Trotz der großen Zuwachsraten bei der Sonnen- und Windenergie, war Brennholz hier weiterhin der global wichtigste Energieträger. Das Potenzial der tiefen Geothermie ist sehr groß, wird jedoch bislang wenig genutzt.

Kontakt: **Dr. Harald Andruleit**

## Exploration per Induktion

Neues Verfahren soll Erze in bis zu tausend Metern Tiefe finden

Elektromagnetische Signale können Informationen über die elektrische Leitfähigkeit des Gesteins im Untergrund liefern. In einem Verbundprojekt entwickeln BGR-Forscher ein neues Verfahren, um Erzlagerstätten in großen Tiefen zu suchen.

Silbergrau glänzen die nadeligen Kristalle des Antimonit. Früher wurde das Mineral im Osten Thüringens abgebaut, doch die Gruben wurden vor vielen Jahren stillgelegt. Womöglich verbergen sich in der Nähe des Ortes Schleiz noch heute interessante Mengen des Minerals im Untergrund, aus dem das seltene Metall Antimon gewonnen werden kann. Bislang ist es

allerdings kaum möglich, tiefe Erzlagerstätten von der Oberfläche aus zu finden.

Wissenschaftler der BGR arbeiten nun daran, dass sich das ändert. Im vom Bundesforschungsministerium geförderten Verbundprojekt DESMEX entwickeln sie eine neue Erkundungsmethode, die bis zu tausend

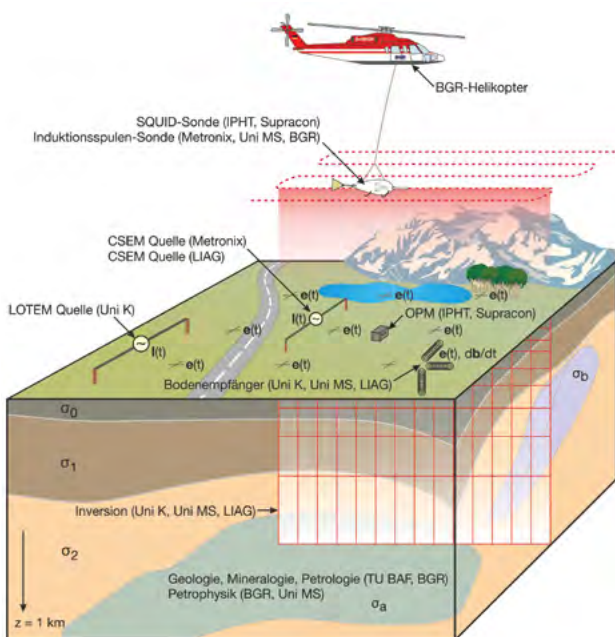
ren sich darauf, eine bisher für die Grundwassersuche eingesetzte Flugsonde so zu modifizieren, dass sie in Zukunft auch Erzvorkommen detektieren kann. Außerdem hat die BGR mit ihrem Hubschraubermesssystem eine Vorerkundung der oberflächennahen Schichten des ehemaligen Bergbaugesbietes bei Schleiz durchgeführt.

Meter tief in die Erde blicken kann. „Wir setzen auf Induktionsverfahren der Elektromagnetik“, berichtet Dr. Annika Steuer. „Diese Methoden bilden die elektrische Leitfähigkeit im Untergrund dreidimensional ab und liefern somit Hinweise auf erzführende Lagerstätten.“

Die Forscher setzen verschiedene Sender und Empfänger am Boden und in der Luft ein. Die BGR-Arbeiten konzentrie-



▲ Gesteinsprobe mit Antimonit-Kristall.



▲ Skizze der semi-airborne Messkonfiguration mit einer aktiven Quelle am Boden und einer Empfängersonde, die vom Hubschrauber über das Messgebiet geflogen wird.

Im Teilvorhaben Petrophysik untersucht ein BGR-Team die physikalischen Eigenschaften von Probenmaterial. Letztlich wollen die Forscher herausfinden, ob sich das neue Verfahren eignet, um die Ergiebigkeit einer Lagerstätte – die sogenannte Höffigkeit – aus der Ferne zuverlässig zu ermitteln.

Kontakt: **Dr. Annika Steuer,**  
**Dr. Stephan Costabel**





# Das Geheimnis der Kalahari-Sande

### Neun Tonnen Bohrkern erzählen die Geschichte des Sedimentbeckens

Ein deutsch-namibisches Team hat zum ersten Mal einen durchgehenden Bohrkern aus den Kalahari-Ablagerungen im namibischen Teil des Kalahari-Beckens gewonnen. Das Ziel der Forscher: Den geologischen Aufbau des Grundwassersystems zu verstehen.

Im Herzen des südlichen Teils von Afrika liegt ein gewaltiges Sedimentbecken - das Kalahari-Becken. Es erstreckt sich über mehr als 2000

Kilometer von Südafrika bis zur Demokratischen Republik Kongo. Die Ablagerungen in dieser Senke sind im Laufe vieler Jahrmillionen durch Flüsse, Inlandseen und äolische Sedimentation entstanden.

Heute bilden die Sedimente unterschiedliche Grundwassersysteme, die nicht leicht zu nutzen sind. „Die Differenzierung und Einordnung der Schichten in Grundwasserleiter und Stauer ist eine Herausforderung“, berichtet der Hydrogeologe Christoph Lohe von der BGR. Die Ablagerungen erscheinen auf den ersten Blick zwar homogen, sind es aber nicht.

Um die Geschichte des Kalahari-Beckens besser zu verstehen, haben Geologen aus Deutschland und Namibia 2015 im Zentrum eines riesigen Sedimentfächers, der als



▲ Der Geologe Dr. Roy Miller bei der Untersuchung des Bohrkerns aus dem Cubango-Megafan-Sedimentfächer im Norden Namibias.

Cubango-Megafan bezeichnet wird und ein ehemaliges, riesiges Flussdelta im Norden Namibias umfasst, erstmals einen durchgehenden Kern erbohrt. Anschließend untersuchten sie den insgesamt 400 Meter langen Bohrkern in Hannover mit modernsten wissenschaftlichen Methoden.

Für Dr. Roy Miller, den ehemaligen Direktor des Geologischen Dienstes von Namibia, ist das Ergebnis der Bohrung eine kleine Sensation. „Dieser Kern erzählt uns enorm viel über die klimatische und geologische Entwicklung der nordwestlichen Kalahari vom Tertiär bis heute“, sagt er. Aus der Entstehungsgeschichte können Hydrogeologen nun Schlüsse über die verfügbaren Wasserressourcen in der Tiefe ziehen. Die Bohrung liefert zudem wichtige Informationen zu den hydraulischen Eigenschaften und der Wasserergiebigkeit einzelner Sedimentschichten.

Kontakt: **Christoph Lohe**,  
**Dr. Georg Houben**



▲ Ausdehnung des Kalahari-Beckens und genaue Position der Kernbohrung WW203302 im Cuvelai-Etosa-Becken im Norden Namibias.

## 144 Seiten Bodenwissen

### Neuer Bodenatlas zeigt Eigenschaften, Funktionen und Bedeutung der Böden

Zum Internationalen Jahr des Bodens 2015 hat die BGR den ersten Bodenatlas für Deutschland veröffentlicht. Insgesamt 48 Karten und zahlreiche Abbildungen stellen anschaulich dar, wie Böden in Deutschland aufgebaut sind. Der BGR-Atlas bietet eine grundlegende thematische Übersicht, widmet sich aber auch dem Potenzial und der Gefährdung dieser zentralen Georessource.

Dass es im Harz häufig regnet, weiß jeder, der dort schon mal Urlaub gemacht hat. Auf der Karte zur Sickerwasserrate im neuen „Bodenatlas Deutschland“ ist das norddeutsche Mittelgebirge ebenfalls leicht als Regenloch erkennbar: Es erscheint tiefdunkelblau, weil hier besonders viel

Wasser im Untergrund versickert – was wiederum die Grundwasserneubildung fördert.

Auf einen Blick zeigt die Karte, wo in Deutschland noch viel Niederschlag versickert: „Auch Rheinisches Schiefergebirge, Schwarzwald, Bayerischer Wald, Thüringer Wald und Erzgebirge weisen günstige Bedingungen auf“, berichtet Klaus Kruse, der das Projekt Bodenatlas koordiniert hat.

#### Umfassende Informationen

Der neue Bodenatlas, den die BGR im November 2015 auf der Fachmesse Agritechnica vorgestellt hat, ist ein Standardwerk, das erstmals grundlegende Informationen zum Aufbau, zu den Eigenschaften, der Funktion und Bedeutung der Böden in Deutschland anschaulich und umfassend darstellt.

„Das Ziel des Atlas ist es, das Bewusstsein für die lebenswichtige Bedeutung des Bodens in Deutschland zu schärfen“, erläutert Klaus Kruse.

Denn Böden bilden schlicht die Lebensgrundlage der Menschheit – sie sichern Ernährung und halten das Wasser sauber, schützen das Klima und die Artenvielfalt. „Im Bodenatlas Deutschland zeigt die BGR auf, wofür wir Böden brauchen und warum es so wichtig ist, sie zu erhalten“, so Kruse.

#### Breites Themenspektrum

Neben geowissenschaftlichen und bodenkundlichen Karten bietet der Atlas auch ausführliche Erläuterungen. Er stellt die typischen Bodeneigenschaften in den verschiedenen Regionen Deutschlands dar und zeigt außerdem die wichtigsten Bedrohungen.

Das Themenspektrum des wissenschaftlichen Kartenwerks ist dabei breit gefächert. So sind in den sieben Kapiteln etwa Informationen zur organischen Substanz im Boden oder zu den Hintergrundwerten für Spurenelemente zu finden. Die Stoffspeicherung im Boden, die Bodenverdichtung oder das Ertragspo-



▲ Der Bodenatlas Deutschland vermittelt grundlegende Informationen zu Eigenschaften, Funktion und Bedeutung von Böden.

tenzial der Böden werden ebenfalls dargestellt.

### Erosion durch Wind und Wasser

Das BGR-Team hat zahlreiche neue Karten erstellt – zum Beispiel zum Thema Bodenerosion. „Der Bodenatlas zeigt sehr anschaulich, wie Erosion durch Wind und Wasser den Böden zusetzt“, erläutert Kruse. Auf der Karte zur Wassererosion ist beispielsweise zu sehen, dass etwa ein Drittel der Ackerfläche in Deutschland gefährdet ist, durch Starkregen weggeschwemmt zu werden.

Besonders betroffen sind Flächen im niedersächsischen Hügelland, im Vorland des Erzgebirges, an Neckar und Tauber sowie in Unterbayern. Im norddeutschen Tiefland droht zusätzlich Erosion durch starke Winde – vor allem im Frühjahr, wenn Trockenheit herrscht und der Bewuchs fehlt.

### Bodenatlas digital

Zusätzlich zum gedruckten Kartenwerk haben die BGR-Experten eine Internetanwendung entwickelt. Sie kann unter [www.bodenatlas.de](http://www.bodenatlas.de) abgerufen werden. „Dort stellen wir stets die neuesten Datengrundlagen bereit“, sagt Klaus Kruse. Die Kartenanwendung basiert auf dem BGR-Geoviewer.

Sowohl der gedruckte als auch der digitale Atlas richten sich nicht nur an

ein Fachpublikum, sondern auch an die interessierte Öffentlichkeit. Alle geowissenschaftlich interessierten Personen können sich nun schnell und einfach über den Zustand der Ressource Boden informieren.

Kontakt: **Klaus Kruse,**  
**Dr. Florian Stange**

*Bodenatlas Deutschland*

2016. 144 Seiten.

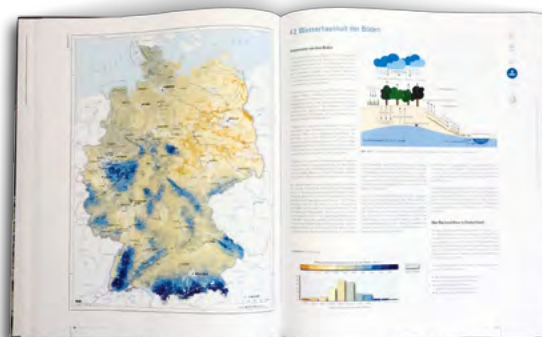
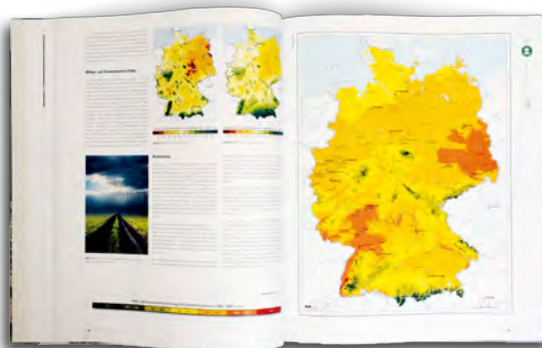
ISBN 978-3-510-96855-8, gebunden, 38,80 €

Zu bestellen über:

[www.schweizerbart.de](http://www.schweizerbart.de)



Beispielseiten aus dem Bodenatlas Deutschland – Profilbeschreibungen der Bodenübersichtskarte (o.), Boden und Klima, Wasserhaushalt der Böden (u.).



## Wasserbilanz im Ovambo-Becken

Forscher schätzen ab, wie viel Grundwasser sich im Norden Namibias bildet

Trockengebiete wie das Cuvelai-Etosa-Becken in Namibia zeichnen sich durch geringe Niederschläge und hohe Verdunstung aus. Wieviel Grundwasser sich dort neu bildet, ist daher nur schwer zu ermitteln. BGR-Forscher haben vor Ort nun neueste Feldmethoden getestet.



▲ Probenahme von Grundwasser.

Etwa eins von 500 Wassermolekülen auf der Erde ist etwas massereicher als die anderen: Statt gewöhnlichen Sauerstoff mit der Massenzahl 16 enthalten diese Schwergewichte Sauerstoff-18, eine natürliche, nicht

radioaktive Variante. Noch seltener sind Wassermoleküle, bei denen ein Wasserstoff-Atom durch das schwere, ebenfalls stabile Isotop Deuterium ersetzt ist. Aus dem Anteil schwerer Wassermoleküle in Grundwasserproben können Hydrogeologen zum Beispiel schließen, aus welchen Quellen das Wasser stammt.

2015 untersuchten BGR-Forscher bei zwei Feldkampagnen in Namibia verschiedene Wasserproben aus dem Cuvelai-Etosa-Becken im Norden Namibias auf ihren Gehalt an stabilen Isotopen. Ziel dieser Untersuchungen war die Abschätzung der Grundwasserneubildung, um ein nachhaltiges Management der Grundwasserressourcen zu ermöglichen. Eine der wichtigsten Versorgungsquellen für die wachsende Landbevölkerung in der Region.

Die BGR-Forscher brachten in ihren Feldversuchen unter anderem Deuterium als künstlichen Tracer in den Boden ein, und installierten insgesamt fünf Beobachtungsstationen. Zusammen mit Kollegen von der University of Namibia ermittelten sie, dass die Grundwasserneubildung in der Regenzeit 2013/2014 für den Standort Eenhana bei einem Gesamtniederschlag von 660 Millimetern zwischen fünf und 30 Millimetern lag. Sie stellten fest, dass der größte Teil des Niederschlags mit etwa 80 Prozent von den Pflanzen wieder an die Atmosphäre abgegeben wird. Die Forscher wollen die innovativen Isotopenmessungen nun mit den Ergebnissen anderer Methoden vergleichen.

Kontakt: **Dr. Markus Wallner,**  
**Prof. Dr. Thomas Himmelsbach**



▲ Einbringen von Deuterium in den Boden mittels kleiner Wasserballons als künstliche Markierung.

## Die Fluten des Logone

BGR-Forscher ermitteln die Wasserbilanz im Süden des Tschadsees

Jährliche Überschwemmungen prägen das Feuchtgebiet Waza-Logone im Norden von Kamerun und im angrenzenden Tschad. Um ein nachhaltiges Wassermanagement zu ermöglichen, hat die BGR die Grundwasserneubildung analysiert.



▲ Fischfang in den Feuchtgebieten gehört zu den traditionellen Tätigkeiten der lokalen Bevölkerung.



▲ Landwirtschaftliche Nutzung der Überschwemmungsflächen.



▲ Der Grundwasserspiegel wird über eine Messstelle ermittelt.

Von Januar bis Juni ist der Logone nur ein Rinnsal, doch jedes Jahr im September verwandelt sich der zentralafrikanische Fluss in einen reißenden Strom. Die Wassermassen des Logone ergießen sich über die Ebenen im Norden Kameruns und im Süden des Tschads. Dort entstehen vorübergehend gewaltige Feuchtgebiete. Im November oder Dezember verschwindet das Wasser wieder: Es verdunstet, versickert im Untergrund oder fließt zurück in den Logone. Der mündet wiederum in den Chari, den wichtigsten Zufluss des Tschadsees.

„Das Waza-Logone-Feuchtgebiet hat eine große ökologische Bedeutung,

bildet aber auch die wirtschaftliche Grundlage für 20 Millionen Menschen“, berichtet die Hydrogeologin Dr. Sara Vassolo von der BGR. Auch der Wasserhaushalt der Region hängt von den temporären Sümpfen ab. Denn in ihnen entsteht neues Grundwasser.

Wissenschaftler der BGR haben seit 2011 mehrere Feldkampagnen im Waza-Logone-Feuchtgebiet durchgeführt. Sie haben vor Ort zum Beispiel Grundwasserstände sowie die Abflussmengen des Logone und seiner Zuflüsse gemessen. Einmal jährlich untersuchen sie die Qualität des Grundwassers und des Oberflächen-

wassers und deren Isotopenzusammensetzung.

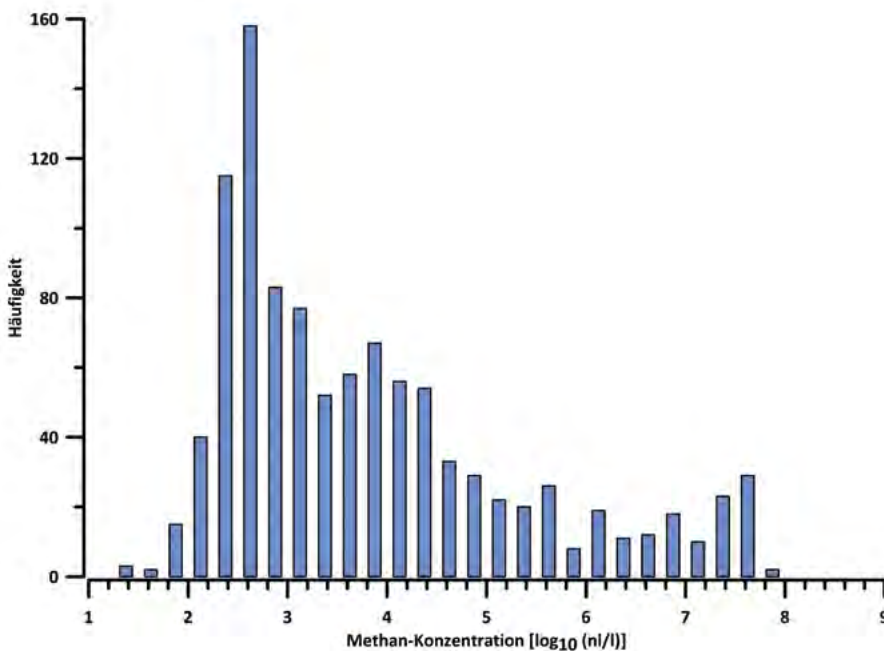
„Unsere Analyse hat ergeben, dass Grundwasser im Waza-Logone-Feuchtgebiet neu gebildet wird und nach Norden fließt“, sagt Sara Vassolo. Die Abschätzungen zeigen, dass jährlich mindestens 32 Millionen Kubikmeter Grundwasser neu gebildet werden. „Diese Menge reicht aus, um 1,2 Millionen Menschen zu versorgen“, so die Wissenschaftlerin.

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

## Der Atem der Marschen

### BGR untersucht Grundwasser flächendeckend auf Methan

An mehr als tausend Brunnen überwacht der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft (NLWK) das Grundwasser im Bundesland Niedersachsen. Vor kurzem wurde dort erstmals auch der Methangehalt gemessen. Ein Verbundprojekt, an dem die BGR maßgeblich beteiligt ist, soll die natürlichen regionalen Hintergrundwerte ermitteln.



▲ Häufigkeitsverteilung der Methankonzentrationen einzelner Proben in Nano-Liter pro einem Liter Wasser (logarithmische Darstellung). Der Wert sechs in der Grafik entspricht somit einem Milliliter pro einem Liter Wasser. Das ist etwa das Volumen eines halben Zuckerwürfels.

Methan im Grundwasser – das ist für die meisten Menschen eine eher beunruhigende Vorstellung. Doch der Kohlenwasserstoff kommt überall in Niedersachsen natürlich im Grundwasser vor – wenn auch meist in winzigen Konzentrationen. Das ist ein Ergebnis eines gemeinsamen Projektes der BGR, des Landesamtes

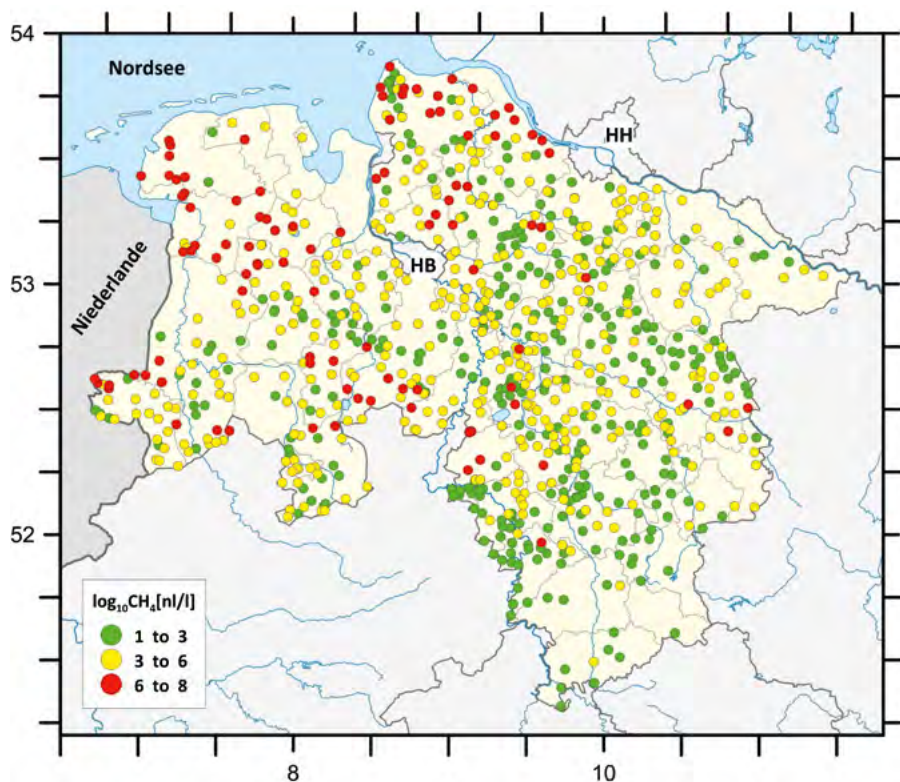
für Bergbau, Energie und Geologie und des Niedersächsischen Landesbetriebes für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz. Die drei Institutionen haben flächendeckend die Hintergrundwerte der Gase Methan, Ethan und Propan in flachen Grundwasserschichten bestimmt.

„Hintergrund sind Diskussionen über Erdgasfördermethoden wie Fracking“, sagt Dr. Stefan Schlömer von der BGR. Kritiker befürchten, dass Methan und andere Kohlenwasserstoffe durch undichte Bohrungen oder Risse im Gestein in flache Grundwasserschichten und ins Trinkwasser gelangen könnten. „Bislang wusste aber niemand, wieviel Methan natürlich im Grundwasser vorkommt oder wie stark die Werte variieren“, so der Wissenschaftler.

#### Proben aus tausend Brunnen

Er und seine Projektpartner begannen daher im Herbst 2014 damit, Proben aus den knapp tausend Brunnen des niedersächsischen Grundwasserüberwachungsnetzes zu entnehmen und die Gasgehalte zu analysieren. „Vergleichbare Studien finden auch in England und den USA statt“, berichtet der BGR-Experte.

Das Ergebnis der ersten Beprobung liegt nun vor. Demnach variieren die Methangehalte in Niedersachsen



▲ Methankonzentrationen in niedersächsischen Grundwässern. Angaben in Nano-Liter pro einem Liter Wasser (logarithmische Darstellung).

über sieben Größenordnungen. In den meisten Grundwasser-Messstellen enthielt ein Liter Grundwasser weniger als einen Millionstel Liter Methan. Die maximale gemessene Konzentration lag bei 60 Milliliter pro Liter. „In 30 Prozent der Proben sind Spuren höherer Kohlenwasserstoffe wie Ethen, Ethan, Propen oder Propan enthalten, allerdings in sehr viel geringeren Konzentrationen“, berichtet Stefan Schlömer.

### Natürlicher Ursprung

Die Analysen des Teams deuten darauf hin, dass sowohl das Methan als auch die höheren Kohlenwasserstoffe

auf natürlichem Wege entstanden sind und nicht aus der Erdgasförderung stammen. „Das schließen wir aus der Verteilung der stabilen Kohlenstoffisotope  $^{13}\text{C}$  und  $^{12}\text{C}$ “, erklärt der Wissenschaftler.

Biogenes Methan entsteht, wenn biologisches Material unter Luftabschluss von Mikroben zersetzt wird. Es unterscheidet sich von dem Methan im Erdgas aus tiefen Gesteinsschichten durch seinen Isotopengehalt: Biogenes Methan ist etwas leichter, es enthält einen geringeren Anteil der schweren Kohlenstoff-Variante  $^{13}\text{C}$ . „Die Isotopenwerte weisen überwie-

gend auf eine mikrobielle Bildung des Methans hin“, berichtet Stefan Schlömer.

### Mehr Methan im Nordwesten

Hohe Methangehalte im Grundwasser registrierten die Forscher vor allem im Nordwesten von Niedersachsen. Das liegt nach Meinung der Forscher vermutlich daran, dass die Böden in Marsch und Geest, den dort typischen Landformen, viel organisches Material enthalten. In den grundwassernahen Sedimenten herrschen damit häufig gute Bedingungen für die biogene Methanbildung.

„Allerdings schwanken die Werte kleinräumig sehr stark“, bemerkt der Wissenschaftler. Um herauszufinden, woran das liegt, sind regionale Detail-Untersuchungen nötig. Im Frühjahr 2016 startet eine zweite Messkampagne, die zeitliche Veränderungen aufspüren soll. Dabei wollen die Forscher auch Gebiete abdecken, aus denen es bislang keine Daten gab. Stefan Schlömer und die Projektpartner erwarten für den Sommer Daten von insgesamt 1 300 Wasserproben.

Kontakt: **Dr. Stefan Schlömer,**  
**Dr. Martin Blumenberg**

## Präzision im Ackerbau

### Bodenkartierung aus der Luft

Um jeden Punkt ihres Ackers mit der richtigen Menge an Düngemitteln zu versorgen, brauchen Landwirte hochaufgelöste Bodeninformationen. Die Bodenzusammensetzung lässt sich anhand der natürlichen Gammastrahlung ermitteln – zum Beispiel mit dem BGR-Hubschrauber.



Quelle: Stefan Pätzold

▲ Der BGR-Hubschrauber bei der Vermessung einer landwirtschaftlichen Fläche.

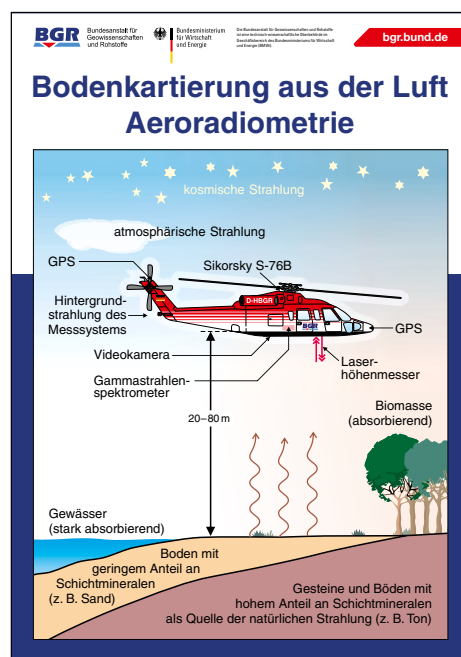
Ob Weinberge am Oberrhein oder Maisfelder im Münsterland: Landwirtschaftliche Nutzflächen waren in den vergangenen Monaten mehrfach das Ziel des BGR-Hubschraubers. Mit einer Geschwindigkeit von 60 bis 80 Stundenkilometern sauste der Helikopter über die Felder und registrierte dabei die natürliche Gammastrahlung aus dem Boden.

Das BGR-Team um Dr. Malte Ibs-von Seht ging zusammen mit Projektpartnern der Frage nach, ob die Aeroradiometrie geeignet ist, den neusten Trend in der Landwirtschaft zu un-

terstützen – das sogenannte Precision Farming. „Dabei geht es darum, die Düngermenge an wechselnde Bodeneigenschaften anzupassen“, erläutert Ibs-von Seht.

Bislang ist es noch nicht möglich, die dafür nötigen detaillierten Bodeninformationen schnell und kostengünstig zu gewinnen. Die Gammastrahlung könnte indes eine Möglichkeit bieten, die Bodenart in kurzer Zeit großflächig zu kartieren. Anhand der Gammastrahlung, die von den natürlichen Radionukliden Kalium, Uran und Thorium im Boden ausgeht, wollen Ibs-von Seht und Kollegen auf die vorhandenen Mineralien und damit auf einen sandigen, lehmigen oder schluffigen Untergrund schließen.

Das Team verglich die Ergebnisse der Hubschraubermessungen mit bodennahen Gammastrahlen-Messungen und mit anderen geophysikalischen Methoden. Ihr Fazit: Vom Hubschrauber aus lassen sich bis zu 500



▲ Die Grafik auf dem Poster zeigt das Aeroradiometrie-Messsystem der BGR und verschiedene Quellen natürlicher, radioaktiver Strahlung.

Hektar pro Tag kartieren, allerdings ist die Auflösung geringer als bei bodennahen Messungen. Die Aeroradiometrie könnte daher in Zukunft gut als Ergänzung zur klassischen Bodenkartierung eingesetzt werden.

Kontakt: **Dr. Malte Ibs-von Seht,**  
**Dr. Uwe Meyer**



## Schluss mit Auf- und Abbau

### Helium-Ballon hebt Messspule in die Luft

Die Erkundung von Grundwasservorkommen könnte in Zukunft einfacher werden – dank eines neuen geophysikalischen Messverfahrens, das an der BGR und am Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) entwickelt wurde. Zentraler Bestandteil ist ein riesiger Helium-Ballon.



▲ Die Spule zur Messung der Kernspinresonanz des Grundwassers bewegt sich mithilfe des Ballons schwebend durch das Untersuchungsgebiet.

Aus der Vogelperspektive sieht der BGR-Ballon aus wie ein überdimensionaler Fahrradreifen. Im April 2015 schwebte dieser Torus zwei Wochen lang über der Döberitzer Heide in Brandenburg, einem Truppenübungsplatz der Bundeswehr. Eingespannt zwischen einem Transporter und ei-

nem Jeep bewegte sich der 22 Meter große, ringförmige Ballon in vier Metern Höhe im Schrittempo über das Gelände.

Das Ziel des Wissenschaftlerteams um Dr. Annika Steuer und Dr. Stephan Costabel: Signale von ei-

ner Grundwasserschicht in mehr als zehn Metern Tiefe aufzufangen. Die Forscher testeten ein neues Verfahren, um die Kernspinresonanz von Wasserstoff-Kernen im Erdboden erstmals aus der Luft zu messen.

„Diese Messung funktioniert nach einem ähnlichen Prinzip wie in der Medizin, etwa bei einem Kernspintomographen“, erläutert Stephan Costabel. Mithilfe riesiger Spulen können die Forscher die Wasserstoff-Kerne in den Molekülen des Grundwassers in unterschiedlichen Bodentiefen dazu bringen, ein Signal auszusenden. So können sie Grundwasserleiter finden und ihre hydraulischen Eigenschaften charakterisieren.

Schon seit zwei Jahrzehnten nutzen Geophysiker und Hydrogeologen das Verfahren zur Grundwassererkundung. Allerdings mussten die riesigen Spulen dafür bislang auf dem Boden ausgelegt werden – ein äußerst umständlicher Prozess. Mit dem Ballon lässt sich nun in kurzer Zeit ein wesentlich größeres Messgebiet überdecken. Stephan Costabel sieht gute Einsatzmöglichkeiten für das neue System: „Am besten kann der Ballon genutzt werden, wenn eine großflächige, grobe Erkundung gefragt ist.“

Kontakt: **Dr. Stephan Costabel,**  
**Dr. Annika Steuer**

## Fallstudie Aschersleben

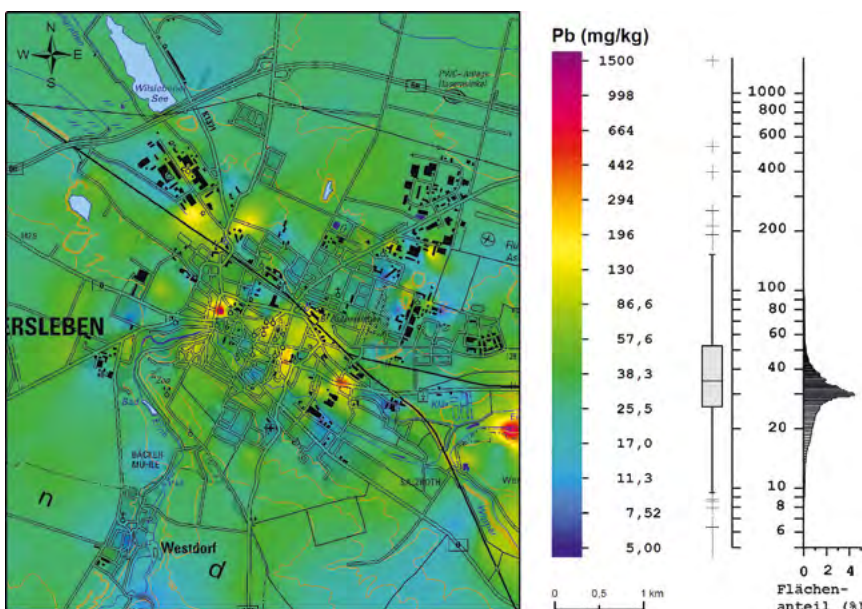
### BGR untersucht Schadstoffe im Oberboden

Stadtböden enthalten häufig Schwermetalle und organische Schadstoffe – ein Erbe der Industrialisierung. Im Projekt „Urbane Geochemie“ haben die geologischen Dienste mehrerer europäischer Länder eine Datengrundlage geschaffen, um den Zustand urbaner Böden zu charakterisieren.

Kali- und Salzabbau, Chemie- und Papierindustrie, sowie Flugzeug-, Geräte- und Maschinenbau – diese Industriezweige prägten die Geschichte der Stadt Aschersleben in Sachsen-Anhalt. Die Böden in Aschersleben enthalten noch heute Stoffe, die wahrscheinlich in früheren Zeiten in die Umwelt gelangt sind, zum Beispiel Blei oder Dioxine.

Das ist ein Ergebnis des EU-Projektes „Urbane Geochemie“, an dem die BGR beteiligt war. In insgesamt 15 europäischen Städten wurden Bodenproben nach einheitlichen Methoden entnommen, analysiert und vergleichend ausgewertet. In Aschersleben nahm das Team um Dr. Manfred Birke insgesamt 379 Proben aus dem Oberboden.

Das Team analysierte die luftgetrockneten Proben anschließend mit verschiedenen Methoden auf 51 anorganische Elemente. In speziellen Proben wurden außerdem zehn organische Schadstoffe gemessen,



▲ Verteilung der Bleigehalte (Pb) in den Oberböden der Stadt Aschersleben in Sachsen-Anhalt.

darunter Dioxine, Furane, polychlorierte Biphenyle und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe.

Als Ergebnis des Projektes entwickelte das Team Modelle, die beispielsweise in der Stadtplanung genutzt werden können, um Umweltrisiken zu minimieren. Die BGR-Forscher entwickelten außerdem Karten, die geochemische Anomalien in Aschersleben abbilden. Sie zeigen die Ver-

teilung des Elements Blei sowie anderer organischer und anorganischer Parameter. „In Ascherleben gibt es im Vergleich zu anderen Städten in Deutschland kaum Grenzwertüberschreitungen“, so das Fazit von Manfred Birke. Im gesamten Stadtgebiet wurde der Grenzwert für Blei nur an zwei Stellen überschritten.

Kontakt: **Dr. Manfred Birke**

## Grundwasser 3.0

### Übersichtskarte wurde harmonisiert

Flächendeckende und digitale Informationen zu den oberen Grundwasserleitern – das bietet die hydrogeologische Übersichtskarte von Deutschland im Maßstab 1:200 000 (HÜK200). Ende 2015 haben die beteiligten Wissenschaftler die dritte Version des Kartenwerks vorgelegt.



▲ Karte der Hintergrundwerte am Beispiel von Arsen.

Die Geschichte der HÜK200 begann im Februar 2000. „Anlass war die Europäische Wasserrahmenrichtlinie, die kurze Zeit später in Kraft trat“, berichtet BGR-Wissenschaftler Dr. Stefan Broda. „Um diese Richtlinie

umzusetzen, musste eine landesweite hydrogeologische Übersichtskarte her.“

Bis dahin gab es zwar Grundwasserkarten der Staatlichen Geologischen Dienste (SGD) der Bundesländer, aber keine Übersichtskarte für ganz Deutschland. In nur drei Jahren stellten BGR und die SGD in einem Gemeinschaftsprojekt eine solche digitale, länderübergreifend abgestimmte Übersichtskarte fertig. Die Grundlage dafür bil-

det die bereits existierende digitale geologische Übersichtskarte, die Informationen zu Gesteinsarten oder zur Schichtung der Gesteine lieferte. Weitere Daten stellten die SGD zur Verfügung.

Inzwischen haben die Hydrogeologen bereits die dritte Version der HÜK200 vorgelegt. „Diese Version enthält einige Korrekturen und datentechnische Verbesserungen, vor allem aber eine blattschnittfreie Datenhaltung“, berichtet Stefan Broda. Alle Inkonsistenzen an den Grenzen zwischen den Bundesländern oder zwischen den 55 Blättern des Kartenwerks wurden beseitigt.

Die HÜK200 bildet die Grundlage für zahlreiche weiterführende Projekte. So hat eine Arbeitsgruppe mit BGR-Beteiligung eine Übersicht zu den geogenen Hintergrundwerten im Grundwasser erstellt. Zurzeit arbeitet ein Team daran, den Maßstab der Karte von 1:200 000 auf 1:250 000 umzustellen.

Kontakt: **Dr. Stefan Broda**

## Europa im Vektorformat

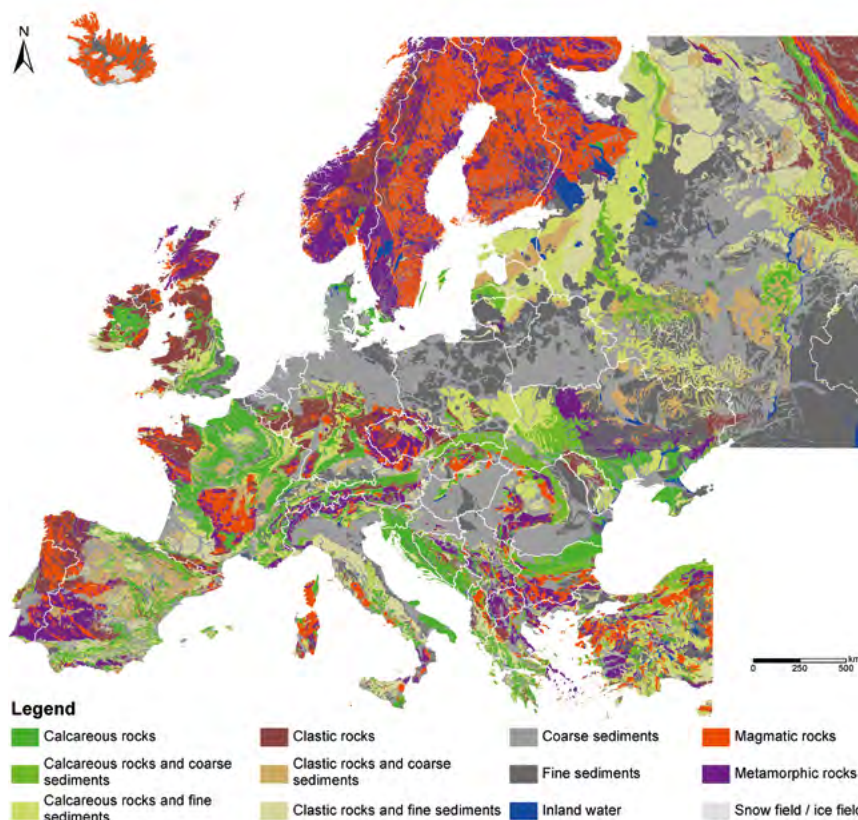
Internationale Hydrogeologische Karte wurde digitalisiert

Die 25 Kartenblätter der Internationalen Hydrogeologischen Karte von Europa im Maßstab 1:1,5 Millionen (IHME 1500) liegen seit April 2015 als Vektordatensatz vor. Die Daten können nun mit Geographischen Informationssystemen bearbeitet werden.

Geographische Informationssysteme, abgekürzt GIS, sind für Geowissenschaftler ein ungemein hilfreiches Werkzeug. Mit einer derartigen Software können sie räumliche Daten nicht nur anschaulich darstellen, sondern auch organisieren, bearbeiten und auswerten.

Dieses Mittel steht Hydrogeologen nun zur Verfügung, wenn sie sich Informationen zu den Grundwasserressourcen in ganz Europa beschaffen wollen. Denn die entsprechende Übersichtskarte, die 2013 fertiggestellte IHME 1500, liegt jetzt in einem Standardformat für Geographische Informationssysteme vor.

Fachleute können sich verschiedene Themen als „Schichten“ (Layer) einer Karte anzeigen lassen, etwa sechs Typen von Grundwasserleitern oder die unterschiedlichen Gesteinstypen, die sogenannte Lithologie. Das digitale Kartenwerk zeigt auch geologische Störungen sowie Gebiete, in denen das Grundwasser durch eindringendes Meerwasser versalzt ist. „In der



▲ Lithologie-Layer der IHME 1500-GIS-Daten. Aufgrund der länderübergreifenden Ausdehnung des Kartenwerks ist die Legende in englischer Sprache verfasst.

nächsten Version 1.2 sollen auch die Standorte von Quellen angezeigt werden“, berichtet Klaus Duscher, der das Projekt auf Seiten der BGR zusammen mit Dr. Andreas Günther koordiniert.

Das Team arbeitet zudem daran, die hydrogeologischen Informationen zu

einigen Randgebieten zusammenzutragen, die bislang noch fehlten. Bald wird die IHME 1500 auch das Nordkap und Nordrussland überdecken.

Kontakt: **Klaus Duscher,**  
**Dr. Andreas Günther**

## Qualitätsgeprüfte Bodendaten

Bodenübersichtskarte im Maßstab 1:200 000 soll 2017 fertig werden

Seit 1995 arbeiten BGR und Staatliche Geologische Dienste zusammen an einer Bodenkarte von Deutschland, der BÜK 200. Inzwischen sind 50 von 55 Kartenblättern erschienen. Eine detaillierte Datenbank, die das Kartenwerk ergänzt, ist im Aufbau.

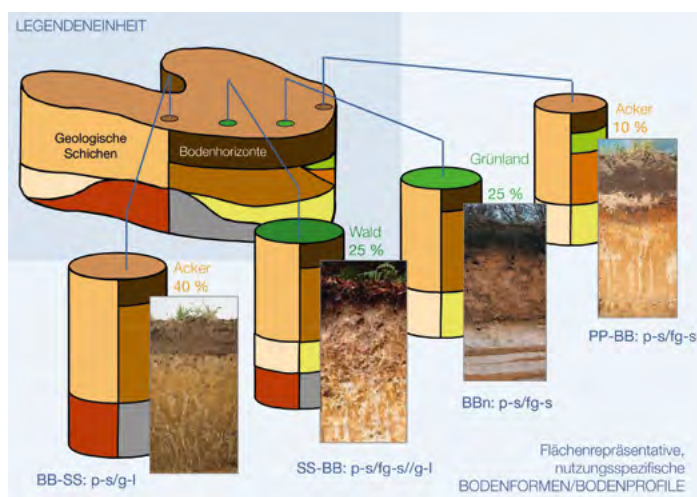
Wenn Bodenkundler eine Landschaft beschreiben, begegnen sich zuweilen Wissenschaft und Poesie. Begriffe wie Fahlerde, Schmelzwassersand oder Geschiebemergel erinnern an die längst verschwundene Welt der Eiszeit, in der die Entwicklung unserer heutigen Böden ihren Ausgang nahm. Die Eigenschaften der verschiedenen Böden Deutschlands, ihre Ausgangsgesteine und ihren Aufbau in einer einheitlichen Übersichtskarte darzustellen ist eine wissenschaftliche Mammutaufgabe, der sich zahlreiche Bodenkundler der BGR und der Staatlichen Geologischen Dienste (SGD) seit 20 Jahren widmen.

Parallel zum Kartenwerk baut das Team eine Flächendatenbank auf, die sämtliche Bodeninformationen in einheitlicher Form enthält. Diese Informationen sollen ausgewertet und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden, noch bevor die Übersichtskarte 2017 voraussichtlich vervollständigt wird. Die Wissenschaftler haben die Eintragungen in der Flächendatenbank jetzt umfassend daraufhin ge-

prüft, ob sie einheitlich und plausibel sind. Zu diesem Zweck hat das Team auch zahlreiche Karten erstellt, die einzelne Bodeneigenschaften sichtbar machen. Die Kollegen der SGD, die über Regionalkenntnisse verfügen, können diese Daten jetzt prüfen. Seit 2013 arbeiten die Experten außerdem an einer Generallegende, die es sehr viel einfacher macht, die vorkommenden Böden zu benennen. „So lassen sich beispielsweise überregionale Auswertungen einfacher strukturieren“, sagt Dietmar Krug, der das Projekt bei der BGR koordiniert.

Die Bodenkundler werten die Grafik- und Flächenprofilaten zu unterschiedlichen Themen aus. Derzeit erstellen die BGR-Wissenschaftler um Krug und seinen Kollegen Dr. Einar Eberhardt beispielsweise Karten zur thermischen Leitfähigkeit und zur Grabbarkeit der Böden – Themen, die wichtig sind, wenn es um die Energiewende und Anpassung an den Klimawandel geht.

Kontakt: **Dr. Einar Eberhardt,**  
**Dietmar Krug**



▲ Prinzip der Inhaltsbeschreibung der Kartengrafik mit Bodenprofilaten. Jede der drei Nutzungsarten kann mit ein bis mehreren Bodenprofilen erläutert werden.

## Wächter im Orbit

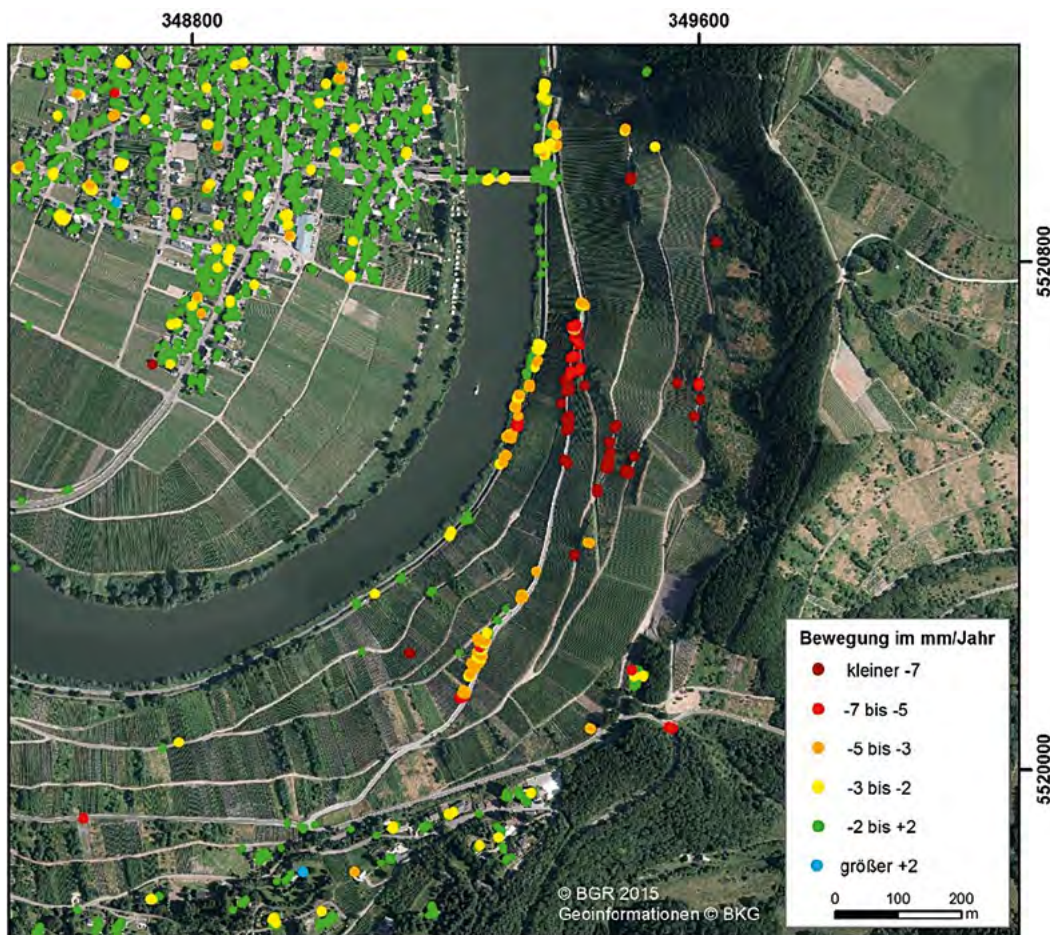
### BGR-Expertin macht Satellitendaten für Behörden nutzbar

Geländebewegungen können mithilfe von Radarsatelliten millimetergenau überwacht werden. Bislang sind allerdings nur wenige Behörden in der Lage, Satellitendaten für ihre Aufgaben zu nutzen, etwa für Gefährdungsanalysen. Die BGR wertet nun im Rahmen eines Forschungsprojektes erstmals satellitengestützte Messungen zu Geländebewegungen im Rhein-Mosel-Gebiet aus.

Seit April 2014 kreist der europäische Satellit Sentinel-1A im Erdorbit. Mit Mikrowellen tastet der „Wächter“ (so die deutsche Übersetzung) die Erdoberfläche unabhängig von Tageslicht und Wolkenbedeckung ab. Die Daten, die Sentinel-1A und sieben weitere, teils noch geplante Satellitenmissionen, liefern werden, stehen kostenlos zur Verfügung.

Die Satelliten sind Teil einer ehrgeizigen Initiative: Unter dem Namen „Copernicus“ haben die EU-Kommission und die Raumfahrtorganisation ESA ein Erd-

beobachtungsprogramm ins Leben gerufen, das die Erde global überwachen soll.



▲ Persistent Scatterer Interferometry (PSI)-Messungen zeigen millimetergenaue Bewegungen an einem Moselhang.

### Satellitendaten zur Überwachung

„Viele öffentliche Einrichtungen sind aber noch nicht ausreichend darauf

vorbereitet, satellitengestützte Erdbeobachtungsinformationen optimal einzusetzen“, berichtet BGR-For-

scherin Corinna Wolf. Im Auftrag des Landesamtes für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (LGB) hat sie kürzlich Satellitenmessungen zu Geländebewegungen im Rhein-Mosel-Gebiet ausgewertet.

„Das Ziel des Projektes war es, neue Einsatzmöglichkeiten der geowissenschaftlichen Fernerkundung zu testen“;



▲ Lage des Untersuchungsgebietes in Deutschland und im Bundesland Rheinland-Pfalz.

so die Wissenschaftlerin. Wolf suchte in den Daten vor allem nach Schwächezonen – also Orten, an denen Bodenbewegungen, Hangrutschungen oder Tagesbrüche auftreten können. Für ihre Studie verwendete sie Informationen der Sentinel-Vorgänger ERS-1, ERS-2 und Envisat.

### Stabile Reflektoren am Erdboden

Mit einem Verfahren namens Persistent Scatterer Interferometry (PSI) sind die Radarspäher in der Lage, selbst kleinste Geländebewegungen aufzuspüren. Bei dieser Methode dienen Gebäude, Brücken, Strommasten oder Felsen als sogenannte „stabile Reflektoren“. Die ortsfesten Punkte auf der Erdoberfläche reflektieren das Radarsignal immer auf die gleiche Weise. Verändert sich der Abstand zwischen Reflektor und Satellit auch nur um einen Millimeter, spiegelt sich das im reflektierten Signal wider.

Weiteren Daten, etwa aus Luftbildern, digitalen Geländemodellen oder von anderen Satelliten, lieferten Wolf zusätzliche Hinweise auf mögliche Naturgefahren. Verborgene Strukturen im Untergrund machten sich zum Beispiel auch durch eine geringere Bodenfeuchte oder einen ungewöhnlichen Pflanzenbewuchs bemerkbar.

### Rutschungen an der Mosel

Anhand der Satelliten-Daten konnten mehr als 700 Bereiche im Untersuchungsgebiet identifiziert werden, in denen der Erdboden in Bewegung ist. In den meisten Fällen sind die Veränderungen auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen. Die BGR-Forscherin stellte aber auch natürliche Hangbewegungen fest, vor allem entlang der Mosel zwischen Trier und Cochem. In einer Detailuntersuchung identi-

fizierte Corinna Wolf auf dem Gebiet der Stadt Mendig in der Eifel mit den Fernerkundungsdaten mehrere Absenkungen. Vom Mittelalter bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts war dort großflächig untertage Basalt abgebaut worden, heute droht teilweise Einsturzgefahr.

Das Fazit der Forscherin: Mit den Daten von Sentinel-1 können die gefährdeten Bereiche weiter überwacht werden. Behörden können diese Daten in Zukunft über einen bundesweiten Boden-Bewegungsdienst nutzen, den die BGR derzeit aufbaut. Auf der Basis der Bodenbewegungsdaten forschen die Wissenschaftler derzeit an der Entwicklung anwendungsbezogener Informationsprodukte.

---

Kontakt: **Dr. Michaela Frei**

## Geodaten in guten Händen

### GIW-Kommission entwickelt Verhaltenskodex für Unternehmen

Mit dem GeoBusiness Code of Conduct (CoC) können Firmen nachweisen, dass sie verantwortungsbewusst mit personenbezogenen Geodaten umgehen. Dazu müssen sie dem Verhaltenskodex lediglich online beitreten und können darüber hinaus ihre Geschäftsprozesse akkreditieren lassen. Die Selbstverpflichtung macht den Datenaustausch zwischen staatlichen Behörden und kommerziellen Nutzern einfacher und transparenter.



Quelle: fotogothor/fotolia.de

▲ Auf [www.geodatenschutz.org](http://www.geodatenschutz.org) können Unternehmen mit wenigen Klicks nachweisen, dass sie mit personenbezogenen Daten verantwortungsbewusst umgehen.

Geodaten haben es manchmal in sich. Hochauflösende Luftbilder, Informationen zu Denkmälern oder anderen Liegenschaften können zum Beispiel Rückschlüsse auf persönliche Daten zulassen. Unternehmen, die solche Daten nutzen, haben daher eine besondere Verantwortung.

Seit August 2015 können Firmen unkompliziert nachweisen, dass sie

sich an geltende Datenschutzbestimmungen halten – indem sie dem GeoBusiness CoC beitreten. Diesen Verhaltenskodex haben die Datenschutz-Aufsichtsbehörden nun offiziell anerkannt. Unternehmen, die dem Kodex beitreten wollen, müssen zum Beispiel dokumentieren, dass nur berechtigte Mitarbeiter Zugriff auf die Daten haben, dass ihr Computersystem ausreichend geschützt ist

oder dass die Daten nicht mit anderen personenbezogenen Informationen verkettet werden können.

#### **Kooperation zwischen Wirtschaft und Behörden**

Die an der BGR angesiedelte Geschäftsstelle der Kommission für Geoinformationswirtschaft (GIW-Kommission) hat die Regeln des Verhaltenskodex zusammen mit



dem Verein Selbstregulierung Informationswirtschaft e.V. (SRIW) umgesetzt. Harald Lemke, Vorstandschef des Vereins, erklärt: „Durch die Kooperation zwischen Wirtschaft und Behörden ist es gelungen, eine praktikable Lösung zu entwickeln, die Geodaten besser zugänglich macht und zugleich den Datenschutz sichert. Das hat Vorbildcharakter.“

Geodaten stammen meist von staatlichen Behörden, die selbst entscheiden können, ob sie die Informationen für eine kommerzielle Nutzung zur Verfügung stellen. Vor allem in hochauflösenden Geodaten steckt ein erhebliches wirtschaftliches Potenzial. Unternehmen können nun durch den Beitritt zum Verhaltenskodex unter dem Weblink [www.geodatenchutz.org](http://www.geodatenchutz.org) mit wenigen Klicks nachweisen, dass sie mit personenbezogenen Daten verantwortungsbewusst umgehen.

Behörden erhalten wiederum über den GeoBusiness CoC einen Einblick in die betroffenen Geschäftsprozesse. So können sich die Datenanbieter vergewissern, dass die Daten in guten Händen sind.

### Keine neuen Regeln

„Der GeoBusiness CoC schafft keine neue Regelungen, sondern fasst die geltenden Regeln zusammen“, erläutert Jens Ibendorf, Geschäftsführer



Quelle: Maxim Kichakou/fotolia.com

▲ Der GeoBusiness Code of Conduct und die Anwendung [geodatenchutz.org](http://geodatenchutz.org) erleichtern es Unternehmen, Datenschutzregeln in die Praxis umzusetzen.

der GIW-Geschäftsstelle. „Das vereinfacht die Anwendung erheblich.“ Gerade für kleine und mittelständische Unternehmen wird es auf diese Weise leichter, Geodaten zu nutzen. Denn sie haben oft nicht die Ressourcen, über jeden Einzelfall mit den Behörden zu verhandeln.

Die Sorge, dass Datenschutz Innovationen verhindere, sei unbegründet, sagt GIW-Geschäftsführer Jens Ibendorf: „Indem ein Unternehmen

dem GeoBusiness CoC beiträgt und Geschäftsprozesse akkreditieren lässt, kann es die Datenschutzregeln ganz einfach in der Praxis anwenden.“ Die GIW-Geschäftsstelle übernimmt die Akkreditierungsstelle. Der SRIW wiederum fungiert als Beschwerdestelle und stellt so sicher, dass sich die Unternehmen an die Datenschutzregeln halten.

---

Kontakt: **Jens Ibendorf**

## Das Europa-Puzzle

### Geologen harmonisieren Offshore-Daten

Die Meere rund um Europa sind zwar vergleichsweise gut erkundet. Doch weil jedes Land seine eigene Methode hat, die Geologie zu beschreiben, sind die Informationen meist nicht kompatibel. Im Projekt EMODnet 2 sollen unterschiedliche Daten harmonisiert und für Nutzer zugänglich gemacht werden. Die BGR ist für die Meeresbodengeologie zuständig.



▲ Im Projekt EMODnet 2 erschließen die Wissenschaftler auch umfassende Informationen zu den europäischen Küstenregionen, unter anderem zu den Sedimenten des UNESCO-Weltnaturerbes Wattenmeer.

„Harmonisierung kostet Zeit und Mühe“, sagt Dr. Kristine Asch, Expertin für geologische Informationen und Karten bei der BGR. Die Wissenschaftlerin weiß, wovon sie spricht: Sie hat sich bereits in der Pilotphase des Projektes EMODnet darum ge-

kümmert, Meeresbodendaten aus verschiedenen europäischen Ländern zu sammeln und die Harmonisierung zu koordinieren.

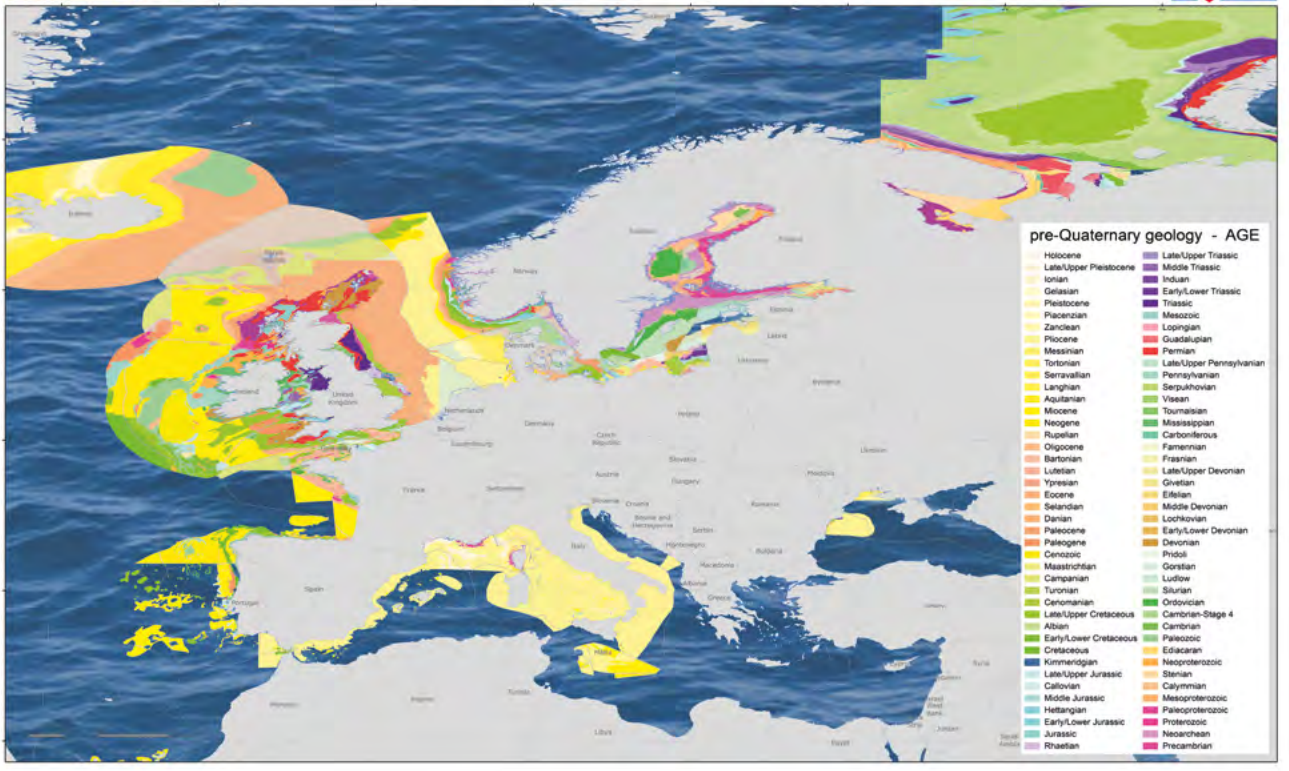
Die Probleme, die bei diesem Prozess auftreten können, sind vielfältig: Die

gleiche geologische Einheit kann in zwei Ländern womöglich völlig unterschiedlich beschrieben werden, die Maßstäbe von Karten unterscheiden sich, es werden verschiedene Modelle benutzt, um Rohdaten zu digitalisieren und schließlich Karten daraus zu entwickeln.

### Zweite Projektphase

Derzeit sind Asch und ihre Kollegen damit beschäftigt, die Daten für die noch fehlenden Meeresgebiete zusammenzutragen, zum Beispiel für Teile des Mittelmeeres und des Schwarzen Meeres. Insgesamt 30 Länder sind an der zweiten Projektphase beteiligt, die 2014 in Lissabon angeschoben wurde. Von Russland bis Zypern und von Portugal bis zur Türkei stellen die nationalen geologischen Dienste ihre Daten bereit und arbeiten daran, sie an den gemeinsamen Standard anzupassen.

„Das Ziel besteht darin, eine detaillierte digitale geologische Karte für alle europäischen Meeresgebiete herzustellen, die über ein Webportal zugänglich ist“, so Asch. Das Projektgebiet wurde in der zweiten Phase deutlich erweitert. Es umfasst nun den gesamten marinen Bereich Europas. „Eine solche Karte ist eine grundlegende Voraussetzung für jegliches grenzüberschreitende Offshore-Projekt“, betont die Wissenschaftlerin.



▲ Karte der prä-quartären offshore-Geologie für das EMODnet 2 Projekt, zusammengestellt durch die BGR.

### Appetit auf marine Daten

Das ursprüngliche EMODnet-Projekt hatte unterschiedlichste Geodaten im Maßstab 1:1 Million zur Verfügung gestellt. „Nun ist der Appetit geweckt, detailliertere marine Daten auch für die südliche marine Gebiete Europas zur Verfügung zu haben“, sagt Kristine Asch. Das Projekt ist insgesamt in sechs Themenfelder untergliedert: Lebensräume am Meeresboden, Chemie, Physik, Biologie, Bathymetrie und Geologie.

Die BGR koordiniert das Arbeitspaket „Meeresbodengeologie“. Das Team

um Asch und Alexander Mirko Müller ist dafür zuständig, die gesamten Kartendaten der marinen Geologie Europas im Detail zusammenzuführen. Dabei geht es nicht nur um Basisinformationen, etwa zum Alter der Gesteine. Auch Daten zur Gesteinsart und deren Entstehung gehen hier ein. Informationen zu Bodenschätzen, Erdbebenherden, vulkanischen Aktivitäten oder Unterwasser-Rutschungen fließen ebenso in das Projekt ein und sollen später in unterschiedlichen Karten-„Layers“ abrufbar sein.

Die EU stellt für das Projekt 4,2

Millionen Euro zur Verfügung. Die in der Pilotphase gewonnenen Daten und Erfahrungen bilden die Basis für die derzeitige Arbeit. Bis Oktober 2016 soll die Meeresbodenkarte im Maßstab 1:250 000 fertig sein. Sie ist über die Webseite [www.emodnet.eu/geology](http://www.emodnet.eu/geology) zugänglich.

Kontakt: **Dr. Kristine Asch**

## Bodenprofile zum Vergleich

### Ungesättigte Bodenzone wird einheitlich charakterisiert

Wissenschaftler der BGR haben in einer Vorstudie die Böden an fünf Standorten in unterschiedlichen Bodenregionen analysiert. Ihr Ziel bestand darin, die Bodenzone von der Oberfläche bis zum Grundwasser einheitlich zu beschreiben.



▲ Einsatz des Bohrgeräts für die Beprobung des Bodens bis zum Grundwasser.



▲ Untersuchung eines Bodenprofils in der Nähe des Ortes Markhausen, Norddeutsche Tiefebene.

Wer sich die Mühe macht, in einem Wald, auf einer Wiese oder einem Acker ein senkrechtes Loch in die Erde zu graben, bekommt ganz unterschiedliche Dinge zu Gesicht. Mal tritt unter einer graubraunen Oberflächenschicht ein leuchtend ockerfarbener Boden zutage, mal geht schwärzliche Krume in weiße Steine über.

Wie Böden zu beschreiben sind, regelt in Deutschland die Bodenkundliche Kartieranleitung. International ist aber eine andere Klassifikation gebräuchlich: die World Reference

Base for Soil Resources (WRB). „In unseren Datenbanken fehlen Bodenprofile, die sowohl nach nationalen als auch nach internationalen Kartieranleitungen beschrieben sind“, berichtet der Bodenkundler Dr. Einar Eberhardt von der BGR.

Experten der BGR haben daher nun in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten in der Vorstudie „Benchmark Profiles“ an fünf ausgesuchten Standorten Tiefbohrungen bis zum Grundwasser niedergebracht. Die Forscher wollten herausfinden, wie aufwändig es ist,

die tiefen Profile so ausführlich zu charakterisieren, dass allen Anforderungen genüge getan wird. Zusätzlich zu verschiedenen Bohrverfahren und bodenphysikalische Messungen im Gelände führte das Team auch umfangreiche Laborarbeiten durch.

Anhand der einheitlichen Bodenprofile sollen in Zukunft auch bessere Prognosen zur Zusammensetzung und Menge des Sickerwassers möglich werden.

---

Kontakt: **Dr. Daniel Rückamp**,  
**Dr. Einar Eberhardt**

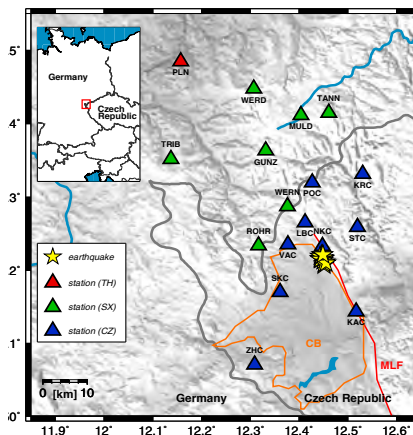
## Der Grund des Grummelns

### Fluide steuern Schwarmbeben im Vogtland

Forscher der BGR Hannover, des GeoForschungsZentrums Potsdam und der Universität Leipzig haben den Untergrund im Dreiländereck von Sachsen, Tschechien und Bayern mit neuesten seismologischen Methoden durchleuchtet. Die Untersuchungen lieferten Hinweise auf Fluide im Untergrund sowie auf die Wegsamkeiten, entlang derer vulkanische Gase und Flüssigkeiten zur Oberfläche aufsteigen.

Mehr als 30 Mal bebte die Erde im Mai und Juni 2014 unterhalb des tschechischen Städtchens Nový Kostel, nur wenige Kilometer östlich der deutschen Grenze. Schwarmbeben nennen Seismologen solche schwachen bis mittelstarken Erdstöße, die ohne starkes Hauptbeben auftreten.

Ursache für die Erschütterungen im Vogtland ist wahrscheinlich heißes Gestein im Untergrund – so das Ergebnis eines DFG-Projektes, an dem die BGR beteiligt war. Die BGR-Seismologen Dr. Peter Gaebler und Dr. Ulrich Wegler sowie Sima Mousavi und Professor Dr. Michael Korn von der Universität Leipzig lieferten in ihrem Arbeitspaket Informationen über die frequenzabhängigen seismischen Dämpfungsparameter mittels der Energietransfertheorie.



▲ Karte des Untersuchungsgebietes mit einigen seismischen Stationen.

Diese Parameter tragen zur Beschreibung der kleinskaligen Strukturen des Untergrundes bei und geben in diesem Zusammenhang Hinweise auf das Vorhandensein von Fluiden in der Schwarmbebenregion. Eine gemeinsame Interpretation aller Arbeitspakete identifizierte einen mittlerweile erstarrten Intrusivkörper in gut zehn Kilometern Tiefe. Vor



Quelle: Josefine Umlauf

▲ Ansicht einer Mofette. Deutlich zu erkennen sind die Kohlendioxid-Gasaustritte an der Oberfläche.

mindestens 100 000 Jahren bahnte sich das damals noch flüssige Gestein aus dem Erdmantel einen Weg in die Erdkruste, blieb aber einige Kilometer unterhalb der Oberfläche stecken. Die seismologischen Analysen zeigen, dass der Intrusivkörper sich etwas unterhalb der Herde der Schwarmbeben befindet. Die Erdstöße sind vermutlich auf vulkanische Gase zurückzuführen, die durch Risse im Untergrund zur Oberfläche aufsteigen. In der Region finden sich zahlreiche Kohlendioxid-Quellen, sogenannte Mofetten. Den Aufstiegskanal konnten die Seismologen sichtbar machen, indem sie die Geschwindigkeiten unterschiedlicher seismischer Wellen miteinander verglichen.

Die seismologischen Studien dienen als Vorbereitung für eine geplante internationale Tiefbohrung, mit der die magmatische Aktivität genauer untersucht werden soll.

Kontakt: **Dr. Peter Gaebler,**  
**Dr. Ulrich Wegler**

## Erdbebendaten – tagesaktuell

Kataloge der BGR wurden zusammengeführt

Erdbebenkataloge bilden die Grundlage für seismische Gefährdungsanalysen. An der BGR wurden alle verfügbaren seismologischen Daten für Deutschland in einer gemeinsamen Datenbank zusammengeführt. Die Informationen können nun effektiv ausgewertet und bearbeitet werden.

Als erstes Ereignis im historischen Katalog der BGR ist ein Erdbeben im Jahr 813 verzeichnet. Damals erzitterte die Erde in Aachen – so steht es in der Chronik der Stadt. Doch wie glaubhaft sind solche Angaben? Um das herauszufinden, haben Seismologen der BGR in den vergangenen Jahren Informationen aus verschiedenen Quellen zusammengetragen.

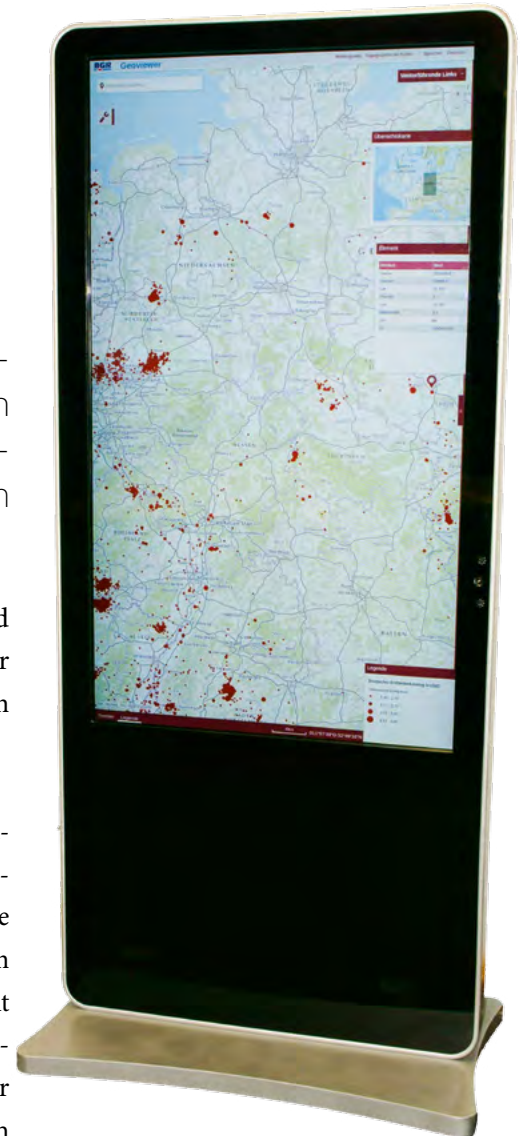
„Dabei werden oft auch widersprüchliche Angaben offensichtlich. Die eindeutige Klärung ist eine herausfordernde Detektivarbeit“, berichten die Geophysiker Gernot Hartmann und Dr. Diethelm Kaiser von der BGR.

Für einen einheitlichen, umfassenden Erdbebenkatalog Deutschlands haben sie und ihre Kollegen zwei wesentliche Datenbestände zusammengeführt: Den „Erdbebenkatalog für Deutschland mit Randgebieten“, der

bis ins Jahr 800 zurückreicht, und einen zweiten Erdbebenkatalog für alle instrumentell erfassten Erdbeben seit 1975.

In der nun fertiggestellten Gesamt-Datenbank sind jetzt etwa 50 000 seismische Ereignisse vermerkt – tektonische Erdbeben genauso wie Sprengungen in Steinbrüchen. Fachleute können damit alle erdbebenrelevanten Informationen für Deutschland vom Mittelalter bis zur Gegenwart aufgabenspezifisch abrufen.

Ein Ergebnis ist beispielsweise die übersichtliche Darstellung der Seismizität in Deutschland, die im Geoviewer der BGR unter <https://geoviewer.bgr.de> frei zur Verfügung steht. Neue Erdbeben werden tagesaktuell in die Datenbank eingepflegt. Demnächst könnten aber auch ältere Ereignisse dazukommen oder



▲ BGR-Geoviewer mit der Karte der Erdbeben in Deutschland seit dem Jahr 813.

neu bewertet werden: Historische Erdbebenforschung und Paläoseismologie liefern immer wieder Informationen über Erschütterungen, die viele Jahrhunderte oder Jahrtausende zurückliegen.

Kontakt: **Gernot Hartmann,**  
**Dr. Diethelm Kaiser**

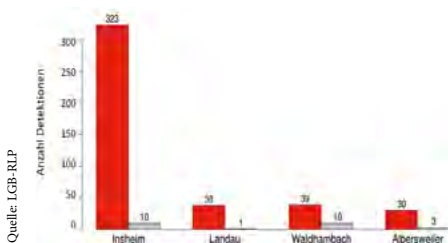
## Vom Rauschen befreit

Seismologen der BGR überwachen geothermische Systeme in Echtzeit

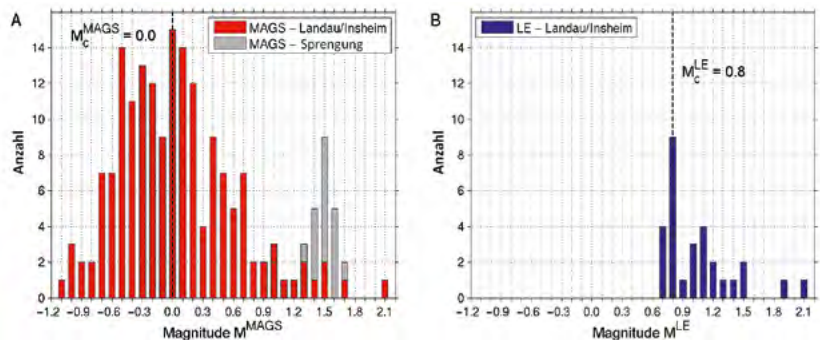
Insgesamt 18 Messstationen registrieren seismische Erschütterungen im Umfeld der Geothermiekraftwerke Landau und Insheim in der Südpfalz. Die Ereignisse werden in Echtzeit detektiert – dank einer neuen Methode, die BGR-Forscher entwickelt haben.

Wenn Geothermie-Kraftwerke heißes Wasser aus der Tiefe fördern, kann es zu Erdbeben kommen. Experten sprechen von induzierter Seismizität, also künstlich ausgelösten Erschütterungen. „In vielen Fällen handelt es sich um Mikroseismizität, die nur von hochempfindlichen Seismometern nachgewiesen werden kann“, berichtet die Geophysikerin Margarete Vasterling von der BGR.

Manchmal sind die Erschütterungen aber auch an der Erdoberfläche zu spüren. Um die induzierte Seismizität zu überwachen und schnell herausfinden zu können, welche Ereignisse auf die Geothermie zurückzuführen sind, betreiben die BGR und der Landeserdbebendienst Rheinland-Pfalz (LER) im Rahmen des Projekts



▲ Detektionen vom 01.10.2013 – 30.10.2015 für die Geothermiereservoire in Insheim und Landau sowie die Steinbrüche in Albersweiler und Waldhambach. Richtige Detektionen (rot) und lokale tektonische Beben (grau), die Fehldetektionen verursacht haben.



▲ Vergleich der Kataloge für ein Jahr von Oktober 2013 bis Oktober 2014. Links: Vom Detektor automatisch generierter Katalog mit induzierten Ereignissen aus Insheim und Landau (rot) und Sprengungen, nur Waldhambach, in grau. Rechts: Katalog des Landeserdbebendienstes Südwest für den gleichen Zeitraum (blau).

MAGS2 rund um die beiden Geothermiekraftwerke Landau und Insheim ein lokales seismisches Netzwerk, das aus 14 Oberflächen-Stationen und vier Bohrloch-Stationen besteht.

„Die Daten werden in Echtzeit zur BGR übertragen“, berichtet Margarete Vasterling. Seismische Ereignisse aus den Reservoiren und von zwei benachbarten Steinbrüchen werden ebenfalls in Echtzeit detektiert und der jeweiligen Quelle zugeordnet – dank eines Verfahrens, das sie und ihre Kollegen entwickelt haben. Der sogenannte Kreuzkorrelations-Detektor ermöglicht es, die vergleichsweise schwachen Erdbeben-Signale von na-

türlichen Erdbeben und anderen Erschütterungen zu unterscheiden, die im Umfeld der Stationen auftreten.

Von Oktober 2013 bis Ende Oktober 2015 registrierte das Messnetz insgesamt 454 Erschütterungen, die auf die Geothermie oder auf Sprengungen in zwei benachbarten Steinbrüchen zurückzuführen waren. Die beiden Reservoire in Landau und Insheim ließen sich seismisch deutlich voneinander abgrenzen.

[www.mags-projekt.de](http://www.mags-projekt.de)

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

## Expertise zusammengeführt

### Unabhängige Analyse zu Bergbau und Menschenrechten

Die Debatte um Bergbau und Menschenrechte findet häufig in einem politisch aufgeladenen Umfeld statt und wird dort emotional geführt. Die BGR und die Max-Planck-Stiftung für Internationalen Frieden und Rechtsstaatlichkeit haben die Problematik umfassend wissenschaftlich analysiert.



Quelle: SONY SAIFUDDIN (2006)/AFP/Getty Images

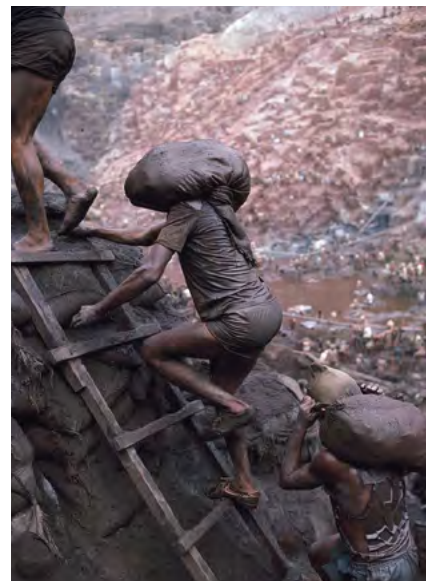
▲ Minenarbeiter in einer Schwefelmine in Banyuwangi, Ost-Java. Hunderte Arbeiter arbeiten ohne Sicherheitsausrüstung und unter gefährlichen Bedingungen, um ihren Lebensunterhalt zu verdienen.

Der Abbau von Rohstoffen greift erheblich in bestehende Formen menschlicher Existenz ein. Wenn keine Vorkehrungen getroffen oder die Betroffenen nicht entschädigt werden, entstehen Konflikte um Land, Arbeitsbedingungen und die Belastung der Umwelt. Damit sind unmittelbar Menschenrechte betroffen.

Diese Probleme anzugehen ist jedoch oft nicht leicht. „Weil die Debatte um Menschenrechte im Bergbau in ei-

nem politisch aufgeladenen Umfeld stattfindet, werden ökonomische und zivilgesellschaftliche Interessen oft zu unvereinbaren Positionen“, berichtet Johannes Danz von der BGR. Um einen Beitrag zur Versachlichung der Debatte zu leisten, haben BGR und die Max-Planck-Stiftung für Internationalen Frieden und Rechtsstaatlichkeit in Heidelberg nun eine unabhängige Studie vorgelegt, in der die menschenrechtlichen Risiken des Bergbaus analysiert werden.

„Durch die Kooperation haben wir führende Expertisen aus Bergbau und Völkerrecht zusammengeführt“, berichtet Johannes Danz. Die Studie, die im Januar 2016 erschienen ist, beschäftigt sich sowohl mit den Problemen von industriellen Bergbauprojekten als auch mit denen des Kleinbergbaus. Darüber hinaus analysieren die Wissenschaftler besondere Situationen wie gewalttätige Konflikte, Korruption und schwache Staatlichkeit. „Die Studie umfasst ein Spektrum der wichtigsten Risiken



Quelle: Robert Nickelsberg (1985)/Getty Images

▲ Brasilianische Minenarbeiter in Serra Pelada erklimmen eine Holzleiter mit einem 40 Pfund schweren Goldsack auf ihren Schultern. Wenn die Sprossen der Leiter brechen, fallen die Arbeiter aus großer Höhe in die Mine hinab.

und schafft mit ihrer unabhängigen Ausrichtung die Voraussetzung für eine Debatte ohne politische Verzerrung“, so Danz.

Das Team ist nun dabei, Länderrisikoanalysen zu erstellen und positive Beispiele zu identifizieren.

---

Kontakt: **Johannes Danz**



## Startschuss für die Geothermie

### BGR unterstützt mehrere Projekte in Ostafrika

Erdwärme-Kraftwerke könnten einen großen Teil des Strombedarfs in Ostafrika decken. Ein BGR-Mitarbeiter berät die Afrikanische Union (AU) in Addis Abeba seit 2013 in Fragen der Geothermie. Insbesondere Kenia, Tansania, Dschibuti und Äthiopien haben bislang von der Zusammenarbeit profitiert.

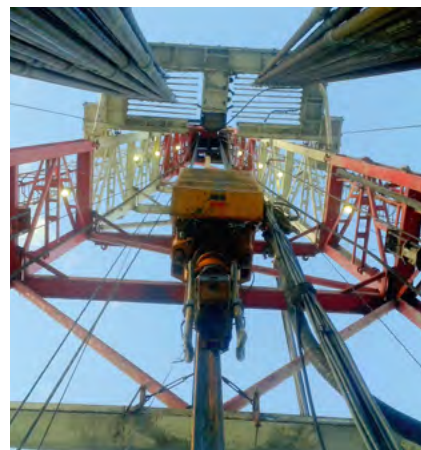
Der Vulkan Paka im kenianischen Rift Valley ist nur einer von vielen Orten in Ostafrika, der als Standort für ein Geothermie-Kraftwerk in Frage kommt. Dass der Untergrund heiß ist, lässt sich dort mit bloßem Auge erkennen – zum Beispiel an den zahlreichen Fumarolen, aus denen Dampf Wolken aufsteigen.

Trotz des großen Potenzials hat die Geothermie in Ostafrika derzeit allerdings gerade mal einen Anteil von vier Prozent an der Stromerzeugung. „Die zentrale Herausforderung besteht darin, dass Unternehmen in der Explorationsphase hohe Vorlaufkosten haben und finanzielle Verluste riskieren, falls sie nicht fündig werden“, berichtet Max Winchenbach von der BGR. Um dieses Risiko zu minimieren, beteiligt sich die BGR seit 2004 an Oberflächenstudien in Entwicklungs- und Schwellenländern, bei denen poten-

zielle Geothermie-Standorte erkundet werden. Sie unterstützt außerdem die Risiko-Minderungs-Fazilität GRMF, einen Fond der KfW-Entwicklungsbank.

Seit 2009 liegt der Schwerpunkt verstärkt auf Ostafrika. Als Ergebnis der Zusammenarbeit entstanden 2014 und 2015 zum Beispiel Handlungsrichtlinien für Geothermie-Tiefbohrungen unter Berücksichtigung der neuesten Umwelt- und Sicherheitsstandards.

Bei einer weiteren Kooperation ging es darum, Hebungen und Senkungen in der Nähe von Vulkanen zu überwachen, an denen Kraftwerke geplant sind: Fernerkundungsexperten der BGR unterstützten das staatliche kenianische Unternehmen „Geothermal Development Company“ (GDC) dabei, den Vulkankegel des Paka per



▲ Blick vom Unterbau auf den Bohrmast mit Flaschenzug und Haken im Bohrfeld Menenga in Kenia.



▲ Reservoir-Test auf einer neuen Bohrung im Bohrfeld Menengai in Kenia.

Satellit zu überwachen. Ein Geophysiker prüfte derweil das von der GDC aufgelegte Monitoring-Programm im Bereich eines anderen Vulkans, des Silali. Die BGR beriet außerdem die staatlichen Geothermiebehörden Dschibutis und Äthiopiens. Die Aus- und Weiterbildung lokaler Fachkräfte stellte einen weiteren Schwerpunkt dar, der in der Zukunft beibehalten wird.

Kontakt: **Max Winchenbach**

Quelle: Georg Mayer, 2014.

Quelle: Max Winchenbach, 2014

## Bodendaten für Kamerun

Geowissenschaftliche Informationen helfen dabei, regionale Strategien zur Raumnutzung zu entwickeln

Das Land Kamerun ist reich an Naturressourcen. Bislang werden jedoch Wald, Bodenschätze und Ackerflächen weitgehend unkoordiniert genutzt. Ein BGR-Vorhaben soll nun Daten zu Georessourcen liefern, die für die Raumplanung wichtig sind. Der Schwerpunkt liegt beim Thema Boden.

Der Regenwald im Südwesten Kameruns gilt als einer der artenreichsten Orte der Erde. Doch die biologische Vielfalt ist bedroht: In den letzten 20 Jahren hat sich die Waldfläche des zentralafrikanischen Landes um ein Fünftel reduziert.

„Das hohe Bevölkerungswachstum und die gestiegene Nachfrage nach Produkten wie Palmöl treiben Konflikte zwischen unterschiedlichen Arten der Landnutzung an“, sagt Dr. Dierk Schlütter von der BGR. Häufig werde Urwald gerodet, um Plantagen anzulegen.

Bislang verfügt die Politik kaum über Mechanismen, um konkurrierende Interessen auszugleichen – etwa zwischen Naturschutz und Landwirtschaft. Häufig liegt dies an mangelnden Informationen. „Um die Vor- und Nachteile verschiedener Nutzungsoptionen abwägen zu können, braucht man qualitätsgeprüfte

Geodaten“, so Dr. Robert Kringel.

Er leitet seit Februar 2016 ein BGR-Vorhaben in Kamerun, das die Politik in die Lage versetzen soll, Strategien zur Raumnutzung zu entwickeln. Zusammen mit vier kamerunischen Behörden bereitet das BGR-Team räumliche Daten und Informationen zu Böden und anderen Georessourcen in zwei Pilot-Regionen auf.

„Das Ergebnis sind zum Beispiel thematische Karten mit erläuternden Informationen“, sagt Kringel. „Ent-



Quelle: Robert Kringel

▲ Palmfrüchte liegen an der Küstenstraße der Süd-West Region zur Abholung bereit.

scheidungsträger und auch die Zivilgesellschaft bekommen so Werkzeuge an die Hand, mit denen sie fundierte Entscheidungen treffen können.“ Das Projekt soll dazu beitragen, ökonomische und ökologische Interessen besser gegeneinander abzuwägen und eine nachhaltigere Landwirtschaft zu ermöglichen.

Kontakt: **Dr. Robert Kringel,**  
**Dr. Dierk Schlütter**



Quelle: Robert Kringel

▲ Am Ende der Regenzeit – saisonale Gemüseulturen an den sandigen Ufern des Benue, Nord-Kamerun.

## Ein Plan für Dhaka

### BGR unterstützt Geologischen Dienst von Bangladesch

Der Untergrund Dhakas, der Hauptstadt von Bangladesch, besteht zu großen Teilen aus weichen Sedimenten. In Zukunft sollen geologische Informationen in die sehr dynamische Stadtentwicklung einfließen – so das Ziel der technischen Zusammenarbeit von BGR und dem Geologischen Dienst von Bangladesch (GSB).



▲ Durch Sandaufschüttung entstehen am Rand der Hauptstadt Dhaka neue Bauflächen.

Über Rohbau-Ruinen, die sich so stark zur Seite neigen wie der berühmte schiefe Turm von Pisa, wird in Dhaka immer wieder berichtet. Mehr als die Hälfte der bangladeschischen Hauptstadt ist überflutungsgefährdet, der Untergrund besteht bereichsweise aus Marschland und Überflutungs-Ebenen. „Viele dieser Flächen werden großflächig aufgefüllt und entwickelt“, berichtet Dr. Andreas Günther von der BGR.

Die Behörde RAJUK, die für die Stadtplanung zuständig ist, ist mit großen Anstrengungen bemüht, dem raschen Wachstum der Metropole Herr zu werden. Informationen über den Baugrund werden für Stadtplanungen allerdings bisher nicht berücksichtigt. „Denn in diesen Behörden gibt es keine Geowissenschaftler“, hat Günther beobachtet. Die Folge des Wildwuchses: Immer wieder kommt es zu eklatanten Fehlplanungen, da die Tragfähigkeit des

Untergrundes für die Fundamente überschätzt wird – was sich oftmals erst beim Bau der Häuser herausstellt.

Die BGR hat bereits seit 2005 zusammen mit dem Geologischen Dienst von Bangladesch (GSB) in mehreren kleinen Projekten Daten zum Baugrund und zum Relief von Dhaka zusammengetragen, ein Informationssystem aufgebaut und Mitarbeiter ausgebildet.

Seit 2013 arbeiten BGR und GSB nun in einem neuen Projekt daran, den GSB fachlich zu stärken, damit geologische Kenntnisse in Zukunft in die Stadtplanung einfließen. Dafür stehen 1,5 Millionen Euro zur Verfügung. Günther betont „dass dabei insbesondere die Nutzer der Geodaten, also Architekten, Raumplaner und Entscheidungsträger, eingebunden werden.“

Kontakt: **Dr. Arne Hoffmann-Rothe**,  
**Dr. Andreas Günther**



▲ Sondierungsbohrung zur Ermittlung des Baugrunds.

## Trainingskurse für das Katastrophen-Risikomanagement

BGR stärkt Kompetenz von Projektpartnern in Lateinamerika

Der Schutz vor Naturkatastrophen steht im Mittelpunkt des Trainingskurses „Capacity Building Measure – Risk-Sensitive Spatial Planning“, den BGR-Experten im Auftrag des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) entwickelt haben. Im November 2015 fand die zweiwöchige Ausbildungsmaßnahme bereits zum vierten Mal statt.

Weißer Traumstrände, Palmen und ein türkisfarbenes Meer – so kennen die meisten Urlauber die Dominikanische Republik. Doch der Karibikstaat hat auch eine andere Seite: Ein großer Teil der Bevölkerung lebt mit einer latenten Bedrohung durch Naturgefahren. Gerade im ländlichen Raum sind die Menschen in ihren einfach gebauten Siedlungen durch Wirbelstürme, Hochwasser oder Erdbeben gefährdet und verwundbar. Meist weiß jedoch niemand genau, wie viele Menschen in den sich stetig ausbreitenden Siedlungen wohnen. „Für die Katastrophenvorsorge in Entwicklungsländern sind solche Informationen von höchster Bedeutung“, berichtet Dr. Dirk Kuhn von der BGR.



▲ Informelle Ansiedlungen in hochwassergefährdeten Bereichen, wie hier im Mündungsbereich des Rio Soldado, Dominikanische Republik, sind ein immerwährendes Problem für die Katastrophenvorsorge in Entwicklungsländern.

## Grundlagen des Katastrophen-Risikomanagements

BGR-Experte Kuhn und sein Kollege Dr. Dirk Balzer tragen nun dazu bei, dass sich Länder wie die Dominikanische Republik in Zukunft besser auf Naturgefahren vorbereiten können. Die beiden haben einen Trainingskurs zu den Grundlagen des Katastrophen-Risikomanagements entwickelt. Darin lernen Mitarbeiter lateinameri-



▲ Teilnehmer des Kurses in El Salvador.



▲ Kursteilnehmer mit Repräsentanten der nationalen Katastrophenschutzbehörde und des geowissenschaftlichen Instituts von Nicaragua.



▲ Kursteilnehmer mit dem Leiter der dominikanischen Zivil- und Katastrophenschutzbehörde General Rafael De Luna Pichirillo.

kanischer Behörden und Ministerien, wie sogenannte Risiko-Expositionsanalysen erstellt werden.

„Die Trainingskurse vermitteln die raumbezogene Analyse von Naturgefahren“, erläutert Dirk Balzer. Die Dominikanische Republik ist beispielsweise durch Erdbeben, Hochwasser, Rutschungen und Tsunamis bedroht. In dem Kurs erfahren die Teilnehmer – darunter Geowissenschaftler, Raumplaner, Bauingenieure oder GIS-Experten – wie sie die Risiken ermitteln, die von derartigen Naturgefahren ausgehen.

### Pläne für den Ernstfall

„Katastrophenmanager müssen beispielsweise wissen, welche Flächen bei einem Hochwasser überschwemmt werden und wie viele Menschen gefährdet sind“, erläutert Dirk Kuhn. Auch die gefährdete Infrastruktur, zum Beispiel Straßen, Brücken, Schulen oder Krankenhäuser, wird bei der Planung ermittelt. Ein weiteres Ziel der Kurse besteht darin, die Teilnehmer darin zu schulen, sogenannte Kontingenzpläne zu erstellen – also Pläne darüber, wie im Ernstfall auf eine Naturkatastrophe zu reagieren ist.

„Durch Risiko-Expositionsanalysen kann man Informationen gewinnen, wo und wie sich das Naturkatastrophen-Risiko vermindern lässt“, erläutert Dirk Balzer. Risikoanalysen

gelten daher als Kernelemente einer nachhaltigen Raumplanung. „Potenzielle Risiken müssen zunächst erkannt werden. Anschließend können sie in Landnutzungspläne und Stadtentwicklungspläne einfließen“, so Balzer.

### Hoher praktischer Nutzen

Die BGR hat von 2013 bis 2015 bereits vier zweiwöchige Trainingsmaßnahmen für jeweils rund 15 Teilnehmer durchgeführt – in El Salvador, Nicaragua, der Dominikanischen Republik und Argentinien. „In den Kursen treffen Fachleute von verschiedenen Institutionen und aus mehreren lateinamerikanischen Ländern aufeinander“, berichtet Dirk Kuhn. Das Training fördere daher auch die Kommunikation zwischen den Experten. „Es ist wichtig, dass sich die Behörden vernetzen, denn Gefahren wie Erdbeben und Vulkanausbrüche machen nicht an Landesgrenzen Halt“, betont Kuhn.

Die Teilnehmer waren mit den vier bislang durchgeführten Kursen durchweg zufrieden. Sie bescheinigten dem Training einen hohen praktischen Nutzen. Balzer und Kuhn planen, ähnliche Kurse ab 2016 auch in Südostasien durchzuführen.

---

Kontakt: **Dr. Dirk Kuhn,**  
**Dr. Dirk Balzer**

## Mobil und modular

### BGR entwickelt universell einsetzbare seismologische Messstationen

Seismologen der BGR stellen häufig Stationen zu Testzwecken auf. Die Ingenieure vom Seismologischen Zentralobservatorium haben nun neuartige Mobilstationen entwickelt, die aus der Ferne überwacht werden können.



Quelle: Luchino - Fotolia

▲ Die mobilen seismologischen Stationen der BGR messen Erschütterungen und übertragen die Daten in Echtzeit an das Seismologische Zentralobservatorium in Hannover. Im Bild: Zimmer eines Wohnhauses nach einem Erdbeben in Peru.

Der schwarze Kasten ist etwas sperriger als ein Aktenkoffer, aber nicht viel. Die neuen mobilen seismologischen Stationen der BGR brauchen nicht viel Platz, um ihren Dienst zu verrichten – nämlich feinste Erschütterungen des Erdbodens aufzufangen. „Wenn die Seismologen einen neuen Standort für eine feste Station testen

wollen, stellen sie meist erst einmal eine Mobilstation auf“, erläutert Elektrotechnik-Ingenieur Erwin Hinz von der BGR. Er und seine Kollegen haben nun ein Konzept entwickelt, um solche, bislang für Kurzeinsätze konzipierte Stationen robuster zu machen – und somit tauglich für längere Aufenthalte im Freien.

Die neuen seismologischen Stationen, von denen es bislang mehrere Prototypen gibt, werden zum Beispiel von einer mit Methanol betriebenen Brennstoffzelle mit Strom versorgt. Tritt ein Fehler auf, können sie aus der Ferne neu gestartet werden. Sie sind zudem durch einen Überspannungsableiter vor Blitzeinschlägen geschützt. Die Daten werden in Echtzeit über eine Mobilfunk-Verbindung zum Seismologischen Zentralobservatorium in Hannover übertragen.

„Zudem sind die Stationen modular aufgebaut“, betont BGR-Ingenieur Mark Hanneken. Sollte aus einem Teststandort doch einmal eine feste Station werden – was nicht selten vorkommt – kann die Brennstoffzelle beispielsweise leicht durch einen Netzanschluss ersetzt werden.

---

Kontakt: **Erwin Hinz,**  
**Mark Hanneken**

■ Den tieferen Untergrund nutzen | **Geothermie-Bohrung Horstberg: Forschungsplattform für geothermische Untersuchungen**

## Bohrung Horstberg wieder in Betrieb

BGR ermittelt Potenzial der Geothermie

An der Forschungsbohrung Horstberg in der Lüneburger Heide finden in den nächsten drei Jahren mehrere Zirkulationsexperimente statt. Dabei soll untersucht werden, wie sich Wärme aus dichtem Sandstein in großer Tiefe gewinnen lässt.

An der Bohrung Horstberg besteht bereits eine große künstliche Rissfläche in mehr als 3 600 Metern Tiefe, die zwei Sandsteinschichten hydraulisch miteinander verbindet. BGR-Forscher wollen nun Thermalwasser in einem Kreislauf durch die

Rissfläche leiten, um das Potenzial der Geothermie zu beurteilen.

Darüber hinaus will das Team um Dr. Torsten Tischner untersuchen, ob sich das BGR-Konzept, nur ein Bohrloch zur Erdwärmegewinnung zu nutzen, auch auf andere Standorte übertragen lässt. Die Forscher wollen zudem herausfinden, welches Risiko Salzablagerungen und Korrosion für die Geothermie darstellen. Vorsorglich überwacht die BGR während der Experimente Grundwasser und Bodenbewegungen – um zu bele-

gen, dass die geplanten Maßnahmen keinerlei Beeinträchtigungen an der Oberfläche hervorrufen.

Kontakt: **Dr. Torsten Tischner**



▲ Bohrplatz Horstberg während des Einbaus einer Förderpumpe.

■ Den tieferen Untergrund nutzen | **DECOVALEX: DEvelopment of COupled models and their VALidation against EXperiments in nuclear waste isolation**

## Neue Phase für DECOVALEX

Internationale Kooperation in der Endlagerforschung geht in die nächste Runde



▲ Teilnehmer des Workshops zum Projekt DECOVALEX 2015 in Leipzig.

Wohl kaum ein internationales Projekt kann auf so eine lange und erfolgreiche Geschichte zurückblicken wie DECOVALEX. Bereits seit 1992 arbeiten Forscher aus der ganzen Welt gemeinschaftlich daran, die komplizierten Prozesse zu modellieren, die

in einem Endlager für hoch radioaktive Abfälle eine Rolle spielen.

Unter dem Namen DECOVALEX 2019 geht das Vorhaben nun bereits in die siebte Phase. Die BGR ist Koordinator eines Arbeitspaketes, das sich mit dem Verhalten von Fluiden bei der Auffahrung eines Endlagerstolens in dichtem Gestein beschäftigt.

Weitere Aufgaben bestehen zum Beispiel darin, den Gasfluss durch eine dichte technische Barriere zu modellieren oder eine Simulation von hydromechanischen Prozessen

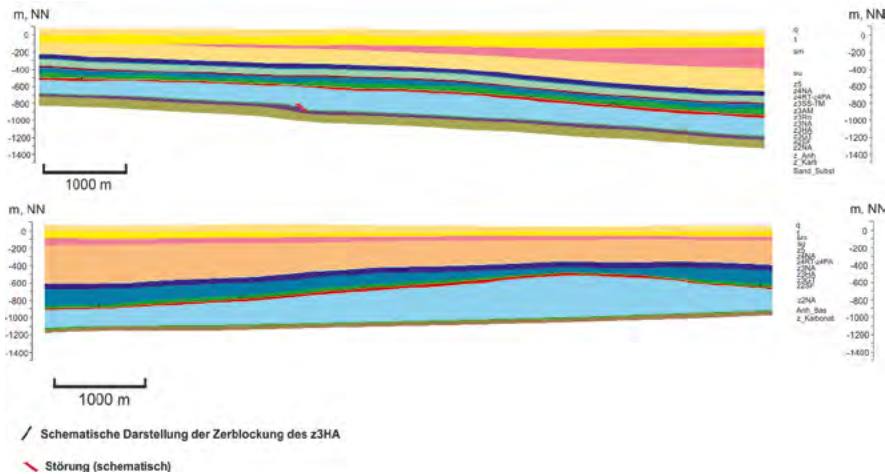
an Störungen im Tongestein zu entwickeln. „Mit DECOVALEX 2019 setzen wir unsere interdisziplinäre Forschung zu den thermisch-hydraulisch-mechanisch-chemischen Prozessen fort, die bei der Freisetzung und beim Transport von Radionukliden eine Rolle spielen“, so BGR-Experte Dr. Hua Shao. Der rege Austausch zwischen den Projektpartnern aus derzeit elf Nationen sei ungenutztes wertvoll, um das Verständnis der komplexen, gekoppelten Prozesse zu verbessern.

Kontakt: **Dr.-Ing. Hua Shao**

Den tieferen Untergrund nutzen | **KOSINA: Konzeptentwicklung für ein generisches Endlager für Wärme entwickelnde Abfälle in flach lagernden Salzschichten in Deutschland sowie Entwicklung und Überprüfung eines Sicherheits- und Nachweiskonzeptes**

## Das Verhalten flach lagernder Salzformationen

BGR erarbeitet geologische Grundlagen für ein Endlagerkonzept



▲ Referenzprofile für die Modelltypen „flache Lagerung“ (oben) und „Salzkissen“ (unten).

Steinsalz bildet im Untergrund nicht nur pilzförmige Salzstöcke, die entstehen, wenn eine Last auf einer Salzschicht liegt und das Salz aufsteigt. Das Mineral kann auch in Form horizontaler Schichten oder leicht ausgebeulter Kissen vorkommen. Auch solche annähernd flach lagernden Salzschichten kommen als Wirtsgestein für ein Endlager für hoch radio-

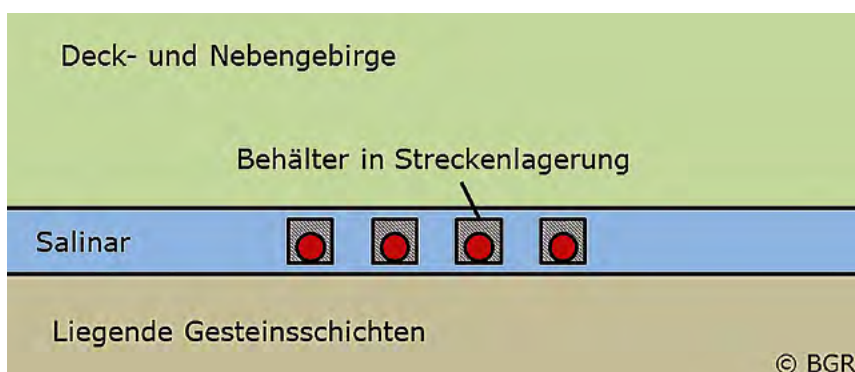
aktive Abfälle in Frage – so steht es im 2013 verabschiedeten Standortauswahlgesetz.

Die BGR untersucht daher diese Salzvorkommen, zum Beispiel im Projekt BASAL (lesen Sie dazu den Beitrag auf Seite 8). Ein Team um Tatjana Kühnlenz und Dr. Sandra Fahland beteiligt sich zusammen mit meh-

rerer Partnerorganisationen auch am Projekt KOSINA, das durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert wird und in dem ein Endlagerkonzept für diese Salzgesteinstypen entwickelt wird.

Die BGR ist dabei vor allem für die geowissenschaftlichen Fragestellungen zuständig. So werden verallgemeinerte geologische 3D-Modelle für zwei Typen der flach lagernden Salinarformationen – Typ „flache Lagerung“ und Typ „Salzkissen“ – erstellt. Zudem werden aus vorhandenen Datensätzen Parameter für numerische Modellberechnungen abgeleitet. Die darauf aufbauenden Simulationen dienen als Grundlage, um die Integrität der geologischen Barriere zu überprüfen.

**Kontakt: Tatjana Kühnlenz,  
Dr.-Ing. Sandra Fahland**



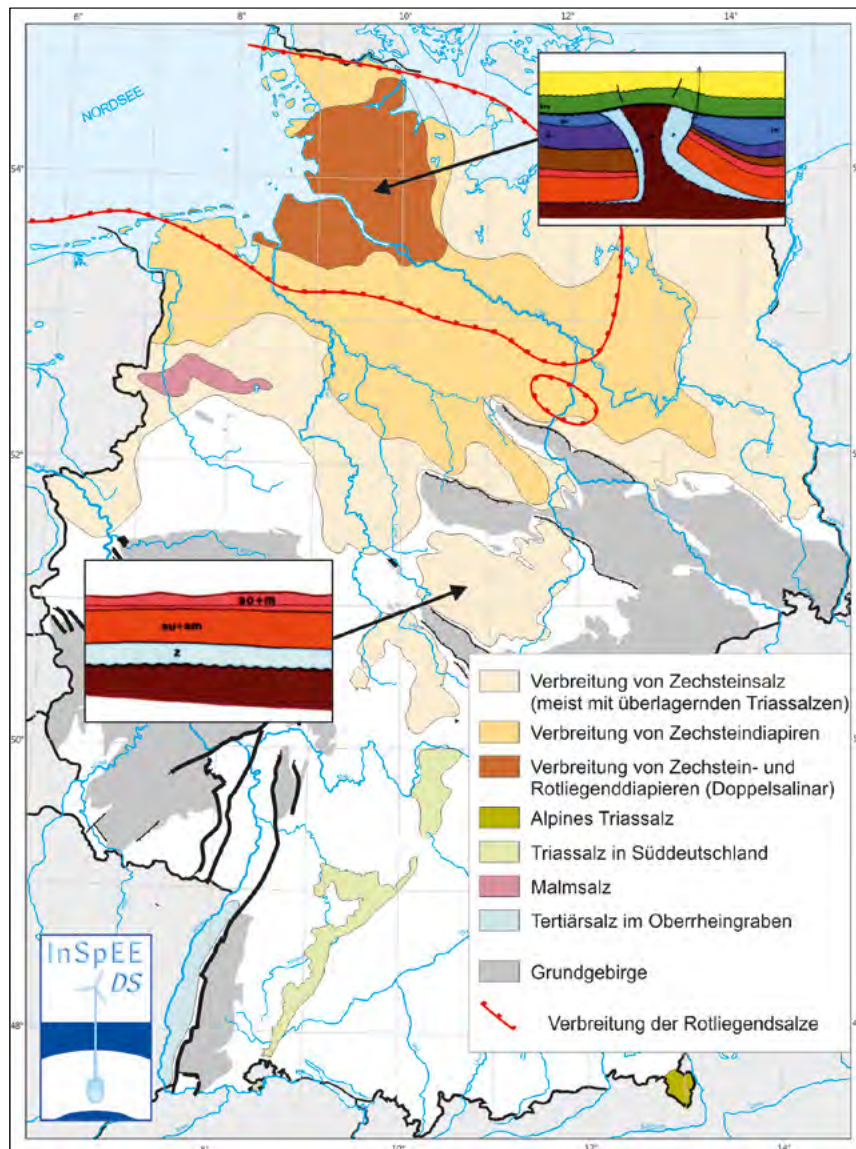
▲ Prinzipialskizze einer Endlagerung in flach lagernden Salzschichten.



Den tieferen Untergrund nutzen | **InSpEE-DS: Informationssystem Salzstrukturen, Doppelsalinare und flach lagernde Salzschiechten**

## Potenzial der Doppelsalinare und flach lagernden Salzschiechten

Salz-Informationssystem wird erweitert



▲ Salzvorkommen in Deutschland, die im Rahmen von InSpEE-DS auf ihr Speicherpotenzial für erneuerbare Energien in Form von Wasserstoff und Druckluft untersucht werden.

Unterirdische Speicher für Druckluft oder Wasserstoff sind ein wichtiger Teil der Energiewende. Die Salzkavernen und die darin gespeicherten Energieträger sollen dazu beitragen,

die schwankende Leistung von Windkraft und Solarenergie abzuf puffern. Im Verbundprojekt InSpEE hat ein Forscherteam bereits das Potenzial

norddeutscher Salzstrukturen ermittelt und ein Informationssystem erstellt (lesen Sie dazu auch den Beitrag auf Seite 76). Im Folgeprojekt InSpEE-DS, das vom Bundeswirtschaftsministerium gefördert wird, sollen nun auch flach lagernde Salze und sogenannte Doppelsalinare betrachtet werden.

„Doppelsalinare kommen vor allem in Schleswig-Holstein vor und enthalten Salze aus mehreren Perioden der Erdgeschichte, flach lagernde Salze gibt es im Gegensatz zu den Salzstöcken auch in Süddeutschland“, erläutert BGR-Forscherin Stephanie Fleig. Im Projekt sollen beide Typen von Salzformationen nun genauer untersucht werden. Anhand von geologischen 3D-Modellen will das Team Kavernenauslegungen berechnen und das bestehende Informationssystem Salz ergänzen.

Anwender können nach Projektende erstmals alle Salzformationen Deutschlands in ihre Planungen einbeziehen.

Kontakt: **Stephanie Fleig**

■ Den tieferen Untergrund nutzen | **Kriterien für Regelungen zur Einspeisung von CO<sub>2</sub>-Strömen in ein nachgelagertes Transport- und Speichernetz**



## CO<sub>2</sub>-Ströme unter der Lupe

Projekt CLUSTER untersucht Begleitstoffe abgeschiedener CO<sub>2</sub>-Ströme

Wenn die CCS-Technologie im industriellen Maßstab eingesetzt wird, soll aus Kraftwerken oder Industrieanlagen abgeschiedenes Kohlendioxid in Zukunft in großen Pipelines gesammelt und in einen unterirdischen Speicher eingeleitet werden – so sieht es eine EU-Richtlinie vor.

Die Zusammensetzung der abgeschiedenen CO<sub>2</sub>-Ströme variiert allerdings, je nachdem, ob sie zum Beispiel aus einem Kohlekraftwerk oder einem Zementwerk stammen. Die CO<sub>2</sub>-Ströme können Begleitstoffe wie Stickoxide,

Schwefeloxide oder Kohlenmonoxid enthalten, die in der Pipeline oder im Speichergestein geotechnisch bedeutsame Reaktionen hervorrufen können.

Im Verbundprojekt CLUSTER erforschen BGR-Wissenschaftler zusammen mit mehreren Partnerorganisationen, unter welchen Bedingungen CO<sub>2</sub>-Ströme unterschiedlicher Herkunft zusammengefasst, gefahrlos transportiert sowie dauerhaft und sicher gespeichert werden können.

Das BGR-Team um Dr. Sebastian Fi-

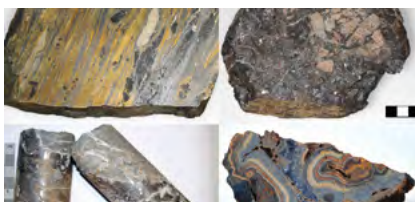
scher führt Laborexperimente und Modellrechnungen durch, um Reaktionen zwischen dem eingeleiteten Fluid und dem Speichergestein zu untersuchen. Dabei untersuchen sie, wie sich Porosität und Permeabilität in Abhängigkeit von den Begleitstoffen verändern. Außerdem wollen die Forscher herausfinden, inwieweit sich die Geländeoberfläche durch die Speicherung verformen kann. Als Ergebnis wollen sie Empfehlungen zur Zusammensetzung der CO<sub>2</sub>-Ströme ableiten.

Kontakt: **Dr. Sebastian Fischer**

■ Rohstoffversorgung sichern | **HTMET: Hochtechnologie-relevante Metalle in deutschen sulfidischen Buntmetallerzen – Ressourcenpotenzialabschätzung**

## Alte Erzlagerstätten neu entdeckt

BGR erstellt Kataster für Hightech-Rohstoffe



▲ Proben sulfidischer Blei-Zink-Kupfererze aus historischen deutschen Lagerstätten.

Buntmetalle haben ihren Namen nicht umsonst: Rohstoffe wie Kupfer, Blei oder Zink kommen in der Natur meist als farbenprächtige Erze vor. Häufig enthalten diese Mineralien auch geringe Konzentrationen von seltenen Hightech-Rohstoffen wie Germanium, Gallium, Indium und Antimon.

Im Verbundprojekt HTMET erstellen BGR-Forscher um Dr. Torsten Graupner jetzt ein neues Kataster für Hightech-Rohstoffe in schwefelhaltigen Erzen in Deutschland und einigen Nachbarländern.

Dazu untersuchen sie Gesteinsproben aus ehemaligen Erzbergwerken, die sich in den Sammlungen der BGR und der Projektpartner befinden. In dem Kataster erfassen sie auch Daten zu verbliebenen Erzvorräten, Infrastruktur oder Umweltrisiken an einem Standort. In Laborversuchen untersuchen die Forscher exempla-

risch, ob sich die Erze wirtschaftlich nutzen lassen. Sie testen dabei innovative Aufbereitungsverfahren.

Anhand der Datenbank sollen später Regionen und geeignete Lagerstätten zur Suche und Gewinnung von Rohstoffen ausgewählt werden. „Das Kataster stärkt den Wirtschaftsstandort Deutschland, weil es dazu beiträgt, einheimische Rohstoffpotenziale zu nutzen“, so Torsten Graupner. Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.

Kontakt: **Dr. Torsten Graupner**

■ Lebensgrundlagen erhalten | **FGUK Grundwasser: Verbesserte energieeffiziente Grundwassergewinnung, Aufbereitung und Transport**

## Bessere Planung beim Brunnenbau

Energieverluste sollen verringert werden

Die öffentliche Wasserversorgung in Deutschland nutzt überwiegend Wasser aus dem Untergrund. Beim Pumpen des Grundwassers geht häufig viel Energie verloren, hat BGR-Forscher Dr. Georg Houben festgestellt. Während des Bohrens können sich beispielsweise feine Partikel an der Bohrlochwand absetzen, die die Durchlässigkeit einer Bohrung vermindern. „Die Pumpe muss dann mit höherer Leistung arbeiten“, erläutert Houben.



▲ Kernprobe einer Bohrlochwand mit Ablagerungen von Feinpartikeln.

Der Grundwasser-Experte hat in der Zeitschrift „Hydrogeology Journal“ eine Software vorgestellt, die Verluste errechnet und Förderparameter vergleicht. Er plant nun, dieses Programm weiterzuentwickeln. Es soll dazu dienen, die Effizienz bestehender Brunnen zu optimieren und neue Brunnen besser planen zu können. Experimente und Feldstudien sollen die Berechnungen ergänzen.

Kontakt: **Dr. Georg Houben**

■ Lebensgrundlagen erhalten | **Grundwasserressourcen: BGR weitet Engagement in Jordanien aus**

## Trinkwasserversorgung sicherstellen

Flüchtlingskrise verschärft Situation in Jordanien

Im Norden von Jordanien ist der Grundwasserspiegel in den letzten 20 Jahren um bis zu 60 Meter gesunken. Das haben Untersuchungen der BGR und des jordanischen Wasserministeriums gezeigt. Seit Ausbruch der Krise im Nahen Osten hat Jordanien einen Zustrom von etwa 1,45 Millionen Flüchtlingen, zumeist aus Syrien, zu verkraften. Dies entspricht einem Bevölkerungszuwachs von nahezu 22 Prozent.

In einem neuen Projekt plant die BGR nun weitere Maßnahmen, um die Trinkwasserversorgung in Nordjordanien zu verbessern. So soll in den wichtigsten Brunnenfeldern

Nordjordanien ein fachgerechtes Wassermanagement eingeführt werden. Für die drei Brunnenfelder des Projekts wird entsprechendes Fachpersonal ausgebildet.

Die BGR übernimmt außerdem die geowissenschaftliche Planung, um die Grundwasserentnahme längerfristig zu sichern. Für das am dichtesten besiedelte Gebiet Nordjordanien erstellen BGR-Experten eine Karte, auf der zu erkennen ist, wie empfindlich bestimmte Grundwasservorkommen



▲ Trockengefallener Brunnen im Norden von Jordanien.

gegenüber Verschmutzungen sind. So können die Ressourcen besser geschützt werden.

Kontakt: **Dr. Mathias Toll**

■ Lebensgrundlagen erhalten | **Berücksichtigung der Filter- und Puffereigenschaften von Böden bei der ökotoxikologischen Bewertung von anorganischen Schadstoffen in Böden auf Basis der bioverfügbaren Fraktion**

## Wann sind Schadstoffe verfügbar?

Bodenparameter sollen bestimmt werden



Quelle: Luis23 - Fotolia

▲ Im Projekt BIOS untersuchen Forscher Böden auf Schwermetalle.

Schwermetalle in Böden können eine Gefahr für die Umwelt darstellen. Doch ob Stoffe wie Blei, Arsen oder Cadmium tatsächlich Schaden anrichten, hängt davon ab, ob sie „bioverfüg-

bar“ sind – ob sie also von Lebewesen aufgenommen werden können.

„In zukünftigen gesetzlichen Regelungen sollten Schwermetalle neu bewertet werden“, berichtet der Bodenkundler Dr. Daniel Rückamp von der BGR. Bisher ist der Gesamtgehalt entscheidend, doch in Zukunft sollen nur die bioverfügbaren und ökotoxikologisch wirksamen Anteile berücksichtigt werden.

„Bodeneigenschaften, etwa der pH-Wert oder der Tongehalt, spielen bei

der Schadstoffverfügbarkeit eine große Rolle“, so Rückamp. „Wenn man neue Vorsorgewerte ableiten will, ist also der Bodentyp entscheidend.“ Im Projekt BIOS will Rückamp zusammen mit Projektpartnern nun den bioverfügbaren und ökotoxikologisch wirksamen Anteil ausgewählter Schwermetalle in repräsentativen Böden untersuchen. Weiterhin will das Team auf dieser Basis Vorsorgewerte für das Gesetzgebungsverfahren ableiten.

---

Kontakt: **Dr. Daniel Rückamp**

■ Lebensgrundlagen erhalten | **MetaBoTiG: Transport und Verbleib von PSM-Metaboliten in der ungesättigten Zone und dem Grundwasser**

## Transport im Sickerwasser

Wie sich Reste von Pflanzenschutzmitteln ausbreiten



▲ Sickerwasserbeprobung im Gelände.

Das Trinkwasser sollte so wenige Verunreinigungen enthalten wie möglich, so sieht es die Trinkwasserverordnung vor. Dennoch gelangen in man-

chen Gebieten Abbauprodukte von Pflanzenschutzmitteln mit dem Sickerwasser des Bodens in das Grundwasser. Im Fuhrberger Feld, einem Trinkwasserschutzgebiet nördlich von Hannover, liegen die Summenwerte dieser Metabolite im Sickerwasser bei bis zu sechs Mikrogramm pro Liter.

Doch warum werden diese Stoffe durch den Boden transportiert? Mit dieser Frage beschäftigt sich das BGR-Projekt MetaBoTiG. Die Forscher Dr. Florian Stange und Dr. Georg Houben konzentrieren sich dabei auf die sogenannte ungesättigte Zone

– jene Bodenschicht, die sich oberhalb des Grundwassers befindet. „Wir wollen unter anderem ermitteln, wo die Abbauprodukte entstehen und wie sie mit dem Sickerwasser ins Grundwasser gelangen“, berichtet Florian Stange. „Wir nehmen an, dass sich die Metabolite bereits im Oberboden bilden.“ Die Forscher wollen außerdem die Ausbreitung der Stoffe im Grundwasser untersuchen – anhand der Altersbestimmung des Grundwassers im Fuhrberger Feld.

---

Kontakt: **Dr. Florian Stange,**  
**Dr. Georg Houben**

## Neues Massenspektrometer

### Bessere Isotopenanalytik im Wasserlabor der BGR

Seit März 2016 kann das Hydrogeochemie-Labor der BGR die stabilen Isotope der Elemente Kohlenstoff und Stickstoff analysieren – ein neues Massenspektrometer macht es möglich.

Die BGR verfügte bereits über Analytik, um schwere Wasserstoff- und Sauerstoff-Isotope im Wassermolekül zu messen. „Dank des neuen Verfahrens können wir nun umweltrelevante Prozesse in Wasser und Boden noch besser beschreiben“, so Dr. Paul König von der BGR.

Das neue Isotopenverhältnis-Massenspektrometer (IRMS) misst Isotopengehalte in Messgasen. Die BGR-Forscher wollen aber vor allem wässrige Lösungen untersuchen. In verschiedenen Peripheriegeräten werden die Inhaltsstoffe von Wasserproben, etwa gelöster anorganischer Kohlenstoff, daher in Messgase überführt. Anschließend kann die eigentliche Isotopenanalytik beginnen.

Die neue Analytik im Wasserlabor verstärkt die Isotopenkompetenz an

der BGR, die auch Isotopengeologie und Isotopengeochemie umfasst. Die Isotopenforscher der BGR können nun Komponenten des Kohlenstoff- und des Stickstoffkreislaufs einfacher untersuchen – und zum Beispiel die Ursachen von Nitrat-Belastungen im Grundwasser leichter aufdecken. Die neue Methode kommt außerdem in paläoklimatischen Untersuchungen zum Einsatz.

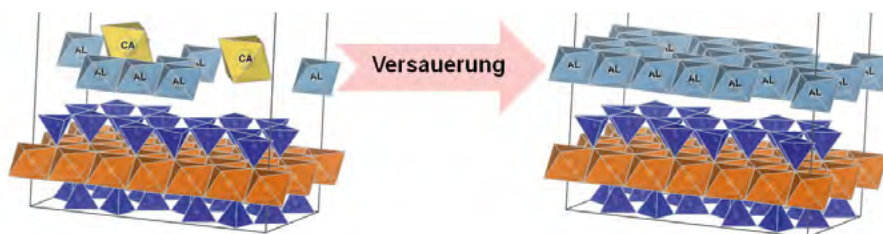
Kontakt: **Dr. Paul König**,  
**Prof. Dr. Thomas Himmelsbach**

## Minerale in Mixturen

### Arbeit an neuen kristallographischen Werkzeugen

Manganknollen und verwitterte Ton-schichten haben eins gemeinsam: Sie bestehen aus verschiedenen, oft ungeordneten Mineralien – und sind daher mit herkömmlichen Methoden nur schwer zu analysieren. Im Arbeitsbereich „Technische Mineralogie und Tonmineralogie“ der BGR arbeiten Forscher nun daran, diesen komplexen Gesteinen ihre Geheimnisse zu entreißen.

Das Team um Dr. Reiner Dohrmann und Dr. Kristian Ufer will die sogenannte „Rietveld-Methode“ verbessern – ein mathematisches Werkzeug, um Röntgenbeugungsdiagramme auszuwerten. Um den Mineralgehalt



▲ Kristallstrukturmodell eines von Versauerung betroffenen Bodentonminerals.

etwa von Tonsteinen zu bestimmen, sind jedoch zusätzlich chemische Analysen notwendig. „Bislang ist dieses Verfahren sehr aufwändig, es gibt noch nicht einmal eine semi-automatische Vorgehensweise“, berichtet Reiner Dohrmann.

An der BGR arbeiten Forscher nun daran, das Verfahren zu vereinfachen,

indem sie die Ergebnisse weiterer Analysemethoden in die Auswertung einbinden. Sie wollen die „Rietveld-Methode“ außerdem verbessern, um Manganknollen und Tonminerale in versauerten Böden besser charakterisieren zu können.

Kontakt: **Dr. Reiner Dohrmann**,  
**Dr. Kristian Ufer**

# Rohstoffmonitoring hilft Unternehmen

In den vergangenen Monaten waren die Rohstoffpreise stark rückläufig. Für Unternehmen bedeutet dies jedoch keine Entspannung beim Rohstoffeinkauf. Zwar mindert das derzeitige Preisniveau die Beschaffungsrisiken, für viele mineralische Rohstoffe bestehen jedoch weiterhin Preis- und Lieferrisiken. Dr. Torsten Brandenburg von der Deutschen Rohstoffagentur (DERA) in der BGR erklärt, wie Unternehmen darauf reagieren können.

### **Worauf müssen Unternehmen aktuell besonders achten?**

Unternehmen im verarbeitenden Gewerbe sollten trotz der aktuell günstigen Beschaffungskosten – dank der teilweise erheblichen Preisabschläge bei vielen Metallen und Energierohstoffen seit Mitte 2014 – die Rohstoffmärkte weiterhin genau beobachten. Mit Blick auf die gegenwärtigen Entwicklungen in einigen Rohstoffmärkten bleiben die potenziellen Preis- und Lieferrisiken für zahlreiche Rohstoffe wie Platin, Kobalt oder Seltene Erden weiterhin sehr hoch.

### **Welches sind die größten Marktrisiken?**

Die derzeit zu beobachtende Konsolidierung in den Märkten kann bei einigen Rohstoffen die Angebotskonzentration erhöhen. Den Kampf um Marktanteile könnten einige Unternehmen in der Branche womöglich nicht überstehen. Dadurch würde die Konzentration auf oftmals wenige



▲ Dr. Torsten Brandenburg von der Deutschen Rohstoffagentur in der BGR.

Anbieter weiter zunehmen. Daneben wirken sich die niedrigen Preise auch auf das Rohstoffangebot aus. In vielen Märkten wurden Produktionskapazitäten zurückgefahren, Projekte zurück- oder eingestellt. Die ausbleibenden Investitionen könnten bei anziehender Nachfrage die Preisausschläge zukünftig verstärken.

### **Wie kann die DERA mit dem Rohstoffmonitoring konkret helfen?**

Im Rahmen des Rohstoffmonitorings wurde ein Screening entwickelt,

um potenzielle Beschaffungsrisiken in den Rohstoffmärkten frühzeitig zu erkennen. Dabei untersuchen wir die weltweite Entwicklung des Angebots mineralischer Rohstoffe und den Handel mit den wichtigsten Zwischenprodukten. Daneben werden auch Nachfrage- und Preisentwicklungen untersucht. Zusammen mit den rohstoffspezifischen Detailstudien stellt die DERA damit Unternehmen ein breites Informationsspektrum zur Verfügung.

### **Welche Handlungsoptionen gibt es speziell für KMU?**

Für KMU – genau wie für große Unternehmen – ist es wichtig, die in ihren Produkten gebundenen Rohstoffe zu kennen und zu quantifizieren. Nur das Wissen über unternehmensrelevante Rohstoffe in den Produkten erlaubt es, Handlungsoptionen in der Beschaffung zu implementieren. Das Screening des Rohstoffmonitorings setzt genau hier an und unterstützt gerade KMU bei dem Einstieg in die Analyse ihrer Lieferkette.

### **Welche weiteren Beratungsangebote hält die DERA bereit?**

Neben den Beratungsangeboten, die im Rohstoffmonitoring gebündelt sind, unterstützt die DERA Unternehmen bei der Bewertung und Flankierung von Maßnahmen zur Rohstoffsicherung und Bezugsquellen diversifizierung. Dazu zeigen wir in Zusammenarbeit mit Partnerinstitutionen im Ausland neue Investitions- und Lieferpotenziale auf.

# Die Zukunft des Grundwassers

Die BGR berät die Bundesregierung unter anderem in Bezug auf die Ressource Grundwasser. Eigene wissenschaftliche Arbeiten zu diesem Thema halten sie auf dem neuesten Stand von Wissenschaft und Technik. Laut Professor Dr. Thomas Himmelsbach, Leiter des BGR-Fachbereiches „Grundwasserressourcen – Beschaffenheit und Dynamik“, handelt es sich dabei um ein wichtiges Detail, das die BGR von Consulting-Unternehmen grundlegend unterscheidet.

### **Welche Bedeutung hat die Geo-Ressource Grundwasser?**

Die Geo-Ressource Grundwasser ist Lebensgrundlage für die Versorgung der Bevölkerung mit Trink- und Brauchwasser. Während in Deutschland zwei Drittel der Wasserversorgung aus dem Grundwasser entstammen, sind es in ariden Gebieten dieser Erde bis zu 100 Prozent. Im Spannungsfeld von Klimawandel, wachsender Bevölkerung sowie einer Änderung des Gebrauchs durch steigenden Lebensstandard und Industrialisierung bedarf es eines nachhaltigen Managements und Schutzes.

### **Was sind die großen Herausforderungen in der Zukunft?**

Der Klimawandel ist eine weltweite Herausforderung. Dies betrifft sowohl die Landwirtschaft in Niedersachsen als auch den Ackerbau unter Bewässerung in Afrika. Schon heute zeichnet sich eine steigende Grundwassernutzung in diesen Gebieten ab. Auch wenn dies in Deutschland wohl nicht so drastisch ausfallen wird, führt diese Situation in vielen Entwicklungs- und Schwellenländern bereits zum Trockenfallen von Brunnen. Durch den

Klimawandel kommt es zudem zum Anstieg des Meeresspiegels. Die Küsten Europas, Asiens und Afrikas mit über zwei Milliarden Menschen sind schon heute von einer schleichenden Versalzung des küstennahen Grundwassers bedroht. Neben Versalzung tragen auch Verschmutzungen zur qualitativen Beeinträchtigung von Grundwasserleitern bei. Verantwortlich dafür sind u. a. Düngemittel- und Arzneimittelrückstände sowie Pestizide und in Entwicklungsländern in erster Linie ungeklärte Abwässer.

### **Wie kann diesen Herausforderungen begegnet werden?**

Die Gesellschaft wird uns Hydrogeologen fragen, wie sich die Grundwasservorkommen verändern werden. Um diese Frage beantworten zu können, müssen wir belastbare Szenarien über die Entwicklung von Grundwasserressourcen erstellen. Ein Beispiel hierfür sind Grundwassermodelle, welche die künftige Landnutzung unter Einbeziehung des Wasserverbrauchs durch Bevölkerung und Industrie abbilden. Für Jordanien entstehen auf dieser Basis Grundlagen, um bekannte Grundwasservorkommen besser zu



▲ Professor Dr. Thomas Himmelsbach.

bewirtschaften oder neu erschließen zu können. Auf dem Gebiet des Küstenschutzes muss das fragile Gleichgewicht zwischen Salz- und Süßwasser im Untergrund untersucht und beurteilt werden, um entsprechende Maßnahmen ergreifen zu können.

### **Woran arbeiten Sie zurzeit?**

In Zukunft müssen wir Grundwasservorkommen zunehmend in Ihrer Gesamtheit betrachten. Dies bedeutet für uns eine wachsende interdisziplinäre Zusammenarbeit mit anderen Fachrichtungen innerhalb und außerhalb der BGR. Stellvertretend hierfür steht z. B. die Geophysik und Fernerkundung mit Satelliten. Erste hoffnungsvolle Ergebnisse aus der interdisziplinären Zusammenarbeit weisen u. a. auf die mögliche Existenz neuer, bis dato unbekannter Grundwasserleiter im südlichen Afrika hin.

# Energie aus der Tiefe

Die Energiewende ist ein erklärtes Ziel der Bundesregierung. Bis zum Jahr 2050 will Deutschland seine Stromversorgung zu 80 Prozent aus erneuerbaren Energien decken – deren Anteil am Endenergieverbrauch soll 60 Prozent erreichen. Hierzu kann die Tiefe Geothermie einen Beitrag leisten. Dr. Johannes Peter Gerling ist Leiter des BGR-Fachbereiches „Nutzungspotenziale des geologischen Untergrundes“ und verantwortlich für die BGR-Aktivitäten in der Tiefen Geothermie.



Quelle: Siegfried Petrzak

▲ Dr. Johannes Peter Gerling.

### Warum befasst sich die BGR mit der Tiefen Geothermie?

Der Erdkern ist mehrere tausend Grad heiß. Unter unseren Füßen steigt die Temperatur pro Kilometer im Durchschnitt um 30°C an. Diese Erdwärme sollten wir für unseren Bedarf gewinnen, zumal in Deutschland mehr als 60 Prozent aller Energie in Wärme umgewandelt wird. Ein Vorteil der Geothermie gegenüber Windkraft und Photovoltaik ist die witterungsunabhängige Verfügbarkeit.

### Wo liegen die Schwerpunkte in der Forschung?

Im Kern geht es darum, die Techniken der Erdwärmegewinnung zu verbessern – sowohl methodisch als auch

kostenseitig. Dazu gehört auch eine Verbesserung der in den Bohrungen und an der Erdoberfläche eingesetzten Materialien, z. B. der Pumpen und Wärmetauscher.

### Welchen Beitrag leistet die BGR hierbei?

Wir rüsten gerade unsere Geothermiebohrung Horstberg Z1 zu einer Materialteststrecke um. Hier können später auch externe Interessenten Langzeit-Materialuntersuchungen durchführen. Mit der Tiefbohrung Groß Buchholz Gt1 hier am GEO-ZENTRUM erforschen wir Möglichkeiten, die Wärme aus nahezu undurchlässigen Gesteinen mithilfe einer hydraulischen Stimulation zu gewinnen.

### Was bedeutet hydraulische Stimulation?

Anders als bei der Gewinnung von Erdöl oder Erdgas wird bei der hydraulischen Stimulation von Gesteinen – häufig auch als „Fracking“ bezeichnet – von uns in der Tiefen Geothermie nur reines Wasser eingesetzt. Und da diese Technologie in dem hier betrachteten Geschäft meist

auch weit unterhalb von 2 000 Metern Tiefe angewendet wird, wirkt sie sich nicht auf das Trinkwasser oder die Umwelt aus. Diese Einschätzung vertritt beispielsweise auch das Umweltbundesamt in einem Gutachten aus dem Jahr 2015.

### Wie schätzen Sie das geothermische Potenzial in Deutschland ein?

Von Süd nach Nord wachsen die Herausforderungen in den prospektiven Sedimentbecken: Im Raum nördlich der Alpen ist die Gewinnung geothermischer Energie inzwischen erfolgreich etabliert – insbesondere im Raum München. Im Oberrheingraben sind ebenfalls gute Erfolge realisiert worden, hier besteht aber das Risiko induzierter Seismizität bei unsachgemäßer Reinjektion des abgekühlten Wassers. Ursache ist die geotektonische Spannung in diesem geologischen Umfeld. In Norddeutschland erwarten wir das geologisch größte Potenzial – jedoch bieten die Gesteine hier vielfach nur geringen Porenraum. Diese Gesteine müssen wir per Stimulation erschließen.



# Wasser für Jordanien

Grundwasserthemen spielen in der Technischen Zusammenarbeit der BGR mit anderen Ländern eine wichtige Rolle. Es geht um den Zugang zu sauberem Trinkwasser und um die Frage, wie die Nutzung von Grundwasserressourcen künftig geregelt werden kann. Dr. Mathias Toll ist Länderreferent Naher Osten an der BGR und betreut gegenwärtig in Jordanien Projekte im Rahmen der deutschen Entwicklungszusammenarbeit (EZ).



▲ Dr. Mathias Toll mit Stammesoberhaupt Sawarieh bei einem Workshop in Wadi Seer in Jordanien.

### **Welche Bedeutung haben Grundwasserthemen in der EZ?**

Der Mensch braucht einen gesicherten Zugang zu sauberem Trinkwasser und zu Nutzwasser für die Landwirtschaft. In vielen trockenen Regionen der Erde stellt Grundwasser die wichtigste Versorgungsquelle dar. Aber auch in dicht besiedelten Gebieten wird auf die Entnahme von Grundwasser gesetzt. Starke Übernutzung und Verschmutzung gefährden aber die Verfügbarkeit. Daher ist die Sicherstellung einer adäquaten Versorgung und die nachhaltige Verwaltung von Grundwasser ein erklärtes Ziel der globalen EZ.

### **Welchen Beitrag leistet die BGR?**

Die BGR bringt ihre hydrogeologische Expertise in Kooperationsprojekte mit

Ländern der EZ im Auftrag des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung ein. Die meist staatlichen Partnerinstitutionen im Wassersektor werden in der Aufbereitung und Erhebung von Daten zur Grundwassersituation ihres Landes unterstützt. Auf dieser Basis können die Partnerländer die nachhaltige Nutzung und den Schutz ihrer Grundwasserressourcen eigenverantwortlich wahrnehmen. Dabei können, wie z. B. in Jordanien, die konkreten Themen der Zusammenarbeit und Beratung durchaus variieren.

### **Können Sie das erläutern?**

Mit dem Königreich Jordanien verbindet die BGR seit über 50 Jahren eine wissenschaftliche Partnerschaft. Die Themen der Zusammenarbeit im Grundwasserbereich haben sich mit der Entwicklung des Landes verändert. Am Anfang der Kooperation standen die Erkundung der Ressourcen und deren Erschließung im Mittelpunkt. Es folgte der Schutz im Sinne einer angepassten Landnutzung sowie Fragestellungen zur Grundwasserqualität. Der aktuelle Zustrom an Flüchtlingen nach Jordanien rückt das Thema einer ausreichenden Versorgung und

Bewirtschaftung der Ressourcen nun wieder in den Vordergrund.

### **Welche Folgen hat der Flüchtlingszustrom nach Jordanien?**

Jordanien ist eines der wasserärmsten Länder der Erde. Der Großteil der Bevölkerung konzentriert sich auf wenige Ballungsräume. Seit Ausbruch der Krise im Nahen Osten hat Jordanien nun einen Zustrom von 1,45 Millionen Flüchtlingen, zumeist aus Syrien, zu verkraften. Dies entspricht einem Bevölkerungszuwachs von nahezu 22 Prozent. Der Nutzungsdruck auf die ohnehin spärlichen Wasserressourcen ist daher enorm.

### **Was kann die BGR an dieser Stelle beitragen?**

Die BGR unterstützt das jordanische Wasserministerium darin, eine faktenbasierte Nutzungsplanung der Grundwasserressourcen bereit zu stellen. Dies erreicht man durch eine gute Kenntnis der Ressourcen, durch ein entsprechendes Management sowie eine Beratung im Hinblick auf staatliche Maßnahmen, die den verantwortungsvollen Umgang mit diesen lebenswichtigen Ressourcen sicherstellen.

## 20 Jahre Mont Terri



Das Felslabor Mont Terri in der Schweiz begeht 2016 sein 20-jähriges Bestehen – und die BGR feiert mit.



Die Bundesanstalt war von Anfang an Mitglied des internationalen Konsortiums, das seit 1996 im Kanton

◀ Mitarbeiter der BGR führen im Felslabor Mont Terri in der Schweiz hochauflösende, miniseismische Messungen zur Charakterisierung des Gebirges durch.

Jura untertage Experimente zur Endlagerung hoch radioaktiver Abfälle durchführt. Mittlerweile beteiligen sich 16 Partner aus acht Nationen an dem Projekt, das die Eigenschaften von Tongestein untersucht. Das jährliche Meeting im Februar dieses Jahres stand ganz im Zeichen des Jubiläums.

## Transparenz und Nachhaltigkeit



▲ Der Staatssekretär im Bundeswirtschaftsministerium Matthias Machnig und Prof. Dr. Hans-Joachim Kümpel, ehemaliger Präsident der BGR, bei der Internationalen Rohstoffkonferenz in Berlin (v.l.).

Der verantwortungsvolle Umgang mit Rohstoffen stand im Mittelpunkt der Internationalen Rohstoffkonferenz „Verantwortung übernehmen – Nachhaltigkeit in der Rohstoffwirtschaft fördern“. Mehr als 300 Gäste nahmen an der Veranstaltung teil, die im November 2015 im Bundeswirtschaftsministerium in Berlin stattfand. Der

ehemalige BGR-Präsident Prof. Dr. Hans-Joachim Kümpel stellte dort eine neue Studie vor, die die Schlüsselrolle kleiner und mittelständischer Unternehmen beim Umgang mit Konfliktrohstoffen beleuchtete.

## Messe-Highlight



Auf der Landtechnik-Messe Agri-technica im November 2015 in Hannover präsentierte die BGR ihren Forschungshubschrauber. Der Helikopter bestimmt bei Messflügen unter anderem die natürliche Radioaktivität im Boden und unterstützt so bodenkundliche Kartierungen. Er passte daher perfekt zum Schwerpunktthema

„Smart Farming - Digital Cropping“ der Agri-technica. Die BGR-Experten Dr. Michael Kosinowski und Klaus Kruse stellten außerdem den neuen Bodenatlas für Deutschland vor. Er war pünktlich zum Internationalen Jahr des Bodens fertig worden.

[www.bgr.bund.de/Agri-technica2015](http://www.bgr.bund.de/Agri-technica2015)

▲ BGR-Abteilungsleiter Dr. Michael Kosinowski und BGR-Bodenexperte Klaus Kruse übergeben Vorstandsmitglied Dr. Lothar Hövelmann von der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (v.l.) den neuen Bodenatlas für Deutschland. Im Hintergrund: der Forschungshubschrauber der BGR.

## Das Jahr des Bodens

Die Vereinten Nationen hatten das Jahr 2015 als Internationales Jahr des Bodens ausgerufen. Ziel war es, das Bewusstsein für die Bedeutung der Böden weltweit zu stärken. Die BGR beteiligte sich mit verschiedenen Beiträgen, unter anderem mit der Fachtagung „Energiewende – ein

Thema für den Boden?“ im März 2015, den „Bodenatlas Deutschland“, die Kampagne „Boden mal anders“ sowie diverse Präsentationen und Ausstellungen. Mit diesen Aktivitäten präsentierte sich die BGR auch als bodenkundliche Fachbehörde für Deutschland.



[www.bgr.bund.de/Jahr-des-Bodens](http://www.bgr.bund.de/Jahr-des-Bodens)

## Geo-Show für Schüler



Quelle: Siegfried Pietzok

▲ ARD-Moderator Johannes Büchs bei der Geo-Show „Unterirdisch“.

Faszinierende Einblicke in die Forschung erhielten mehr als 650 Schüler im September 2015 im Audimax der Leibniz Universität Hannover. ARD-Moderator Johannes Büchs informierte die jungen Zuschauer zusammen mit Wissenschaftlern der BGR über Vulkanismus, Plattentektonik und marine Rohstoffe. Highlights der Geo-Show mit dem Titel „Unterirdisch“ waren das Modell eines „Schwarzen Rauchers“ und

eine Liveschaltung auf das Bohrschiff JOIDES RESOLUTION im Indischen Ozean.

Zum Film auf YouTube:

[www.youtube.com/watch?v=gFsIM0Su9oo](http://www.youtube.com/watch?v=gFsIM0Su9oo)



## Zypries eröffnet Kongress



„Die digitale Welt der Geodaten – wirtschaftliche Chancen erkennen und nutzen“ – das war das Thema des GeoBusiness Congress 2015. Rund 180 Teilnehmer tauschten sich im April in Berlin über den Mehrwert staatlicher Geodaten aus. Brigitte Zypries, Staatssekretärin im Bundeswirt-

schaftsministerium, eröffnete den Kongress. Unter den Teilnehmern waren Unternehmer und Experten aus Werbung, Kultur, Tourismus und Energie. Die Teilnehmer erfuhren, wie sie Geodaten für ihr Unternehmen gewinnbringend nutzen können.

◀ In ihrer Eröffnungsrede betonte Brigitte Zypries, Staatssekretärin im Bundeswirtschaftsministerium, die hohe Bedeutung der Verfügbarkeit staatlicher Geodaten für die digitale Zukunft Deutschlands.

## Nie wieder Atomtests!

Im Lichthof des Auswärtigen Amtes in Berlin fand im September 2015 die Ausstellung „Nie wieder Atomtests - Deutschland und der Teststoppvertrag“ statt. Dabei ging es unter anderem um die technische Umsetzung des Vertrages. Die BGR stellte

zahlreiche Exponate zur Verfügung, zum Beispiel ein Element der Infrarasschallstation in der Antarktis und ein Seismometer, das von Besuchern ausgelöste Bodenbewegungen sichtbar machte.



▲ Ausstellung im Lichthof des Auswärtigen Amtes in Berlin.

Quelle: Sven Krolm, 2015, krolmphoto.com



Quelle: Susanne Glück

▲ Die an der BGR ausgebildeten Geomatiker freuen sich über ihren Abschluss.

## Glückwunsch an Azubis

Im Juli 2015 haben drei Auszubildende an der BGR ihre Ausbildung zum Geomatiker erfolgreich beendet. Diesen staatlich anerkannten Ausbildungsberuf gibt es erst seit 2010. Geomatiker sind Experten für

Geoinformationen. Bei der Ausbildung steht der ganzheitliche Prozess des Geodatenmanagements im Vordergrund – von der Erfassung über die Verarbeitung bis hin zur Visualisierung und Präsentation der Daten.



▲ Teilnehmer des vierten Geoscience Information in Africa (GIRAF) Workshops in Maputo, Mozambique.

## Workshop in Maputo

Um nachhaltigen Bergbau und Kleinbergbau, Massenrohstoffe und Umwelt ging es beim vierten GIRAF-Workshop im Oktober 2015 in Mosambik. Die BGR veranstaltete das Treffen des Netzwerks „Geoscience Information in Africa“ (GIRAF) in

der Hauptstadt Maputo. Es nahmen insgesamt 88 Geowissenschaftler aus 18 Ländern teil. Die Koordination des 2009 gegründeten und von der BGR koordinierten Netzwerkes wird Ende 2016 in afrikanische Hände übergeben.

## Salz im Geoviewer

Informationen zu den Salzstrukturen Norddeutschlands können ab sofort über eine Webanwendung abgerufen werden. Auf <http://geoviewer.bgr.de> unter „Geologie“ werden die Ergebnisse des Projektes InSpEE zu möglichen Kavernenspeichern anschaulich

in einem sogenannten Geoviewer dargestellt. Nutzer können sich die gewünschten Daten grafisch anzeigen lassen. Mit verschiedenen Werkzeugen ist es zum Beispiel möglich, Strecken zu vermessen oder Kartenausschnitte zu drucken.



▲ Im BGR-Geoviewer können die Ergebnisse des Projektes InSpEE abgerufen werden: Informationssystem Salzstrukturen.

Quelle: German Embassy Ottawa



▲ Prof. Dr. Hans-Joachim Kumpel, ehemaliger Präsident der BGR, und Dr. Daniel Lebel, Generaldirektor des Geologischen Dienstes von Kanada, unterzeichnen das Abkommen (v.l.).

## Abkommen mit Kanada

Deutschland und Kanada verstärken ihre Kooperation auf dem Gebiet der geowissenschaftlichen Forschung. In Ottawa unterzeichneten der ehemalige BGR-Präsident Professor Dr. Hans-Joachim Kumpel und der Generaldirektor des Geologischen

Dienstes von Kanada Dr. Daniel Lebel im Februar 2015 ein entsprechendes Abkommen. Den Schwerpunkt bildet die gemeinsame Rohstoffforschung in der kanadischen Arktis, etwa auf den Inseln Ellesmere, Axel-Heiberg und Ellef Ringnes.

## Energiewende und Boden

Der Boden ist als Energieträger, Energieproduzent und Energieleiter wichtig für die Energiewende. Gleichzeitig stellt er eine nicht erneuerbare Ressource dar. Dieses Spannungsfeld stand im Mittelpunkt der Tagung

„Energiewende - auch ein Thema für den Boden“, die im März 2015 am Geozentrum Hannover stattfand. 200 Teilnehmer diskutierten unter anderem über die Auswirkungen des Netzausbaus und der Erdwärmenutzung.



▲ Kabelgraben einer Erdkabeltrasse in Niedersachsen.

Quelle: Uwe Hammerschmidt

## Verstärktes Engagement

Quelle: Siegfried Pietzok



▲ Der BGR-Geophysiker Dr. Christian Reichert ist neuer Kommissions-Vorsitzender bei der Internationalen Meeresbodenbehörde.

Der BGR-Wissenschaftler Dr. Christian Reichert wurde im Februar 2015 zum Vorsitzenden der Rechts- und Fachkommission der Internationalen Meeresbodenbehörde (IMB) in Jamaika gewählt.

Die international und interdisziplinär besetzte Kommission unterstützt die IMB bei ihrer Arbeit. Derzeit entwirft das Gremium Regeln für den künftigen Abbau von Rohstoffen in der Tiefsee.

## Effiziente Nutzung

Forschung am Baustoff Carbonbeton, gekühlte Sensorsysteme und ein neuentwickelter Fräsring – das wa-

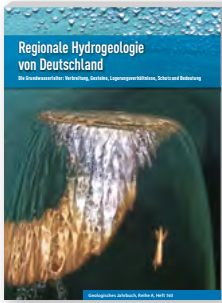
ren die Innovationen, die mit dem Deutschen Rohstoffeffizienz-Preis 2015 ausgezeichnet wurden. Der Parlamentarische Staatssekretär beim Bundeswirtschaftsministerium Uwe

Beckmeyer prämierte die drei Projekte als herausragende Beispiele für eine effiziente und intelligente Nutzung von Rohstoffen und lobte die Preisträger als „kreative Vorreiter“.



▲ Die Preisträger des Deutschen Rohstoffeffizienz-Preises 2015 von den Unternehmen Majja-Frästechnik GmbH, IAS GmbH Industrie Automationssysteme und C3-Carbon Concrete Composite e. V. mit dem Parlamentarischen Staatssekretär des Bundeswirtschaftsministeriums Uwe Beckmeyer (3.v.l.) und dem ehemaligen Präsidenten der BGR Professor Dr. Hans-Joachim Kumpel (r.).

# Auswahl Publikationen

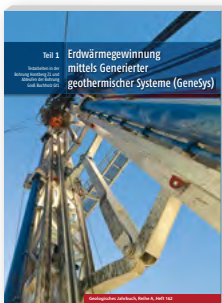


*Ad-hoc-Arbeitsgruppe Hydrogeologie*  
**Regionale Hydrogeologie von Deutschland**  
*Die Grundwasserleiter: Verbreitung, Gesteine, Lagerungsverhältnisse, Schutz und Bedeutung*  
2016. 456 Seiten, 264 Abbildungen,  
Sprache: Deutsch [Geologisches Jahrbuch A 163]  
ISBN 978-3-510-96852-7, gebunden, 62,00 €

## Regionale Hydrogeologie von Deutschland

Mit diesem Buch wird erstmals eine umfassende Beschreibung der regionalen Hydrogeologie von Deutschland vorgelegt. In Anlehnung an die Systematik der hydrogeologischen Raumgliederung wurde das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in zehn hydrogeologische Großräume, 36 hydrogeologische Räume und 247 hydrogeologische Teilräume untergliedert, wobei die Teilräume im Fokus stehen. Gesteinsart, Hohlraumart, Verfestigung, hydraulische Durchlässigkeit und der geochemische Gesteinstyp der regional jeweils wichtigsten Grundwasserleiter werden detailliert beschrieben.

Zu beziehen über: [www.schweizerbart.de](http://www.schweizerbart.de)



*J. P. Gerling, T. Tischner, M. Kosinowski, V. Bräuer*  
**Erdwärmegewinnung mittels Generierter geothermischer Systeme (GeneSys)**  
*Teil 1: Testarbeiten in der Bohrung Horstberg Z1 und Abteufen der Bohrung Groß Buchholz Gt1*  
2015. 264 Seiten, u. a. 131 Abbildungen, 1 DVD  
Sprache: Deutsch [Geologisches Jahrbuch A 162]  
ISBN 978-3-510-96853-4, gebunden, 48,80 €

## Erdwärmegewinnung in Deutschland

Die Möglichkeiten der Nutzung der tiefen Geothermie zur Energiegewinnung in Deutschland werden gegenwärtig im Rahmen des GeneSys-Projektes der BGR in Hannover untersucht. Der vorliegende erste Teil dieser Dokumentation beschreibt die Ergebnisse der Vorerkundungsmaßnahme in der Bohrung Horstberg Z1, Landkreis Uelzen, sowie die technische Planung und Durchführung der GeneSys-Bohrung Groß Buchholz Gt1 (3 901 Meter Endteufe) auf der BGR-Liegenschaft. Die aus der Bohrkleinansprache, den Bohrkernuntersuchungen und den Bohrlochmessungen gewonnenen Erkenntnisse werden detailliert erläutert.

Zu beziehen über: [www.schweizerbart.de](http://www.schweizerbart.de)



## Bericht zur Rohstoffsituation in Deutschland

Die BGR hat den aktuellen Bericht zur Rohstoffsituation in Deutschland veröffentlicht. Der seit dem Jahr 1980 jährlich erscheinende Bericht informiert Politik, Wirtschaft und Öffentlichkeit über aktuelle Entwicklungen zur Rohstoffproduktion, zum Außenhandel, zu den Rohstoffpreisen sowie zum Verbrauch von mineralischen Rohstoffen und Energierohstoffen. Zusätzlich wird auch die Entwicklung auf den internationalen Rohstoffmärkten betrachtet. Der Bericht steht zum kostenlosen Download zur Verfügung.

Bericht zur Rohstoffsituation in Deutschland 2014 (PDF, 14 MB):  
[www.bgr.bund.de/rohstoffsituationsbericht-2014](http://www.bgr.bund.de/rohstoffsituationsbericht-2014)

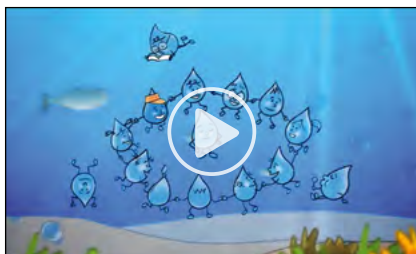
## Geothemen im Blick



Seit zwei Jahren ist der „GeoChannel“ von BGR und dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) auf der Videoplattform „You Tube“ online. Über 140 dort

veröffentlichte Filmbeiträge stellen die Arbeiten, Projekte und Veranstaltungen beider Institutionen in verschiedenen Sprachen vor. Die kurzen Videos decken einen großen Teil der Arbeitsthemen von BGR und LBEG ab – Hubschrauberflüge, Grundwasserexploration, Fernerkundung und vieles mehr. Bis heute sind die Filme über 200 000 Minuten lang angesehen worden. Außerdem wurden sie vielfach in sozialen Netzwerken geteilt.

### Tröpfis weltweite Abenteuer



Der fünf-minütige Film zeigt die erste Geschichte „Die lange Reise“ des Comics „Tröpfis weltweite Abenteuer“ als animierten Comicfilm. „Tröpfis“ und seine Wassertropfenfreunde durchleben in diesem Abenteuer den Wasserkreislauf auf unserer Erde. Der Film wurde auf deutsch, englisch, französisch und spanisch übersetzt und ist zusammen mit einem Poster zum Wasserkreislauf auf DVD kostenlos erhältlich.



Weitere Informationen: [www.bgr.bund.de/wassercomic](http://www.bgr.bund.de/wassercomic)

Zum Film: [www.youtube.com/watch?v=-AXMH1xaWqQ](http://www.youtube.com/watch?v=-AXMH1xaWqQ)

### Zusammenarbeit mit Sambia



Sambia gilt als wasserreichstes Land im südlichen Afrika. Trotzdem haben viele Menschen dort noch keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser. Als Folge von unter anderem Bevölkerungswachstum und gewerblich-industrieller Entwicklung steigt der Bedarf. Im Rahmen des deutschen „Wassersektor-Reformprogramms“ unterstützt die BGR seit 2005 die sambische Regierung darin, die für die Trinkwasserversorgung wichtige Ressource Grundwasser zu erkunden und für eine nachhaltige Nutzung zu schützen. Der Film gibt Einblicke in diese Arbeit.



Zum Film: <https://youtu.be/kJ7wExNI7I0>

Sprache: Englisch

## Wechsel an der Spitze der BGR

Der Staatssekretär im Bundesministerium für Wirtschaft und Energie Dr. Rainer Sontowski hat bei einem Festakt im GEOZENTRUM Hannover den neuen Präsidenten der BGR Professor Dr. Ralph Watzel in sein Amt eingeführt. Zugleich verabschiedete der Staatssekretär den bisherigen Amtsinhaber Professor Dr. Hans-Joachim Kämpel, der die BGR seit August 2007 geleitet hatte.



Quelle: Siegfried Pietrzok

▲ Professor Dr. Ralph Watzel (r.) löst Professor Dr. Hans-Joachim Kämpel als Präsidenten der BGR ab.

In seiner Ansprache würdigte Staatssekretär Sontowski die Arbeit des bisherigen Präsidenten und dankte ihm und den Mitarbeitern der BGR für die sehr kompetente und anwendungsnahe Beratung der Bundesregierung. „Die wissenschaftliche Expertise der BGR als Ressortforschungseinrichtung des Bundes ist für uns von großem Wert. Uns liegt deshalb viel daran, dass die BGR ihre wissenschaftliche Kompetenz erhält

In seiner Abschiedsrede bedankte sich der langjährige Präsident der BGR bei den Mitarbeitern der BGR. „Ich empfinde eine große Dankbarkeit gegenüber den Beschäftigten für ihr stets hohes berufliches Engagement“, sagte Kämpel. Er verwies darauf, dass geowissenschaftliche Erkenntnisse zur Erhaltung unserer Lebensgrundlagen immer wichtiger werden. Dies sei ein Grund dafür, dass die Geowissenschaften in den

und weiter vertieft“, sagte er. Zudem wies Sontowski auf die Bedeutung der Zusammenarbeit mit den nationalen und internationalen Geologischen Diensten, Forschungseinrichtungen und Universitäten hin. Dem neuen Präsidenten wünschte er für seine künftige Aufgabe viel Erfolg.

vergangenen Jahren in der Öffentlichkeit stark an Bedeutung gewonnen hätten.

Der neue Präsident griff in seiner Begrüßungsrede die Bedeutung der Öffentlichkeitsarbeit auf. Neben dem kontinuierlichen Ausbau der wissenschaftlichen Expertise, die sich an wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Bedürfnissen und Anforderungen auszurichten habe, nannte Watzel als weiteres wichtiges Ziel seiner Arbeit eine möglichst passgenaue und zielgruppenorientierte Kommunikation der Arbeit der BGR. „Zu den Anforderungen an die BGR als zentrale geowissenschaftlich Beratungseinrichtung der Bundesregierung gehörten Transparenz und Nachvollziehbarkeit behördlichen Handelns“, betonte der neue Präsident. Die Nutzung des Untergrundes bedürfe stets einer sorgfältigen Abwägung von Chancen und Risiken. „Geowissenschaftliche Analysen müssen daher auf soliden Füßen stehen, verantwortungsvoll erstellt und hinreichend kommuniziert werden“, so Watzel.

Vor seiner Ernennung zum Präsidenten der BGR hatte Watzel zehn Jahre die Abteilung „Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau“ im Regierungspräsidium Freiburg geleitet. Watzel studierte Geologie an den Universitäten Heidelberg und Karlsruhe (TH) und schloss seine Promotion an der Universität Freiburg im Breisgau mit einem hydrogeologischen Thema ab.



# Ansprechpartner



**Dr. Harald Andruleit**

Arbeitsbereichsleiter im Fachbereich  
„Geologie der Energierohstoffe,  
Polargeologie“

*Harald.Andruleit@bgr.de*

---



**Dr. Stefan Broda**

Arbeitsbereichsleiter im Fachbereich  
„Informationsgrundlagen  
Grundwasser und Boden“

*Stefan.Broda@bgr.de*

---



**Dr. Kristine Asch**

Arbeitsbereichsleiterin im  
Fachbereich „Geoinformationen,  
GIW-Geschäftsstelle, Stratigraphie“

*Kristine.Asch@bgr.de*

---



**Dr. Stephan Costabel**

Mitarbeiter im Fachbereich  
„Geophysikalische Erkundung –  
Technische Mineralogie“

*Stephan.Costabel@bgr.de*

---



**Dr. Dirk Balzer**

Arbeitsbereichsleiter im  
Fachbereich „Gefährdungsanalysen,  
Fernerkundung“

*Dirk.Balzer@bgr.de*

---



**Johannes Danz**

Mitarbeiter im Fachbereich  
„Internationale Zusammenarbeit“

*Johannes.Danz@bgr.de*

---



**Dr. Kai Berglar**

Mitarbeiter im Fachbereich „Marine  
Rohstofferkundung“

*Kai.Berglar@bgr.de*

---



**Dr. Reiner Dohrmann**

Arbeitsbereichsleiter im Fachbereich  
„Geophysikalische Erkundung –  
Technische Mineralogie“

*Reiner.Dohrmann@bgr.de*

---



**Dr. Manfred Birke**

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

*Manfred.Birke@bgr.de*

---



**Klaus Duscher**

Mitarbeiter im Fachbereich  
„Informationsgrundlagen  
Grundwasser und Boden“

*Klaus.Duscher@bgr.de*

---



**Dr. Martin Blumenberg**

Arbeitsbereichsleiter im Fachbereich  
„Geochemie der Rohstoffe“

*Martin.Blumenberg@bgr.de*

---



**Dr. Einar Eberhardt**

Arbeitsbereichsleiter im Fachbereich  
„Informationsgrundlagen  
Grundwasser und Boden“

*Einar.Eberhardt@bgr.de*

---



**Dr. Volkmar Bräuer**

Leiter der Fachabteilung  
„Unterirdischer Speicher- und  
Wirtschaftsraum“

*Volkmar.Braeuer@bgr.de*

---



**Ralf Eickemeier**

Mitarbeiter im Fachbereich  
„Geotechnische  
Sicherheitsnachweise“

*Ralf.Eickemeier@bgr.de*

# Ansprechpartner



**Dr.-Ing. Sandra Fahland**  
Mitarbeiterin im  
Fachbereich „Geotechnische  
Sicherheitsnachweise“  
*Sandra.Fahland@bgr.de*

---



**Dr. Jörg Hammer**  
Arbeitsbereichsleiter im Fachbereich  
„Geologisch-geotechnische  
Erkundung“  
*Joerg.Hammer@bgr.de*

---



**Dr. Sebastian Fischer**  
Mitarbeiter im Fachbereich  
„Nutzungspotenziale des  
geologischen Untergrunds“  
*Sebastian.Fischer@bgr.de*

---



**Mark Hanneken**  
Mitarbeiter im Fachbereich  
„Seismologisches Zentralobservato-  
rium, Kernwaffenteststopp“  
*Mark.Hanneken@bgr.de*

---



**Dr. Michaela Frei**  
Arbeitsbereichsleiterin im  
Fachbereich „Gefährdungsanalysen,  
Fernerkundung“  
*Michaela.Frei@bgr.de*

---



**Gernot Hartmann**  
Mitarbeiter im Fachbereich  
„Seismologisches Zentralobservato-  
rium, Kernwaffenteststopp“  
*Gernot.Hartmann@bgr.de*

---



**Stephanie Fleig**  
Mitarbeiterin im Fachbereich  
„Geologisch-geotechnische  
Erkundung“  
*Stephanie.Fleig@bgr.de*

---



**Dr.-Ing. Jürgen Hesser**  
Arbeitsbereichsleiter im  
Fachbereich „Charakterisierung von  
Speicher- und Barrieregesteinen“  
*Juergen.Hesser@bgr.de*

---



**Dr. Peter Gaebler**  
Mitarbeiter im Fachbereich  
„Seismologisches Zentralobservato-  
rium, Kernwaffenteststopp“  
*Peter.Gaebler@bgr.de*

---



**Prof. Dr. Thomas Himmelsbach**  
Leiter des Fachbereiches  
„Grundwasserressourcen –  
Beschaffenheit und Dynamik“  
*Thomas.Himmelsbach@bgr.de*

---



**Dr. Torsten Graupner**  
Mitarbeiter im Fachbereich  
„Geologie der mineralischen  
Rohstoffe“  
*Torsten.Graupner@bgr.de*

---



**Erwin Hinz**  
Mitarbeiter im Fachbereich  
„Seismologisches Zentralobservato-  
rium, Kernwaffenteststopp“  
*Erwin.Hinz@bgr.de*

---



**Dr. Andreas Günther**  
Mitarbeiter im Fachbereich  
„Informationsgrundlagen  
Grundwasser und Boden“  
*Andreas.Guenther@bgr.de*

---



**Dr. Arne Hoffmann-Rothe**  
Arbeitsbereichsleiter im Fachbereich  
„Internationale Zusammenarbeit“  
*Arne.Hoffmann-Rothe@bgr.de*

---

# Ansprechpartner



**Dr. Georg Houben**

Arbeitsbereichsleiter im Fachbereich  
„Grundwasserressourcen –  
Beschaffenheit und Dynamik“  
*Georg.Houben@bgr.de*

---



**Dr. Robert Kringel**

Mitarbeiter im Fachbereich  
„Internationale Zusammenarbeit“  
*Robert.Kringel@bgr.de*

---



**Jens Ibendorf**

Geschäftsführer der Geschäftsstelle  
GIW-Kommission  
*Jens.Ibendorf@geobusiness.org*

---



**Dietmar Krug**

Mitarbeiter im Fachbereich  
„Informationsgrundlagen –  
Grundwasser und Boden“  
*Dietmar.Krug@bgr.de*

---



**Dr. Malte Ibs-von Seht**

Mitarbeiter im Fachbereich  
„Gefährdungsanalysen,  
Fernerkundung“  
*Malte.Ibs-vonSeht@bgr.de*

---



**Klaus Kruse**

Mitarbeiter im Fachbereich  
„Informationsgrundlagen  
Grundwasser und Boden“  
*Klaus.Kruse@bgr.de*

---



**Dr. Diethelm Kaiser**

Mitarbeiter im Fachbereich  
„Gefährdungsanalysen,  
Fernerkundung“  
*Diethelm.Kaiser@bgr.de*

---



**Dr. Dirk Kuhn**

Mitarbeiter im Fachbereich  
„Gefährdungsanalysen,  
Fernerkundung“  
*Dirk.Kuhn@bgr.de*

---



**Dr. Stephan Kaufhold**

Mitarbeiter im Fachbereich  
„Geophysikalische Erkundung –  
Technische Mineralogie“  
*Stephan.Kaufhold@bgr.de*

---



**Kerstin Kuhn**

Mitarbeiterin im Fachbereich  
„Geologie der mineralogischen  
Rohstoffe“  
*Kerstin.Kuhn@bgr.de*

---



**Tilo Kneuker**

Mitarbeiter im Fachbereich  
„Geologisch-geotechnische  
Erkundung“  
*Tilo.Kneuker@bgr.de*

---



**Tatjana Kühnlenz**

Mitarbeiterin im Fachbereich  
„Geologisch-geotechnische  
Erkundung“  
*Tatjana.Kuehnlenz@bgr.de*

---



**Dr. Paul Königer**

Mitarbeiter im Fachbereich  
„Grundwasserressourcen –  
Beschaffenheit und Dynamik“  
*Paul.Koeniger@bgr.de*

---



**Christoph Lohe**

Mitarbeiter im Fachbereich  
„Grundwasserressourcen –  
Beschaffenheit und Dynamik“  
*Christoph.Lohe@bgr.de*

---

# Ansprechpartner



**Dr.-Ing. Jobst Maßmann**  
Mitarbeiter im Fachbereich  
„Geotechnische  
Sicherheitsnachweise“  
*Jobst.Massmann@bgr.de*

---



**Dr. Christian Reichert**  
Leiter des Fachbereiches „Marine  
Rohstofferkundung“  
*Christian.Reichert@bgr.de*

---



**Dr. Franz May**  
Arbeitsbereichsleiter im Fachbereich  
„Nutzungspotenziale des tieferen Unter-  
grundes, geologische CO<sub>2</sub>-Speicherung“  
*Franz.May@bgr.de*

---



**Dr. Daniel Rückamp**  
Mitarbeiter im Fachbereich „Boden  
als Ressource – Stoffeigenschaften  
und Dynamik“  
*Daniel.Rueckamp@bgr.de*

---



**Dr. Uwe Meyer**  
Leiter des Fachbereiches  
„Geophysikalische Erkundung –  
Technische Mineralogie“  
*Uwe.Meyer@bgr.de*

---



**Dr. Carsten Rühlemann**  
Mitarbeiter im Fachbereich „Marine  
Rohstofferkundung“  
*Carsten.Ruehlemann@bgr.de*

---



**Sabine Mrugalla**  
Arbeitsbereichsleiterin im  
Fachbereich „Langzeitsicherheit“  
*Sabine.Mrugalla@bgr.de*

---



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

---



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

---



**Dr. Dierk Schlütter**  
Mitarbeiter im Fachbereich  
„Internationale Zusammenarbeit“  
*Dierk.Schluetter@bgr.de*

---



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

---



**Dr. Kristof Schuster**  
Arbeitsbereichsleiter im Fachbereich  
„Geologisch-geotechnische  
Erkundung“  
*Kristof.Schuster@bgr.de*

---



**Dr. Dorothee Rebscher**  
Mitarbeiterin im Fachbereich  
„Nutzungspotenziale des  
geologischen Untergrundes“  
*Dorothee.Rebscher@bgr.de*

---



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

---

# Ansprechpartner



**Dr.-Ing. Hua Shao**

Mitarbeiter im Fachbereich  
„Charakterisierung von Speicher-  
und Barrieregesteinen“

*Hua.Shao@bgr.de*

---



**Dr. Kristian Ufer**

Mitarbeiter im Fachbereich  
„Geophysikalische Erkundung –  
Technische Mineralogie“

*Kristian.Ufer@bgr.de*

---



**Dr. Bernhard Siemon**

Arbeitsbereichsleiter im Fachbereich  
„Geophysikalische Erkundung –  
Technische Mineralogie“

*Bernhard.Siemon@bgr.de*

---



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

Mitarbeiterin im Fachbereich  
„Grundwasserressourcen –  
Beschaffenheit und Dynamik“

*SaraInes.Vassolo@bgr.de*

---



**Dr. Henrike Sievers**

Mitarbeiterin im Fachbereich  
„Geologie der mineralischen  
Rohstoffe“

*Henrike.Sievers@bgr.de*

---



**Margarete Vasterling**

Mitarbeiterin im Fachbereich  
„Seismologisches Zentralobservato-  
rium, Kernwaffenteststopp“

*Margarete.Vasterling@bgr.de*

---



**Dr. Florian Stange**

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

*Florian.Stange@bgr.de*

---



**Dr. Markus Wallner**

Mitarbeiter im Fachbereich  
„Grundwasserressourcen –  
Beschaffenheit und Dynamik“

*Markus.Wallner@bgr.de*

---



**Dr. Annika Steuer**

Mitarbeiterin im Fachbereich  
„Geophysikalische Erkundung –  
Technische Mineralogie“

*Annika.Steuer@bgr.de*

---



**Dr. Ulrich Wegler**

Mitarbeiter im Fachbereich  
„Seismologisches Zentralobservato-  
rium, Kernwaffenteststopp“

*Ulrich.Wegler@bgr.de*

---



**Dr. Torsten Tischner**

Mitarbeiter im Fachbereich  
„Nutzungspotenziale des  
geologischen Untergrundes“

*Torsten.Tischner@bgr.de*

---



**Max Winchenbach**

Mitarbeiter im Fachbereich  
„Internationale Zusammenarbeit“

*Max.Winchenbach@bgr.de*

---



**Dr. Mathias Toll**

Mitarbeiter im Fachbereich  
„Internationale Zusammenarbeit“

*Mathias.Toll@bgr.de*

---



**Dr. Jan Lennard Wolf**

Mitarbeiter im Fachbereich  
„Nutzungspotenziale des  
geologischen Untergrundes“

*JanLennard.Wolf@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 kostenlos  
auf CD-ROM erhältlich.

**BGR Report**

Als PDF zum Download:



[www.bgr.bund.de/Report-Mai-2016](http://www.bgr.bund.de/Report-Mai-2016)

[www.bgr.bund.de](http://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](mailto:info@bgr.de)

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

