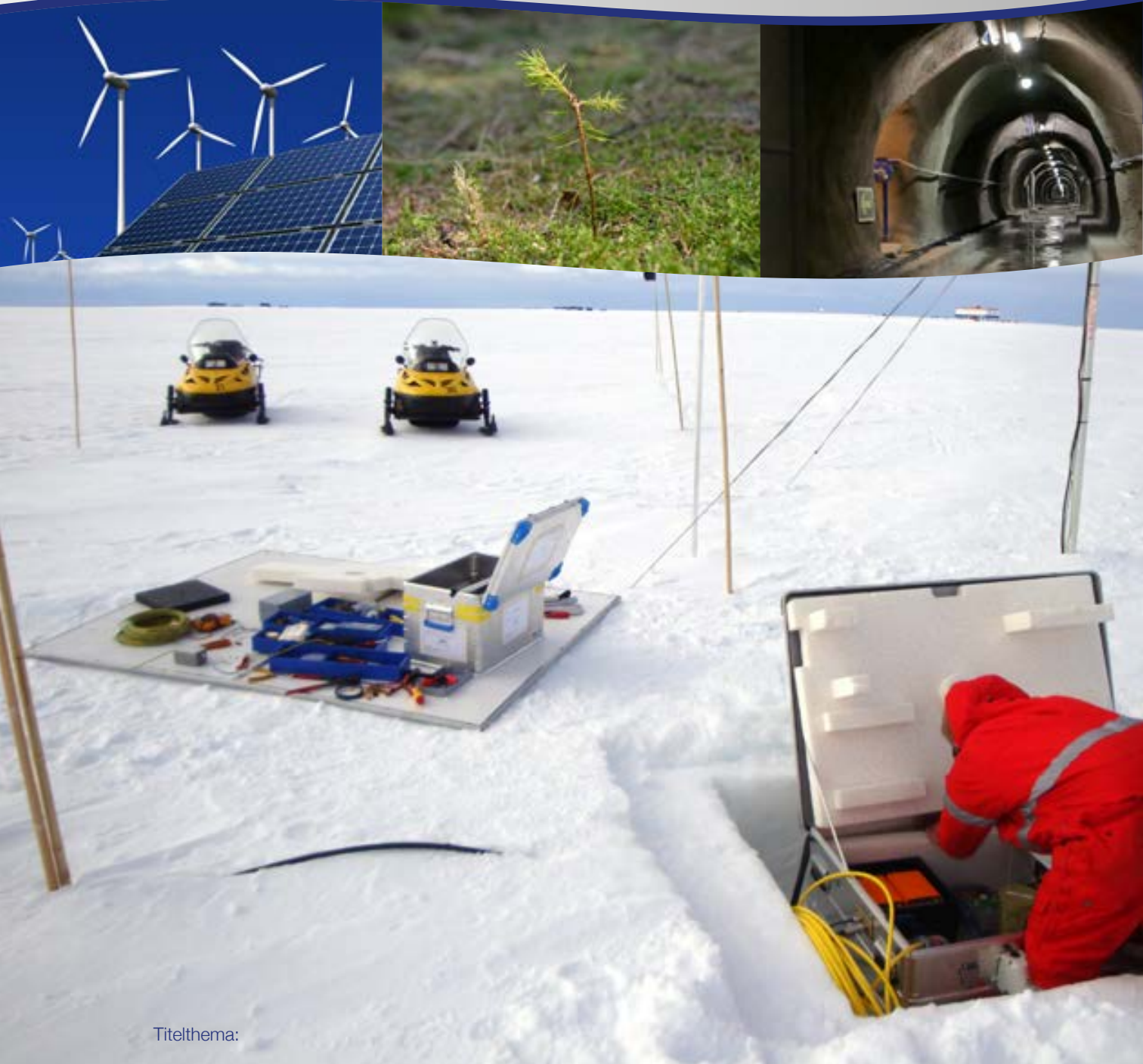


# BGR Report

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE MAI 2018



Titelthema:

## Lauschen für den Frieden

Kernwaffenteststopp: Verbesserte Überwachung durch Seismo-Akustik

# Impressum

© Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2018)

## **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**

Andreas Beuge (verantw. für den Inhalt)  
Sylvia Sörgel

## **Redaktionelle Mitarbeit**

Maren Berger  
Sonja Göcke  
Bettina Landsmann  
Dr. Rüdiger Lutz  
Andrea Nick  
Dr. Marc Filip Wiechmann

## **Texte**

Ute Kehse

## **Gestaltung**

Fink & Fuchs AG

## **Druck**

gutenberg beuys  
Feindruckerei GmbH

## **Bildquellen**

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

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

## **Erscheinungsmonat**

Mai 2018

**Der vorliegende BGR Report stellt Projekte der BGR aus den Jahren 2016 und 2017 vor. Zudem gibt er einen „Ausblick“ auf künftige Vorhaben.**

ISSN 2364-7736

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

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





# Inhalt

## Projekte

### Rohstoffversorgung sichern

- 6 Gerüstet für die Zukunft
- 8 Investitionsmöglichkeiten in Australien
- 10 Schätze aus alten Bergbauregionen
- 12 Keine Knappheit bei Energierohstoffen
- 14 Seismische Wellen im Indischen Ozean
- 16 Appetit auf Kupferschiefer
- 18 Das Geheimnis der Farben

### Polarregionen erforschen

- 20 Versteinerter Wald im ewigen Eis

### Lebensgrundlagen erhalten

- 22 Gefahr für das Grundwasser
- 24 Das salzige Erbe der Sturmflut
- 26 Weniger Blei im Humus

### Geowissen entwickeln und vernetzen

- 28 Standards für Bodendaten
- 30 Wie Uran ins Wasser kommt
- 32 Fenster in den Untergrund
- 33 Geologie für alle
- 34 Ausflug in die Kreidezeit
- 35 Vier Sterne für die BGR
- 36 Flächendeckende Kartierung in 3D

### Den tieferen Untergrund nutzen

- 38 Endlagerung im Kristallin ist grundsätzlich möglich
- 40 Die Kraft der Gletscher
- 42 Mit Geophysik das Gestein durchleuchten
- 44 Die Rolle von organischem Material im Endlager-Wirtsgestein
- 46 Geologisches 3D-Puzzle
- 48 Reaktionen unter Hochdruck
- 50 Tests im Mittleren Buntsandstein

### Internationale Kooperationen

- 52 Keine Reserven, aber Ressourcen
- 54 Tiefe Grundwasser-Stockwerke im Visier
- 56 Nachhaltige Nutzung von Boden-Ressourcen durch Bio-Kohle
- 57 Werkzeugkasten für Bergbaubehörden
- 58 Der Faktor Mensch

### Kernwaffenteststopp überwachen

- 60 **Titelthema: Lauschen für den Frieden**
- 64 Bauarbeiten im Bayerischen Wald

### Vor Geo-Gefahren schützen

- 66 Windräder stören Erdbeben-Messungen
- 67 Seismizität unter Kontrolle

## Ausblick

- 68 Optimierte Aufbereitung von Zinn- und Tantalerzen
- 68 Rohstoffe wie Sand am Meer
- 69 Kreuzfahrt mit Tiefgang
- 69 Grundwasser als Georessource zur Zukunftsvorsorge
- 70 Trennung in der Nanowelt
- 70 Steinsalz im Fokus
- 71 Barriere Bentonit
- 71 Start für Galerie 18
- 72 BGR unterstützt Erdölministerium von Somalia
- 72 Risiko für Fehlbohrungen reduzieren

## Interview

- 73 Gespräch mit BGR-Präsident Prof. Dr. Watzel

## Spektrum

- 74 Positive Evaluation
- 74 BGR arbeitet mit Iran zusammen
- 74 Ministerin von Black Smoker fasziniert
- 74 SisuRock analysiert Bohrkerne
- 75 Konsequenter Umweltschutz beim Tiefseebergbau gefordert
- 75 Portal zur globalen Rohstoffsituation
- 75 RAW Talks
- 76 Spitzbergens verschwundenes Ur-Meer
- 76 Hintergrundwerte für Schadstoffe im Boden aktualisiert
- 76 Willkommen im Crystalline Club
- 76 Sichere Wasserversorgung für die Küsten
- 77 Experten diskutierten über Wasserknappheit im Nahen Osten
- 77 Optimierte Brunnenhydraulik
- 77 Radarsatelliten überwachen Atomtests
- 78 Fernerkundung hilft beim Grundwassermanagement
- 78 Endlager-Daten werden rechtssicher aufbewahrt
- 78 Vertrag mit ANDRA verlängert
- 79 Erdwärme-Nutzung am Mount Meru
- 79 Millimetergenaue Messung aus dem All
- 79 Neues Buch zur Überwachung von Kernwaffentests

# Editorial



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

## *Liebe Leserinnen und Leser*

*die BGR unterstützt im Auftrag der Bundesregierung die Überwachung des internationalen Kernwaffenteststoppvertrages (CTBT). Sie betreibt dazu neben dem nationalen Datenzentrum in Hannover auch Messstationen im Bayerischen Wald und in der Antarktis. Die seismischen Anlagen und Infraschallstationen sind Teil eines weltumspannenden Überwachungsnetzes der internationalen Kernwaffenteststopp-Behörde (CTBTO) in Wien.*

*In einem Forschungsprojekt konnten jetzt BGR-Wissenschaftler zeigen, dass Explosionen oder Erdbeben eindeutiger lokalisiert werden können, wenn neben seismischen Wellen auch gleichzeitig Infraschallsignale von dem Ereignis registriert werden. Damit bietet die „Seismo-Akustik“, also die Verknüpfung von Seismologie und Infraschalluntersuchung, eine Möglichkeit, künftig auch Nukleartests und ihre Auswirkungen besser charakterisieren zu können. Näheres über die neue Untersuchungsmethode erfahren Sie in unserem Titel-Thema „Lauschen für den Frieden“ auf Seite 60.*

*Die Elektromobilität gewinnt zunehmend an Bedeutung. Damit steigt auch der Bedarf an Spezialmetallen wie Lithium oder Neodym. Auch andere Zukunftstechnologien benötigen Metalle, bei denen heute noch unklar ist, wie der künftige Bedarf gedeckt werden kann. Eine neue Studie der Deutschen Rohstoffagentur (DERA) in der BGR hat jetzt untersucht, wie sich die Rohstoffnachfrage in wichtigen Zukunftstechnologien entwickelt. Lesen Sie dazu auf Seite 6 den Beitrag zu den Ergebnissen der Studie.*

*Der Zustand der Waldböden in Deutschland hat sich seit den 1990er Jahren verbessert. Das belegen auch Analysen der BGR. Sie zeigen beispielsweise, dass der Gehalt von Schwermetallen in den Böden größtenteils unbedenklich ist. Näheres zu den Untersuchungen erfahren Sie auf Seite 26.*

*Ich wünsche Ihnen viel Spaß beim Lesen!*

# GERÜSTET FÜR DIE ZUKUNFT

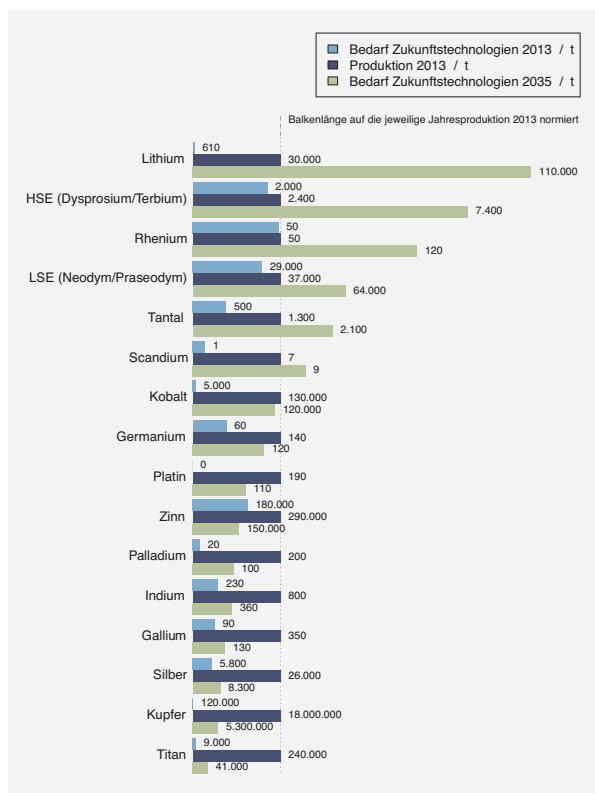
## Zukunftstechnologien können Nachfrage bei mehreren Sonder- und Nebenmetallen bis 2035 stark erhöhen

Mit wachsender Nachfrage nach Elektroautos steigt der Bedarf an Spezialmetallen wie Lithium, Kobalt oder Neodym. Auch andere neue Technologien benötigen Metalle, die derzeit nur in geringen Mengen hergestellt werden. Um den zukünftigen Bedarf zu ermitteln, hat die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der BGR beim Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung eine Studie in Auftrag gegeben.

„Die Märkte für Sonder- und Nebenmetalle werden sich in den kommenden Jahren stark bewegen“, sagt Dr. Torsten Brandenburg, Leiter des Arbeitsbereichs Rohstoffwirtschaft bei der DERA. Die Elektromobilität wird vermutlich nicht nur den Bedarf an Lithium für Hochleistungsakkus in die Höhe treiben, sondern auch die Nachfrage nach den Seltenen Erden Neodym, Praseodym, Terbium und Dysprosium, die in den Antriebsmotoren benötigt werden. Andere Technologien, die derzeit noch in den Kinderschuhen stecken, sind gleichfalls auf spezielle Rohstoffe angewiesen. So enthalten auch neuartige Hochleistungsmagnete Metalle der Seltenen Erden. Rhenium, Tantal, Niob oder Hafnium wiederum sind Bestandteil hitzebeständiger Superlegierungen, die in Flugzeugturbinen zum Einsatz kommen. In den korrosionsfesten Werkstoffen von Meerwasserentsalzungsanlagen stecken Palladium, Titan und Molybdän, in Brennstoffzellen Yttrium, Zirkonium oder Scandium.

Die DERA-Studie untersucht, wie sich die Rohstoffnachfrage bei Zukunftstechnologien entwickelt, wenn sie in industriellem Maßstab genutzt werden. Dazu hat das Team vom Karlsruher Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung zunächst bei über 160 Technologien die Marktreife, den Stand der Technik, den Rohstoffbedarf und das Recyclingpotenzial ermittelt. Anschließend wurden 42 Zukunftstechnologien für eine detaillierte Betrachtung herausgegriffen mit dem Ziel, in verschiedenen Szenarien den möglichen Rohstoffbedarf im Jahr 2035 zu ermitteln.

Das Ergebnis der Untersuchung: Vor allem bei den Metallen Lithium und Rhenium sowie bei den schwe-



Bedarf unterschiedlicher Rohstoffe für ausgewählte Zukunftstechnologien (2013 und 2035) im Vergleich zur jeweiligen Primärproduktion 2013.

ren Seltenen Erden Dysprosium und Terbium dürfte die Nachfrage in den nächsten zwei Jahrzehnten steil ansteigen. Die untersuchten Technologien werden der Studie zufolge im Jahr 2035 mehr als das Doppelte der heutigen Weltproduktion dieser Metalle verbrauchen. Daneben wird auch der Bedarf an Germanium, Kobalt, Scandium, Tantal und an den leichten Seltenen Erden Neodym und



Zwei von 42 untersuchten Zukunftstechnologien:  
Dünnschicht-Photovoltaik und Windkraftanlagen.

Praseodym im Jahr 2035 allein durch die untersuchten Zukunftstechnologien vermutlich höher sein als die gesamte heutige Produktion.

Ob es in Zukunft tatsächlich zu Engpässen und Preisanstiegen kommt, hängt allerdings auch von Faktoren ab, die nicht vorhersehbar sind. Die Studienergebnisse helfen Rohstofffirmen und der produzierenden Industrie indessen, kritische Entwicklungen frühzeitig zu erkennen. Ulrike Dorner, Projektleiterin bei der DERA, betont: „Unsere Studie leistet einen wichtigen Beitrag zur Bewertung der zukünftigen Rohstoffnachfrage.“ Unternehmen können auf potenzielle Nachfrageschübe reagieren, indem sie etwa neue Lieferanten gewinnen, weniger Rohstoffe verbrauchen, kritische Rohstoffe ersetzen oder verstärkt recyceln.

Ein Blick auf die erste Studie zum Rohstoffbedarf von Zukunftstechnologien aus dem Jahr 2009 zeigt, wie dynamisch das Wechselspiel zwischen technologischem Wandel und Rohstoffbedarf ist: Damals noch knappe Metalle wie Gallium und Scandium werden inzwischen in größeren Mengen produziert, einige Technologien, etwa LED und Brennstoffzellen, kommen mit weniger Metallen aus, manche Materialien wurden komplett ersetzt. Aus diesem Grund untersucht die DERA in regelmäßigen Abständen Angebots- und Nachfrageentwick-

Titelblatt der Studie  
„Rohstoffe für  
Zukunftstechnologien  
2016“.



lungen auf den Rohstoffmärkten als Teil des Rohstoffmonitorings. Eine Studie zum Thema „Rohstoffe für Zukunftstechnologien“ wird künftig im Fünfjahresrhythmus erscheinen.

#### KONTAKT:

**Ulrike Dorner**  
Ulrike.Dorner@bgr.de



**Dr. Torsten Brandenburg**  
Torsten.Brandenburg@bgr.de



**Projekt:**  
Studie „Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016“



# INVESTITIONSMÖGLICHKEITEN IN AUSTRALIEN

Im Rohstoffsektor bieten sich Chancen für deutsche Unternehmen

Nur rund zwei Prozent der von Deutschland importierten Rohstoffe stammten 2015 aus Australien. Dabei ist der Kontinent auf der Südhalbkugel eines der rohstoffreichsten Länder der Welt. Um deutsche Unternehmen bei ihrem Engagement zu unterstützen, hat die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der BGR im Jahr 2016 das Handbuch „Mineralische Rohstoffe in Australien – Investitions- und Lieferpotenziale“ herausgegeben.

Im Fokus der Untersuchung standen 15 Metalle, zwölf Industriemineralien und einige Edelsteine, die relevant für die deutsche Industrie sind. „Australien bietet interessante Investitionsmöglichkeiten für deutsche Abnehmer“, so das Fazit von Mitautor Siyamend Al Barazi von der DERA, der für die Studie zusammen mit Kolleginnen und Kollegen zahlreiche Bergwerke und Aufbereitungsanlagen auf dem fünften Kontinent besuchte. Die Expertinnen und Experten der DERA beschreiben in dem Handbuch die wichtigsten Lagerstätten und fortgeschrittene Explorationsprojekte. Außerdem analysieren sie die Wirtschaftlichkeit verschiedener Vorkommen und geben Empfehlungen zu möglichen Lieferanten oder Investitionen ab.

Zu den untersuchten Stoffen zählt beispielsweise Lithium, für das Australien der weltweit wichtigste Produzent ist. 42 Prozent der weltweiten Lithiumförderung stammen aktuell aus der Lagerstätte Greenbushes im Bundesstaat Western Australia. Ein weiterer interessanter Rohstoff ist Antimon, ein wichtiger Bestandteil von Flammenschutzmitteln und Blei-Batterien. Auch hier zählt Australien zu den wichtigsten Produzenten. Daneben werden in Australien Bismut, Blei, Mangan, Nickel, Seltene Erden, Silber, Tantal, Wolfram, Zink und Zinn in größerem Maßstab abgebaut. Hier sieht die DERA vielfältige Möglichkeiten für deutsche Investoren. „Derzeit werden viele neue Rohstoffprojekte entwickelt. Daher rechnen wir damit, dass sich neue Produzenten für diese Metalle am Markt etablieren“, berichtet Al Barazi.







Antimonkonzentrat in Big Bags der Lagerstätte Costerfield, Victoria.



Verschiffung von Bleibarren am Hafen von Port Pirie, South Australia.

Vielversprechend seien unter anderem Explorationsprojekte auf Nickel, die als Beiprodukt Kobalt ausbringen könnten, sowie auf Graphit. Diese Rohstoffe werden neben Lithium in Batterien von Elektroautos eingesetzt. Auch beim Metall Scandium sehen die Expertinnen und Experten der DERA Potenzial. Scandium wird zwar derzeit in Australien nicht abgebaut, doch Investitionen könnten interessant werden, wenn die Preise steigen. Eine zunehmende Nachfrage für Scandium ist durchaus möglich: „Dieses Metall wird etwa in Brennstoffzellen verwendet, die in Zukunft in Wohnhäusern Strom erzeugen könnten. Auch bei Hybridkraftwerken und im Leichtbau ist Scandium wichtig“, so Al Barazi.

Die Studie beschäftigt sich auch mit Industriemineralen wie Bentonit, Gips, Kaolin und Magnesit. Hier sehen

die Autoren derzeit nur begrenzt neue Investitionsmöglichkeiten. Lieferanten für interessierte deutsche Unternehmen seien aber vorhanden. „Das neue Handbuch trägt dazu bei, die Rohstoffversorgung Deutschlands zu sichern“, betont Al Barazi. Unternehmen werden beim Einkauf von Rohstoffen unterstützt und erhalten umfassende Informationen für mögliche Investitionen.

#### KONTAKT:

**Siyamend Al Barazi**  
Siyamend.Albarazi@bgr.de



**Projekt:** DERA-Handbuch „Mineralische Rohstoffe in Australien – Investitions- und Lieferpotenziale“

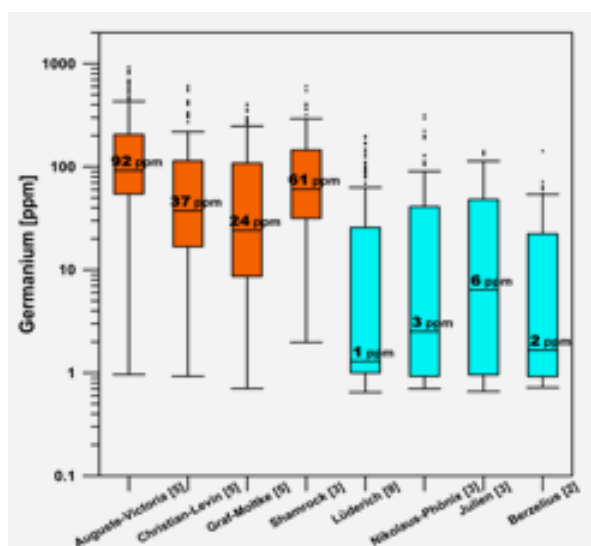
Bohrkerne der Lagerstätte Woodlawn, New South Wales.



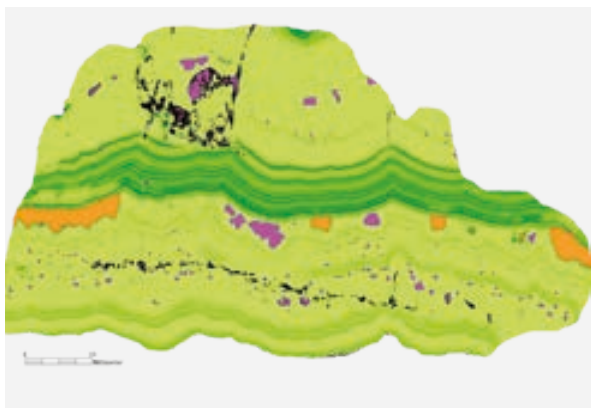
# SCHÄTZE AUS ALTEN BERGBAUREGIONEN

## BGR erstellt ein deutschlandweites Kataster für Hightech-Rohstoffe

In deutschen Erzlagerstätten schlummern Spurenelemente, die für innovative Technologien begehrt sind. Doch in den 1990er Jahren wurde der Abbau von Buntmetallen hierzulande komplett aufgegeben. Um herauszufinden, ob Begleitrohstoffe wie Indium, Germanium oder Gallium zum wirtschaftlichen Erfolg von Bergbau beitragen könnten, stellt die BGR zusammen mit Universitäten, Unternehmen und Geologischen Landesämtern derzeit ein Kataster zusammen. Darin werden Daten zum Potenzial verschiedener historischer Bergbauregionen für die jeweiligen Hightech-Rohstoffe gesammelt.



Vergleich der Konzentrationen des Spurenelementes Germanium in Zinkblende aus dem Ruhrgebiet (orange) und dem Bergischen Land (blau).



Mineralverteilungsbild in einem Zinkerz aus dem Aachener Erzrevier. Die Mikro-Röntgenfluoreszenzdaten zeigen Zinkblende verschiedener Eisengehalte in grünen Farbtönen, während violett für Bleiglanz- und orange für Schwefelkieskörner stehen.

Einst bedeutungslose Spurenelemente haben sich in gefragte Hightech-Rohstoffe verwandelt: Das Metall Indium etwa steckt als Indium-Zinn-Oxid (ITO) in jedem Smartphone-Bildschirm. Solarzellen und blaue Leuchtdioden enthalten als Werkstoffe Galliumverbindungen. Germanium findet sich unter anderem in Halbleitern und Wärmebildkameras. Deutschland ist bei diesen seltenen Metallen stark von Importen abhängig – verstärkt noch dadurch, dass in den letzten zwei Jahrzehnten kein wesentlicher einheimischer Metallbergbau erfolgte. Die deutschlandweiten Potenziale an Hightech-Rohstoffen wurden daher nicht systematisch analysiert.

Dabei kommen die Spurenmetalle auch in deutschen Lagerstätten vor. Die drei Elemente Indium, Gallium und Germanium treten häufig zusammen mit Blei, Kupfer, Zink und Zinn in so genannten Buntmetallerzen auf. Allerdings liegt ihr Gehalt meist nur bei wenigen Gramm des jeweiligen Elements pro Tonne Erz. „Besonders spurenelementreiche Erze erreichen eine Konzentration, die mehr als zehnmal so hoch ist“, berichtet Dr. Torsten Graupner, der bei der BGR das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte r<sup>4</sup>-Verbundprojekt HTMET leitet.

Er und seine Kolleginnen und Kollegen sind nun dabei, Erzproben aus verschiedenen Bergbaugebieten zu analysieren. Bislang haben sie rund 350 Proben aus dem Oberharz, dem Erzgebirge, dem Bergischen Land, dem Aachen-Stolberger Raum, dem Ruhrgebiet und dem Schwarzwald untersucht. „Die Proben stammen teils aus historischen Sammlungen der BGR und unserer Projekt-





Links: Übersichtskarte von Deutschland mit den im Projekt HTMET untersuchten historischen Bergbauregionen. Die Punkte stehen für ausgewählte Einzelvorkommen (Quelle der Basiskarte: GeoBasis – DE/BKG 2018).

Oben: Proben aus schwefelführenden Blei-Zink-Kupfererzen aus historischen deutschen Lagerstätten.

Unten: Handstücke und Bohrkern der BGR-Sammlung aus historischen Erzgruben und von Erkundungsarbeiten.

partner, teils haben wir auch neue Proben in ehemaligen Bergwerken genommen“, sagt Graupner.

Die Untersuchungen zeigen, dass die drei untersuchten Spurenelemente vor allem in den Mineralen Zinkblende und Kupferkies vorkommen. Wie hoch ihr Gehalt in den Erzen ist, hängt dabei nicht nur vom Lagerstättentyp, sondern auch von der Region ab, fanden die Forscher heraus. „In bestimmten Bereichen des Schwarzwalds hat die Zinkblende erhöhte Germaniumgehalte, im Harz eher höhere Galliumwerte“, erklärt Graupner.

Auch im Ruhrgebiet entdeckten die Forscher in Blei-Zink-Erzen erhöhte Konzentrationen von Gallium und Germanium. Sie ermittelten, dass die Erzminerale in einigen Lagerstätten im Ruhrgebiet und im Schwarzwald im Durchschnitt mehr als 100 Gramm Germanium pro Tonne enthalten. Proben aus Erzgängen im Oberharz wiesen dagegen nur einen moderaten Gehalt an Spurenelementen auf, wobei Gallium dominierte. Im Bergischen Land fand das Team die geringsten Spurenelementgehalte.

In dem Projekt, das noch bis Oktober 2018 dauert, wollen die Forscher noch Proben aus weiteren Bergbauregionen untersuchen, auch aus dem angrenzenden Ausland. Das

Kataster soll nicht nur Daten zu den Hightech-Rohstoffen enthalten, sondern auch Standorteigenschaften, etwa Informationen zu Infrastruktur und Naturschutzauflagen sowie zusätzliche Erkenntnisse aus Aufbereitungsexperimenten. Die Forscherinnen und Forscher entwickeln außerdem ein Bewertungstool, damit interessierte Anwender aus der Industrie aus den Daten sinnvolle Schlüsse ziehen können.

Auch die Geologischen Dienste der Bundesländer können das Kataster nutzen, um heimische Rohstoffpotenziale zu bewerten. „Ob die Erze hierzulande in Zukunft tatsächlich wirtschaftlich gewonnen werden können, hängt in erster Linie von der Entwicklung der Weltmarktpreise ab“, sagt Graupner.

**KONTAKT:**



**Dr. Torsten Graupner**  
Torsten.Graupner@bgr.de

**Projekt:**

Hochtechnologie-relevante Metalle in deutschen sulfidischen Buntmetallerzen – Ressourcenpotenzialabschätzung (HTMET)



# KEINE KNAPPHEIT BEI ENERGIEROHSTOFFEN

## Weltweite Versorgungslage entspannt

Die Energiewende ist noch lange nicht geschafft: Derzeit decken Kohle, Erdöl und Erdgas in Deutschland noch rund 80 Prozent des Primärenergiebedarfs. Zwar wächst der Anteil der Erneuerbaren schnell, doch wegen des Ausstiegs aus der Kernenergie hat sich der Anteil fossiler Brennstoffe an der Energieerzeugung kaum verringert. Da die heimische Erdöl-, Erdgas- und Kohleförderung sinkt, bleibt Deutschland bei fossilen Energierohstoffen weiterhin stark von Importen abhängig, heißt es in der im Dezember 2017 erschienenen Energiestudie der BGR.

Erdölförderung im deutschen Feld Emlichheim.

Die in Deutschland und international angesehene Publikation informiert seit 1976 über die Verfügbarkeit aller Energieträger, von Erdöl, Erdgas und Kohle über Uran bis hin zu den erneuerbaren Energien einschließlich der Tiefen Geothermie. Besondere Aufmerksamkeit widmen die Autorinnen und Autoren der Situation in Deutschland. Seit 2004 erscheint die Studie im Jahresrhythmus. „Mit der Energiestudie möchte die BGR den schrittweisen Umbau der Energieversorgung hin zu einem auf Erneuerbaren basierenden Energiesystem unterstützen“, erläutert Dr. Harald Andrulleit, Leiter des BGR-Arbeitsbereichs „Verfügbarkeit der Energierohstoffe“.

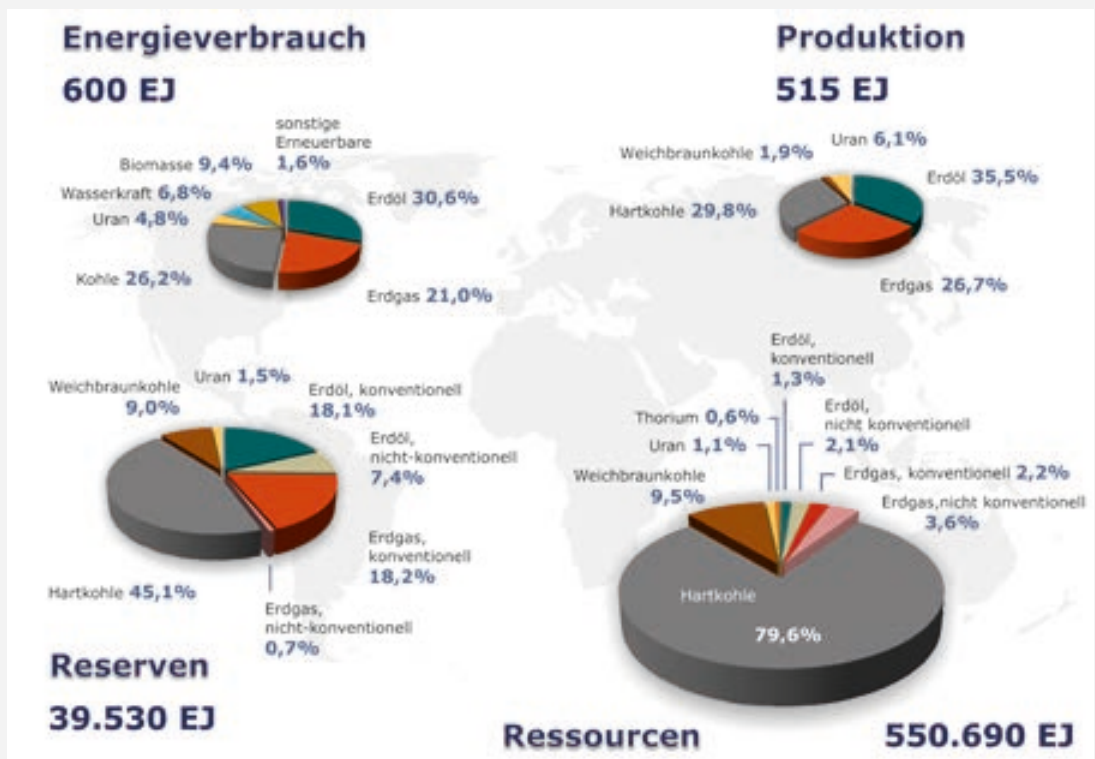
Das wichtigste Ergebnis der Studie: Aus geologischer Sicht können die bekannten Vorräte an Erdgas, Kohle und Kernbrennstoffen auch langfristig den Bedarf decken, selbst wenn der Verbrauch weiterhin steigt. Zusammen mit den erneuerbaren Energien kann die Energieversorgung langfristig gewährleistet werden. Auf allen Kontinenten existieren noch beträchtliche fossile Energievorräte, die weitaus größer sind als die bislang geförderten Mengen. Vor allem in Nordamerika, den Staaten der ehemaligen Sowjetunion und in Australien lagern noch gewaltige Mengen an Kohle und Erdgas im Untergrund. Lediglich bei Erdöl zeichnet sich eine Limitierung ab. „Allgemein zeigt sich gegenwärtig aber eine entspannte Versorgungslage“, sagt Andrulleit.

Die BGR unterscheidet in ihrer Analyse zwischen Reserven und Ressourcen. Als Reserven werden Vorkommen

eingestuft, deren Inhalt bekannt ist und die mit heutiger Technik wirtschaftlich förderbar sind. Ressourcen umfassen weniger genau bekannte Vorkommen sowie Lagerstätten, deren Förderung derzeit nicht wirtschaftlich ist. Weltweit wurden 2016 Energierohstoffe mit einer Gesamtenergiemenge von 515 Exajoule (1018 Joule) gefördert. Die bekannten fossilen Reserven enthalten der Studie zufolge rund 75-mal so viel Energie, die Ressourcen umfassen mit etwa 551.000 Exajoule sogar die tausendfache Energiemenge der jährlichen Förderung.

Der weltweit wichtigste Energielieferant ist nach wie vor das Erdöl, sein Anteil an der globalen Energieversorgung lag 2016 bei 30 Prozent. Dass Erdöl in Zukunft knapp werden könnte, liegt vor allem am vergleichsweise niedrigen Preis: Die Produzenten investieren zurzeit weniger als früher in die Erschließung neuer Felder. Erdgas und Kohle sind dagegen reichlich vorhanden. Die Erdgas- und auch die Uranförderung nahmen in dem von der Studie untersuchten Zeitraum weiter zu, während die Kohleförderung abermals gegenüber dem Vorjahr abnahm. Die Anteile erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung stiegen besonders und lagen im Jahr 2016 auf einem Rekordhoch. Insgesamt deckten erneuerbare Quellen 2016 knapp 18 Prozent des weltweiten Energiebedarfs.

Drei Themen standen 2016 im Fokus der Energiestudie: Lithium als Schlüsselrohstoff der Energiewende, die untertägige Kohlevergasung weltweit sowie Nutzungsoptionen von Erdölbegleitgas.



Weltweite Anteile der Energieträger am Verbrauch, Produktion, Reserven und Ressourcen.



Isländisches Geothermiekraftwerk.

Lithium gilt dank seiner spezifischen Eigenschaften als einer der Schlüsselrohstoffe der Energie- und Mobilitätswende. Vor allem dem Bereich der Energiespeicherung mit Hilfe von Lithium-Ionen basierten Batterien kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu. Weltweit werden bereits seit vielen Jahrzehnten alternative Nutzungsformen von Kohle diskutiert. Eine Möglichkeit ist hier die untertägige Kohlevergasung. Die technischen Herausforderungen sind aber weiterhin hoch. Erdölbegleitgas ist ein Nebenprodukt, das bei der Produktion von Erdöl anfällt und in der Praxis häufig abgefackelt oder unverbrannt in die Atmosphäre entlassen wird. Anhand der Fallbeispiele in Algerien und Kamerun werden Herausforderungen und Chancen zur Nutzung von Erdölbegleitgas aufgezeigt. „Durch die Verwendung des Erdölbegleitgases kann sowohl ein Beitrag zum Klimaschutz als auch zur wirtschaftlichen Entwicklung von Entwicklungsländern geleistet werden“, sagt Andruleit.



Aktuelle BGR Energiestudie 2017.

**KONTAKT:**



**Dr. Harald Andruleit**  
Harald.Andruleit@bgr.de

**Projekt:** Energiestudie 2017

## SEISMISCHE WELLEN IM INDISCHEN OZEAN

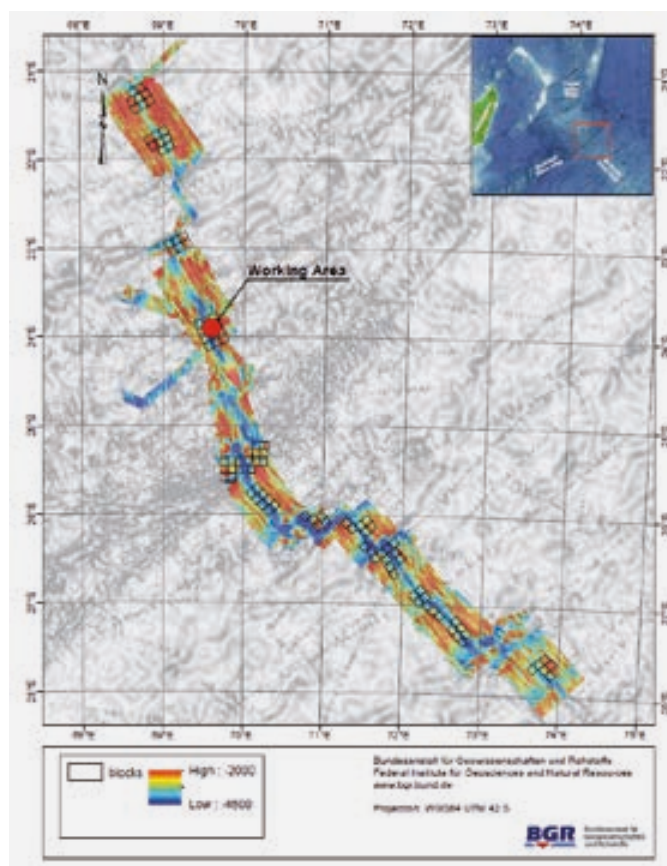
### BGR erkundet Vorkommen von Massivsulfiden im deutschen Lizenzgebiet

Für die Suche nach Massivsulfiden am Meeresboden im Indischen Ozean haben Forscherinnen und Forscher der BGR Ende 2016 erstmals das Forschungsschiff MARIA S. MERIAN genutzt. In der Nähe einer Kreuzung von drei Unterwasser-Spreizungszonen führte das Team umfangreiche Explorationsarbeiten durch. Im ersten Fahrtabschnitt kam das innovative Verfahren der 3D-Seismik zum Einsatz.

Von der Arbeit auf dem modernen Forschungsschiff MARIA S. MERIAN waren die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen der BGR der Expedition INDEX 2016 begeistert. „Die Ausrüstung ist außerordentlich gut, Schiffsführung und Besatzung arbeiten sehr professionell und es herrscht ein freundlicher Ton an Bord“, zeigte sich Dr. Ulrich Schwarz-Schampera, Fahrtleiter des zweiten Fahrtabschnitts der Expedition, sehr angetan. Das Team, zu dem auch Forscherinnen und Forscher vom GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel, vom Deutschen Zentrum für Marine Biodiversitätsforschung – Senckenberg am Meer Wilhelmshaven und von der Universität Hamburg gehörten, kam mit einem reichen Datenschatz wieder nach Hause.

Das Ziel der Fahrt war ein Gebiet südöstlich der Insel Mauritius. Dort hält die BGR eine Lizenz der Internationalen Meeresbodenbehörde zur Exploration so genannter polymetallischer Sulfide, also metallreicher Schwefelerze, am Meeresboden. Der 2015 unterzeichnete Lizenzvertrag verpflichtet die BGR, das 10.000 Quadratkilometer große Gebiet im Indischen Ozean innerhalb von 15 Jahren detailliert zu erkunden. Anschließend können Unternehmen dort Lizenzen zum Abbau der Erze beantragen. „Bei unserem Explorationsgebiet handelt es sich um hundert Quadrate mit einer Kantenlänge von jeweils zehn Kilometern. Sie sind in zwölf Blöcke entlang des Zentralindischen und des Südostindischen Rückens aufgeteilt“, berichtet Dr. Volkmar Damm, der Leiter des ersten Fahrtabschnitts.

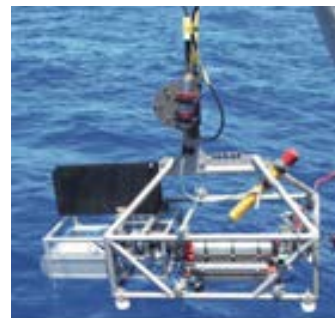
Unter seiner Leitung erkundete das Team im Oktober und November 2016 einen Block, in dem bei früheren



Lage der einzelnen Lizenzblöcke entlang des Zentral- und Südostindischen Rückens und das Arbeitsgebiet in 2017 (farblich codiert: Wassertiefen).

Expeditionen bereits ein Massivsulfid-Vorkommen entdeckt worden war. „Die Erze befinden sich unterhalb nicht mehr aktiver heißer Quellen am Meeresboden, der so genannten Schwarzen Raucher“, sagt Damm. Das Forscher-Team wollte zum einen die Ausdehnung des Erzfeldes genauer bestimmen, zum anderen den Aufstieg hydrothermalen Fluides aus der Tiefe sichtbar machen.





Mit hydroakustischer Sensorik stellen Biologen sicher, dass die Meeresumwelt während der Messungen nicht gefährdet wird.

Ozeanbodenseismometer werden für den Einsatz vorbereitet.

Einige Geräte der BGR zur Erkundung des Meeresbodens nach Sulfidzonen (Oben: Golden Eye. Mitte: HOMESIDE. Unten: TV-Greifer).

Dafür wurde erstmals die mobile 3D-Seismik der BGR eingesetzt. „Ähnlich wie bei der Computertomographie in der Medizin können wir mit diesem innovativen Verfahren ein dreidimensionales Bild des Meeresbodens erzeugen“, erläutert Damm. „Allerdings verwenden wir keine Röntgenstrahlen, um den Untergrund zu durchleuchten, sondern seismische Wellen.“ Zwei so genannte Luftpulsler erzeugen die Unterwasser-Schallwellen hinter dem Schiff. Diese Schallwellen dringen einige hundert Meter tief in den Meeresboden ein. Ihre Echos werden von zahlreichen Unterwasser-Mikrofonen aufgefangen, die in zwei 1500 Meter langen Schläuchen ebenfalls hinter dem Schiff geschleppt werden. Zusätzlich setzte das Forscher-Team auf dem 3100 Meter tiefen Meeresboden neun Ozeanboden-Seismometer aus, um Signale aus noch tieferen Schichten aufzufangen. Insgesamt durchleuchteten sie auf diese Weise eine 25 Quadratkilometer große Fläche des Lizenzgebietes.

Im zweiten Fahrabschnitt besuchte die MARIA S. MERIAN die drei nördlichsten Blöcke des Lizenzgebietes. Sie waren zuvor noch nicht erkundet worden. „Wir haben an insgesamt 70 Stationen Messungen durchgeführt“, berichtet der zuständige Fahrtleiter Schwarz-Schampera. 15 Mal setzte das Team den autonomen Unterwasserroboter ABYSS aus, 14 Strecken fuhren die Forscher mit dem tiefgeschleppten Unterwasser-Echolot HOMESIDE ab.

Die BGR fand dort keine aktiven Schwarzen Raucher, aber vielversprechende Hinweise auf nicht mehr aktive Felder, insbesondere im nördlichsten Block des Lizenzgebietes. Die Rohstoffexploration wurde durch Umweltstudien begleitet. Das INDEX-Team untersuchte etwa die Biodiversität sowie den Gehalt gelöster Nährstoffe und Metalle in der Wassersäule.

**KONTAKT:**



**Dr. Volkmar Damm**  
Volkmar.Damm@bgr.de



**Dr. Ulrich Schwarz-Schampera**  
Ulrich.Schwarz-Schampera@bgr.de

**Projekt:** Expedition INDEX2016\_2

## APPETIT AUF KUPFERSCHIEFER

BGR-Geomikrobiologie verbessert Verfahren zur Biolaugung



Kupfertagebau Chuquicamata in Chile.

Kupfer wird zunehmend mit Hilfe winziger Arbeitskräfte gewonnen: Bestimmte Mikroorganismen können das Metall umweltfreundlich und kostengünstig aus Erzen herauslösen. Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen der BGR erproben im Verbundprojekt EcoMetals, welche Kulturen für das Biomining von Kupferschiefer und Bergbaurückständen am besten geeignet sind.

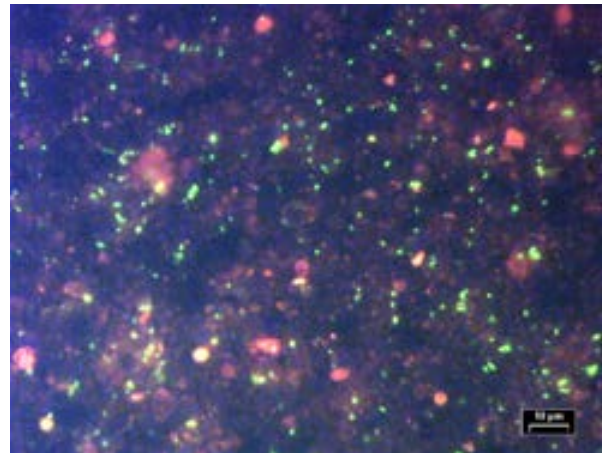
Im Erdzeitalter Perm bedeckte ein flaches Meer weite Teile Mitteleuropas. Eine besondere Hinterlassenschaft dieses Zechsteinmeeres ist ein Gestein namens Kupferschiefer. Es findet sich zum Beispiel am südöstlichen Rand des Harzes in der Gegend um die Orte Mansfeld und Eisleben. Die dunklen, feingeschichteten marinen Tonsteine entstanden in sauerstoffarmen Bereichen des Meeres. „Kupferschiefer stellt eine bedeutende Lagerstätte in Mitteleuropa dar“, berichtet Dr. Sabrina Hedrich, Geomikrobiologin in der BGR. Im Mansfelder Land wurde das Gestein bereits im 12. Jahrhundert abgebaut. Es enthält nicht nur Kupfererze, sondern auch andere Metalle wie Kobalt, Nickel, Zink oder auch Silber.

In Mansfeld war der Abbau von Kupferschiefer bereits seit den 1930er Jahren unrentabel, weshalb der Bergbau 1990 eingestellt wurde. Nun ist das dunkle Sediment aber wieder in den Fokus gerückt. „Im deutsch-französischen Forschungsprojekt Ecometals haben wir ein biologisches Aufbereitungsverfahren für Kupferschiefer entwickelt“, sagt Hedrich. Statt auf Hitze und Chemikalien setzen sie und das Forscher-Team auf Bakterien, um die Metalle aus dem Erz zu lösen. „Biotechnologische Prozesse sind energieeffizient, umweltfreundlich und kostengünstig“, betont Prof. Dr. Axel Schippers, Leiter des Arbeitsbereiches Geomikrobiologie in der BGR. Beim Biobergbau werden nicht nur Bakterien, son-





Oben: Anwendung der Kupferhaldenbiolaugung in Chile.



Oben rechts: Bakterien (grün) in einer Probe unter dem Fluoreszenzmikroskop.

dern auch andere Mikroben und Biomoleküle dazu verwendet, um Metalle aus dem Erz zu lösen und verschiedene Metalle voneinander zu trennen. „Biolaugung ist die biologische Umwandlung einer unlöslichen Metallverbindung in eine wasserlösliche Form“, erläutert Schippers.

Ein bedeutender Teil der Weltkupferproduktion wird bereits mit biologischer Hilfe gewonnen, vor allem aus schwefelhaltigen Erzen, die auf Halden lagern. Das Projekt Ecometals soll die Biolaugung nun noch weiter optimieren. Der Projektverbund besteht aus 17 Partnern, darunter Industrieunternehmen und Forschungseinrichtungen in Deutschland, Frankreich und Polen. Das BGR-Geomikrobiologielabor befasst sich unter anderem mit dem Verfahren der Tankbiolaugung. Dabei werden sogenannte Erzkonzentrate und Bergbaurückstände in Bioreaktoren aufbereitet. „Wir untersuchen, unter welchen Bedingungen verschiedene Bakterienkulturen die Erze am wirkungsvollsten auflösen“, so Hedrich.

Bei ihren Laborversuchen verwenden die Forscherinnen und Forscher der BGR modernste molekularbiologische Verfahren, um beispielsweise herauszufinden, welche der verwendeten Mikroben unter welchen Bedingungen am effektivsten arbeiten. Außerdem entwickelt das Team Verfahren, um die per Biolaugung gelösten Metalle anschließend zu trennen.

Das Forscher-Team hat Kupferschiefer aus verschiedenen Quellen untersucht, etwa Haldenmaterial aus dem Mansfelder Land oder Kupferkonzentrat aus dem polnischen Lubin. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler wollen vor allem die Laugung des im Kupferschiefer ent-



Biolaugung von Kupfer in Rührreaktoren im Geomikrobiologie-Labor der BGR.

haltenen Minerals Chalkopyrit verbessern, einer Verbindung aus Kupfer, Eisen und Schwefel. „Wir haben uns besonders auf die Biolaugung bei niedrigen pH-Werten mit Mikroorganismen spezialisiert, die sich bei Temperaturen um 50 Grad Celsius wohlfühlen“, sagt Hedrich.

#### KONTAKT:

**Dr. Sabrina Hedrich**  
Sabrina.Hedrich@bgr.de



**Prof. Dr. Axel Schippers**  
Axel.Schippers@bgr.de



**Projekt:** Verbundprojekt Ecometals



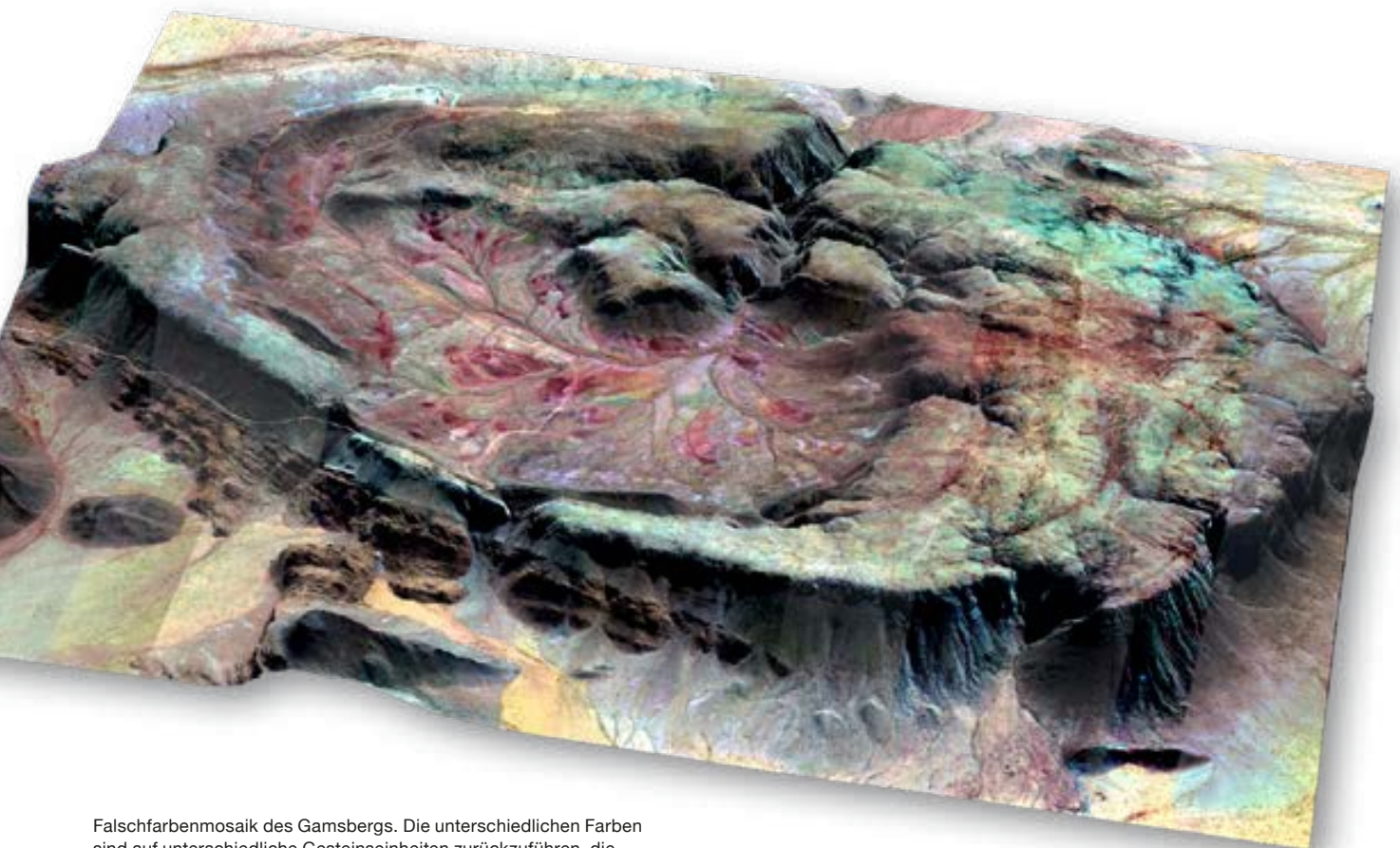
## DAS GEHEIMNIS DER FARBEN

### Hyperspektralanalyse liefert Informationen über Mineralvorkommen

Ob Eisenformationen, Blei-Zinkerze oder Seltene Erden: Hyperspektrale Daten erlauben eine schnelle und präzise Kartierung von Mineralien. Die BGR hat jetzt ein Verfahren weiterentwickelt, bei dem Gesteinsformationen anhand des Spektrums ihrer Lichtreflexionen charakterisiert werden können.

Der Gamsberg im Norden von Südafrika ist ein uralter Felsen mit interessantem Innenleben. 1,5 Milliarden Jahre sind die Schiefer, Quarzite und Gneise des einsamen Wüstenberges alt. Sie beherbergen zum Teil abbauwürdige Blei-Zink-Mineralvergesellschaftungen. Wo welche Minerale zu finden sind, hat ein BGR-Team während einer Befliegungskampagne im nördlichen Südafrika ermittelt.

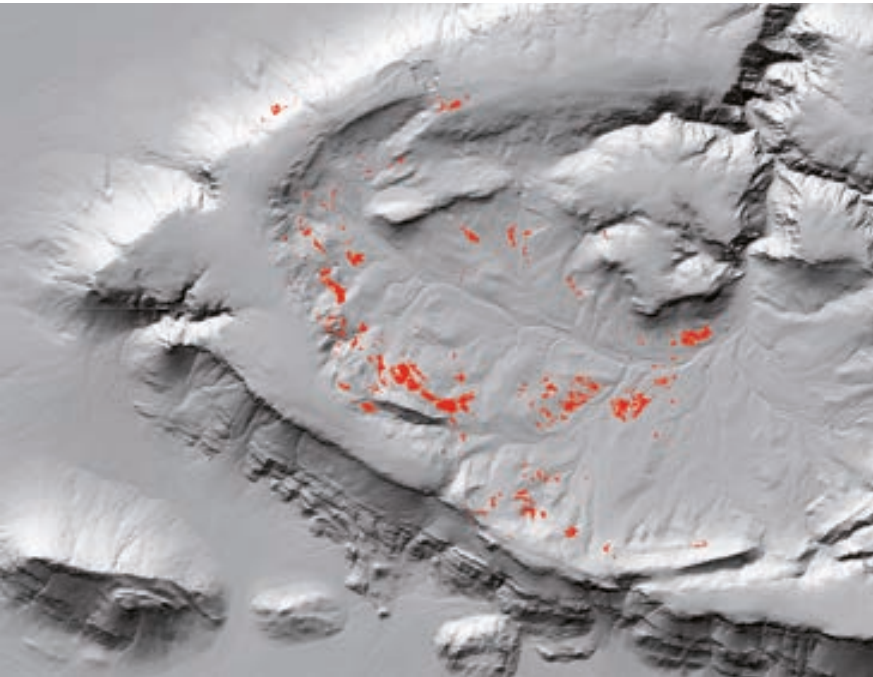
Die Forscherinnen und Forscher setzten dabei die so genannte hyperspektrale Fernerkundung ein. „Sensoren in einem Flugzeug haben sowohl das reflektierte Sonnenlicht als auch die von der Erdoberfläche abgegebene infrarote Strahlung aufgezeichnet“, erläutert BGR-Fernerkundungsexperte Dr. Martin Schodlok. Die Spektrometer zerlegten das Licht in seine unterschiedlichen Wellenlängen. So können Minerale und Gesteine auf der Erd-



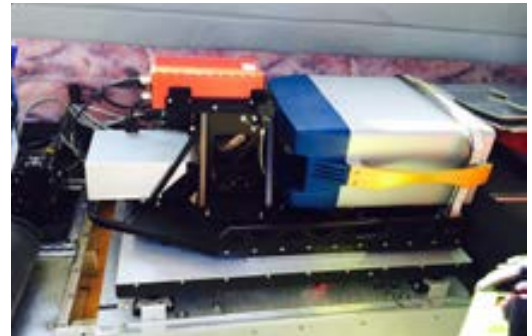
Falschfarbenmosaik des Gamsbergs. Die unterschiedlichen Farben sind auf unterschiedliche Gesteinseinheiten zurückzuführen, die eine Interpretation der flächenhaften Verteilung von Geologie und Mineralogie erlauben.



Die Hyperspektralbefliegung wurde mit einem Kleinflugzeug des Typs Cessna 404 durchgeführt. In dem Flugzeug wurden vier Fernerkundungs-Sensoren verbaut.



Grauwertdarstellung des Geländemodells mit der Überlagerung der Detektion einer erhöhten Eisenanreicherung in Rot zur raumbezogenen geowissenschaftlichen Interpretation.



Eingesetzte Sensorik während der flugzeuggestützten Hyperspektralbefliegung in Südafrika. Neben den Hyperspektralkameras wurde auch noch ein LIDAR System, zur Generierung eines hochauflösenden Geländemodells eingesetzt.

oberfläche anhand ihrer spektralen Merkmale, sozusagen ihrer Farbmuster, identifiziert werden. „Teilweise lassen sich so sogar feinste, für den Menschen nicht sichtbare Vererzungen nachweisen“, sagt Schodlok.

Er und seine Kollegin Dr. Michaela Frei setzten für die Studie erstmals Sensoren ein, die nicht nur kurzwellige, sondern auch thermische Infrarotstrahlung registrieren. „Wir konnten nachweisen, dass sich die Mineralklassifizierung durch Kombination der verschiedenen Wellenlängen verbessern ließ“, berichtet Frei.

In einer zweiten Kampagne in der Transvaal-Super-group Südafrikas charakterisierte das BGR-Team weitere eisenhaltige Formationen, so genanntes Bändererz. Zudem wurden in Norwegen, Schweden, Namibia und Südafrika neue hyperspektrale Sensorsysteme darauf getestet, ob sich damit die Suche nach Lagerstätten der begehrten Seltenen Erden weiter optimieren lässt.

**KONTAKT:**



**Dr. Martin Schodlok**  
Martin.Schodlok@bgr.de



**Dr. Michaela Frei**  
Michaela.Frei@bgr.de

**Projekte:** Hyperspektrale Fernerkundung, Hyperspectral mapping of Rare Earth Elements (REEMAP)



## VERSTEINERTER WALD IM EWIGEN EIS

BGR-Expeditionen in die Antarktis entschlüsseln die Geschichte des Urkontinents Gondwana

200 Millionen Jahre altes versteinertes Holz aus einer neu entdeckten Gesteinsfolge in den Helliwell Hills.

Zweimal Nord-Victorialand und einmal Dronning-Maud-Land hießen die Ziele der Antarktis-Forschung der BGR in den letzten zwei Jahren. Dazu standen umfangreiche Renovierungsarbeiten in der Gondwana-Station auf dem Programm.

Dass Expeditionen in die Antarktis kein Sonntags-spaziergang sind, wissen die Expertinnen und Experten in der BGR-Polarforschung zur Genüge. Doch was das Team um Expeditionsleiter Dr. Andreas Läufer während der elften deutschen Forschungsreise ins Nord-Viktorialand (GANOVEX XI) erlebte, überraschte selbst erfahrene Teilnehmer: „Wir sitzen in unserem Basislager in den Helliwell Hills fest“, notierte Läufer am 26. Januar 2016 in seinem Expeditionstagebuch. „Das Schneetreiben ist so dicht, dass wir keine fünf Meter bis zum nächsten Zelt schauen können. Unser Toilettenzelt war zeitweilig sogar völlig eingeschneit.“ Mehrfach musste das Team die Feldarbeiten wegen heftiger Schneestürme unterbrechen.

Dennoch waren am Ende alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer des internationalen Teams zufrieden mit den Ergebnissen der Expedition. Zu Fuß und mit Helikopter erforschten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die teils mehr als 4000 Meter hohen Berge des Transantarktischen Gebirges im Nord-Viktorialand, das am westlichen Rand des Ross-Meeress liegt. In der folgenden Saison setzte ein kleines Forscher-Team die Arbeiten von der italienischen Station „Mario Zucchelli“ aus fort.

Das Programm GANOVEX untersucht bereits seit 1979 die Geschichte des südlichen Urkontinentes Gondwana, in dessen Zentrum die Antarktis bis vor etwa 180 Millionen Jahren lag. In den letzten zwei Jahren beschäftigten sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit der gesamten Geschichte Gondwanas – von der Entstehung bis zum Zerfall. Im Nord-Viktorialand untersuchten sie beispielsweise die Reste eines Hochgebirges, das vor etwa 500 Millionen Jahren existierte. „Erste Ergebnisse der beiden Expeditionen lassen vermuten, dass die Entstehung dieses alten Gebirges früher begann als bisher angenommen“, berichtet Läufer. Modelle zum Zusammenwachsen Gondwanas müssen nun womöglich revidiert werden.

Zudem entdeckte das Team die Überreste eines 200 Millionen Jahre alten versteinerten Waldes, darunter fossiles Holz, in dem noch die Grabgänge von Maden und Insektenkot erhalten geblieben waren. Die Fossilien entstammen einer bislang unbekanntem Gesteinsserie aus einer Zeit, als verzweigte Flüsse und ausgedehnte Seen den weitgehend flachen Kontinent Gondwana bedeckten. Auch frühe Saurier durchstreiften die Wälder und Flusslandschaften des damaligen Nord-Viktoria-





Geologen der BGR und des italienischen Antarktisprogramms bei der gemeinsamen Geländearbeit im über 4000 m hohen Transantarktischen Gebirge im Nord-Victorialand.



Oben: Das Forschungsflugzeug Polar-6 diente als Messplattform für aerogeophysikalische Untersuchungen im zentralen Dronning Maud Land.

Unten: Schneedrift im Basislager der Expedition GANOVEX XI in den Helliwell Hills im Nord-Victorialand.

landes, wie der Erstfund eines Fußabdrucks eines dieser Tiere belegt.

Das Ende von Gondwana hinterließ im Nord-Victorialand ebenfalls seine Spuren. Die Forscherinnen und Forscher entdeckten ein System älterer, bislang unbekannter Störungen, die zu der Zeit entstanden, als sich Australien von der Antarktis ablöste. „Wir können nun plausibler nachvollziehen, wie die Trennung der beiden Kontinente im Einzelnen verlaufen ist“, sagt Läufer.

Zeitgleich mit den beiden Expeditionen modernisierte die BGR die Sommerstation Gondwana an der Terra-Nova-Bucht. Sie war 1983 errichtet worden und technisch nicht mehr auf dem neuesten Stand. Nun wurden Solarpaneele, eine Meerwasserentsalzungsanlage, neue sanitäre Einrichtungen und moderne Generatoren installiert.

Auf der anderen Seite des Südkontinents war das Forscherteam der BGR Ende 2016 zusammen mit Kolleginnen und Kollegen vom Alfred-Wegener-Institut (AWI) aktiv. Mit dem Messflugzeug Polar-6 erkundeten sie das zentrale Dronning Maud Land von der Köhnen-Station aus, die

vom AWI betrieben wird und auf dem Polarplateau liegt. Dort untersuchten sie eine unter dem Eispanzer verborgene magnetische Anomalie – womöglich das Relikt eines etwa 700 bis 500 Millionen Jahre alten Ozeans, der bei der Entstehung von Gondwana eingeschlossen wurde. „Die neuen Daten sollen helfen, diese magnetische Struktur besser zu verstehen und die Modelle zur geodynamischen Entwicklung der Ostantarktis zu verfeinern“, sagt Läufer.

**KONTAKT:**

**Dr. Andreas Läufer**  
 Andreas.Laeufer@bgr.de



**Projekte:**  
 GANOVEX (German Antarctic North Victoria Land Expedition)  
 MOGS (Modernization of Gondwana Station)  
 GEA (GEodynamic Evolution of East Antarctica)



## GEFAHR FÜR DAS GRUNDWASSER

BGR untersucht Versalzung in der niederländischen Provinz Zeeland



BGR-Hubschrauber beim Start vom Flughafen Midden Zeeland.

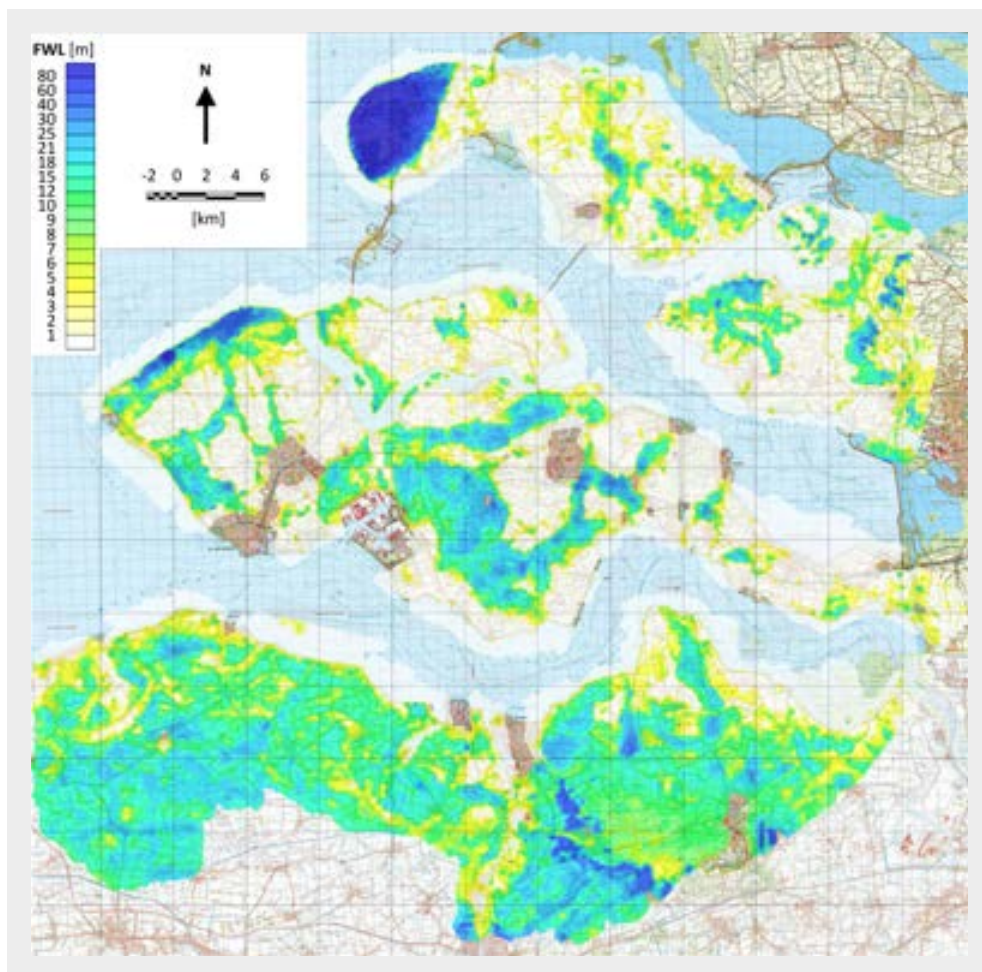
Der Südwesten der Niederlande ist fast überall flach wie eine Briefmarke. Große Teile der Provinz Zeeland liegen sogar unterhalb des Meeresspiegels. Das Grundwasser in der Region ist daher besonders von Versalzung betroffen: Sturmfluten, der ansteigende Meeresspiegel und auch die Förderung von Grundwasser führen dazu, dass sich salziges Wasser im Untergrund ausbreiten kann. Um das Grundwasser besser managen zu können, hat die BGR im Auftrag niederländischer Partner die Süß- und Salzwasservorkommen in Zeeland mit dem eigenen Messhubschrauber kartiert.

„In drei Messkampagnen von jeweils zwei Wochen haben wir etwa 10.000 Profilkilometer abgeflogen“, berichtet BGR-Projektleiter Dr. Bernhard Siemon. Die BGR arbeitete mit den niederländischen Partnern Stichting Deltares und TNO sowie der Provinz Zeeland zusammen. Auf Basis der Messdaten entwickelten Siemon und seine niederländischen Kolleginnen und Kollegen anschließend Modelle und Interpretationen.

Für die Messungen wurden der BGR-Hubschrauber sowie eine zigarrenförmige Flugsonde genutzt. „Die Signale, die in sechs verschiedenen Frequenzen abge-

strahlt werden, dringen unterschiedlich tief in den Untergrund ein und werden je nach Leitfähigkeit des Untergrundes zurückgestrahlt. Eine relativ niedrige Leitfähigkeit ist typisch für Süßwasser oder einen sandigen Boden, während Salzwasser und tonige Gesteine eine hohe Leitfähigkeit aufweisen“, erläutert Siemon.

Anhand der gemessenen Werte konnten er und seine Kolleginnen und Kollegen unter anderem erkennen, wo die Grenzen zwischen Süß- und Salzwasservorkommen verlaufen. Außerdem konnten sie Grundwasserleiter und Grundwasserstauer unterscheiden. Mit



Mächtigkeit der Süßwasserlinsen in der Provinz Zeeland (NL).

Hilfe einer hauseigenen Software produzierte die BGR Leitfähigkeitsmodelle als Grundlage für ein dreidimensionales Modell der Chlorid-Konzentration für die gesamte Provinz.

Da Zeeland zu großen Teilen aus Inseln und eingedeichten Poldern besteht, sind Süßwasservorkommen dort rar. Sie existieren meist in Form isolierter „Linsen“ oberhalb von Salzwasservorkommen. Zwar regnet es im Jahresmittel reichlich, doch vor allem im Sommer kann es zu längeren Trockenperioden kommen. Dann ist es für Landwirte schwierig, genügend Wasser für ihre Felder zu bekommen.

Mit Hilfe der neuen Daten können die Landwirte nun Informationen darüber erhalten, wo das Grundwasser zu stark versalzen ist. Anschließend können sie entscheiden, auf welchen Äckern sich die Bewässerung lohnt und wo sie besser salztolerante Pflanzen anbauen sollten. Die BGR-Befliegungen zeigten außerdem, wo sich unterhalb des salzigen Grundwassers teilweise noch große Süßwasser-Mengen befinden. Diese Vorkommen strömen von Belgien her unter undurchlässigen Gesteinsschichten nach Zeeland.

Die im Projekt gewonnenen Daten können auch genutzt werden, um neben dem Salzgehalt des Grundwassers auch die Auswirkungen eines Meeresspiegelanstieges auf die Grundwasservorkommen und damit auf das Trinkwasser zu untersuchen.

Alle Ergebniskarten sind von den niederländischen Partnern im Internet veröffentlicht worden. Sie sind verfügbar über: <https://www.zeeland.nl/water/zoet-water/zoet-zoutverdeling-zeeuwse-ondergrond>.

**KONTAKT:**

**Dr. Bernhard Siemon**  
Bernhard.Siemon@bgr.de



**Projekte:**  
AEM-Zeeland – Aeroelektromagnetische Kartierung Zeeland (NL)  
FRESHM Zeeland (FRESH Salt groundwater distribution by Helicopter ElectroMagnetic survey in the Province of Zeeland)



## DAS SALZIGE ERBE DER STURMFLUT

BGR modelliert, wie sich Meerwasser 1962 im Untergrund von Baltrum ausbreitete



Messung der Oberflächen-Nuklearmagnetischen Resonanz (Oberflächen-NMR) auf Langeoog.

Die ostfriesischen Inseln versorgen sich aus so genannten Süßwasserlinsen mit Trinkwasser: Das Grundwasser besteht dort aus leichtem Regenwasser, das auf dem umgebenden Salzwasser „schwimmt“. Doch durch den steigenden Meeresspiegel, insbesondere durch Sturmfluten, sind die Reservoirs gefährdet. Um das Krisenmanagement zu verbessern, haben zwei BGR-Forscher nun anhand bisher unveröffentlichter Daten nachvollzogen, wie sich die katastrophale Sturmflut von 1962 auf das Grundwasser der Insel Baltrum ausgewirkt hat.

In der Nacht vom 16. auf den 17. Februar 1962 erreicht das Orkantief „Vincinette“ die deutsche Nordseeküste. Der Sturm bringt ein verheerendes Hochwasser mit sich, das die Stadt Hamburg völlig unvorbereitet trifft. Der Stadtteil Wilhelmsburg und andere Gebiete nahe der Elbe stehen meterhoch unter Wasser, hunderte Menschen sterben.

Auch auf den Ostfriesischen Inseln richtet die Sturmflut Verwüstungen an: Sie zerstört Deiche, spült Dünen weg und zerschlägt die Deckwerke an den Westköpfen von Baltrum, Norderney, Spiekeroog und Wangerooge. Zu-

sätzlich hinterlässt das Salzwasser indessen ein unsichtbares Erbe, berichtet Hydrogeologe Dr. Georg Houben von der BGR: „Auf Baltrum drang Meerwasser in die Dünentäler vor und sickerte ins Grundwasser ein.“ Noch Jahre später, so Houben, waren einige Brunnen auf Baltrum versalzen.

Durch den steigenden Meeresspiegel wächst die Gefahr, dass sich solche Versalzungen weltweit an den Küsten in Zukunft wiederholen. Die Erfahrungen aus der Vergangenheit können dabei helfen, sich auf derartige Szenari-

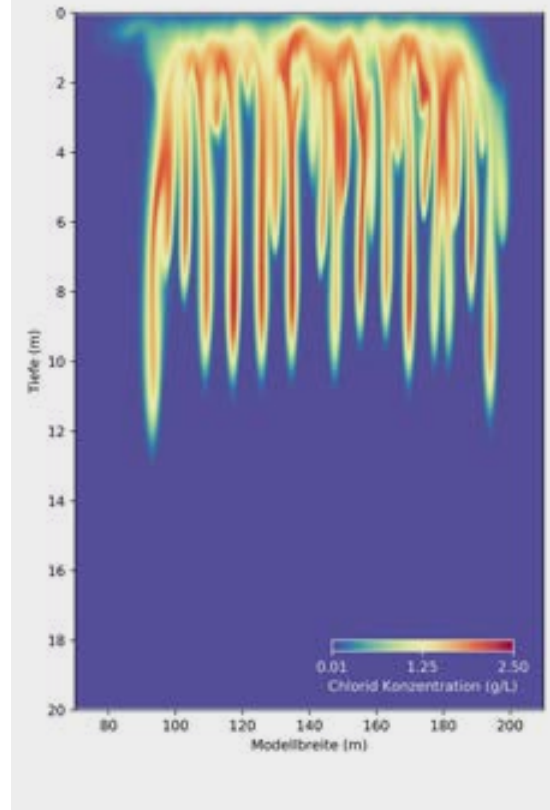


Überflutung Baltrum-Dorf 1962.

en vorzubereiten. Houben und sein Kollege Dr. Vincent Post haben jetzt Daten aus den 1960er Jahren ausgewertet, die vom damaligen Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung nach der Sturmflut auf Baltrum erhoben wurden.

„Die Messungen zeigen erstmals, welche Auswirkungen das Eindringen von Meerwasser auf eine Süßwasserlinse in einem sandigen Grundwasserleiter hat“, sagt Post. Demnach versickerten da, wo das Land überflutet wurde, 180 Liter Salzwasser pro Quadratmeter. In dieser Menge Meerwasser sind rund sechs Kilogramm Salz enthalten. „Das Salzwasser verschmutzte innerhalb weniger Monate große Teile des oberflächennahen Süßwassers“, so Post. Der Studie zufolge, die er und Houben im August 2017 im Journal of Hydrology veröffentlichten, dauerte es sechs bis acht Jahre, bis das Grundwasser wieder nutzbar war. Erst danach hatte frisches Regenwasser das Brackwasser wieder vollständig verdrängt.

Die Forscher entwickelten jetzt neue Modelle, um die Folgen ähnlicher Ereignisse in Zukunft berechnen zu können. „Wir können jetzt besser vorhersagen, wieviel Süßwasser nach einer derartigen Katastrophe übrig bleibt und welche Sofortmaßnahmen getroffen werden müssen“, so Post. Solche Informationen sind beispielsweise wichtig, damit nicht zu viel Süßwasser aus Brunnen gefördert wird. „Eine zu hohe Förderung kann dazu führen, dass ein Brunnen dauerhaft versalzt“, erläutert Houben. Wenn zu viel Süßwasser aus dem Untergrund entnommen wird, kann Salzwasser, das sich vorher unterhalb der Süßwasserlinse befunden hat, in das Bohrloch eindringen und dieses auf lange Sicht versalzen.



Modellierte Salzverteilung im Grundwasser ein Jahr nach der Überflutung.

Die Studie liefert nun Werkzeuge, mit denen sich das Krisenmanagement in anderen gefährdeten Küstenzonen der Welt verbessern lässt. Ähnlich katastrophale Überschwemmungen wie 1962 in Hamburg verursachten zuletzt der Tsunami 2004 in Indonesien, der Taifun „Haiyan“ 2013 auf den Philippinen oder der Hurrikan „Harvey“ 2017 in Houston.

**KONTAKT:**



**Dr. Georg Houben**  
Georg.Houben@bgr.de



**Dr. Vincent Post**  
Vincent.Post@bgr.de

**Projekt:**  
Projekt FLIN - Freshwater Lens INvestigations  
(Erforschung von Süßwasserlinsen)



## WENIGER BLEI IM HUMUS

### BGR analysiert Schwermetalle in Waldböden

Der Zustand der Waldböden in Deutschland hat sich seit den 1990er Jahren verbessert. Das zeigt die Zweite Bodenzustandserhebung Wald (BZE II), die Ende 2016 veröffentlicht wurde. Analysen der BGR haben beispielsweise ergeben, dass die Schwermetallgehalte größtenteils unterhalb der sogenannten Vorsorgewerte liegen. Vor allem bei Blei und Arsen werden diese Werte aber an einigen Standorten überschritten – beispielsweise im Harz, im Erzgebirge und im Rheinischen Schiefergebirge.





In den 1980er Jahren grassierte in Deutschland die Angst vor dem Waldsterben. Der berühmte „Saure Regen“, so befürchtete damals die Forschung, könnte Schwermetalle wie Blei oder Cadmium im Waldboden mobilisieren und somit die Bäume schädigen. Mittlerweile werden schwefelhaltige Verbindungen – die Ursache des Sauren Regens – mit speziellen Verfahren aus Kraftwerksabgasen und Kraftstoffen entfernt, und Blei im Benzin ist in ganz Europa verboten.

Das wirkt sich positiv auf die Waldböden aus. „Der Zustand der Waldböden hat begonnen, sich langsam zu erholen“, heißt es in dem vom Thünen-Institut in Eberswalde 2016 herausgegebenen Bericht. Nicht nur die Abgasreinigung, sondern auch der Umbau von Nadel- zu Laubwäldern und das Verteilen von Kalk haben die Verfassung vieler Waldböden verbessert, wie die BZE II zeigt.

Für die Untersuchung haben Forscherinnen und Forscher verschiedener Institutionen an 1.900 Punkten bundesweit Proben von Waldböden genommen. Außerdem ermittelten sie den Zustand von Vegetation, Baumkronen und der Waldernährung. „Die BZE soll zuverlässige, repräsentative und bundesweit vergleichbare Aussagen dazu liefern, in welchem Zustand sich der Wald befindet, aber auch dazu, wie sich der Waldboden verändert oder wie sich der Klimawandel auf den Bodenzustand auswirken kann“, berichtet der Bodenkundler Dr. Florian Stange von der BGR.

Zusammen mit seinem Kollegen Dr. Daniel Rückamp hat es Stange übernommen, die Schwermetallgehalte in Proben aus mehreren Bundesländern auszuwerten. Die BGR konzentrierte sich bei ihrer Forschung auf die Elemente Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink. „Schwermetalle kommen in allen Böden natürlich vor, sie stammen aus dem Gestein, aus dem sich der Boden bildet“, erläutert Rückamp. Allerdings können Einträge aus Industrie und Verkehr die natürlichen Werte erhöhen. „In Wäldern kommen diese Schadstoffe vor allem aus der Atmosphäre und sammeln sich hauptsächlich in den Streuauflagen und den Oberböden“, so Rückamp. Insbesondere Blei, Cadmium, Kupfer und Quecksilber gelangen über die Luft in die Waldböden.

Die Untersuchungen der BZE zeigten, dass die Schwermetallvorräte in den Humusaufgaben des Waldbodens seit der ersten Bodenzustandserhebung 1996 fast überall

zurückgegangen sind. „Dieser Rückgang könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Schwermetallemissionen in den letzten 30 Jahren abgenommen haben“, sagt Stange, „allerdings muss man auch berücksichtigen, dass sich die Schwermetalle langsam vom Humus in den Mineralboden verlagern.“

Schwermetalle sind normalerweise fest an Bodenpartikel gebunden, werden bei niedrigen pH-Werten allerdings mobiler. Besonders in sauren Waldböden besteht daher die Gefahr, dass sie sich ins Grundwasser verlagern. Bei der ersten Bodenzustandserhebung waren noch viele Waldböden versauert, doch inzwischen hat sich ihr Zustand vielerorts verbessert.

Das Forscher-Team der BGR stellte fest, dass die so genannten Vorsorgewerte kaum überschritten werden. Diese Werte sind im Bundesbodenschutzgesetz festgelegt. Konzentrationen, die unterhalb des Vorsorgewertes liegen, gelten als unbedenklich. Eine Überschreitung bedeutet freilich noch keine Gefährdung, sondern zunächst einmal nur, dass weitere Einträge begrenzt werden sollten. „Bei Arsen wird der Vorsorgewert an 13 Prozent der Inventurpunkte überschritten, bei Blei an 22 Prozent“, berichtet Stange. Belastet sind vor allem Bergbauregionen wie das Erzgebirge und der Harz sowie Regionen, die auf der Windschattenseite großer Industriegebiete liegen.

---

**KONTAKT:**



**Dr. Daniel Rückamp**  
Daniel.Rueckamp@bgr.de



**Dr. Florian Stange**  
Florian.Stange@bgr.de

---

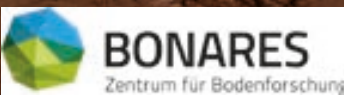
**Projekt:**  
Zweite Bodenzustandserhebung Wald (BZE II)



# STANDARDS FÜR BODENDATEN

## BGR wirkt beim Aufbau eines Bodendatenzentrums mit

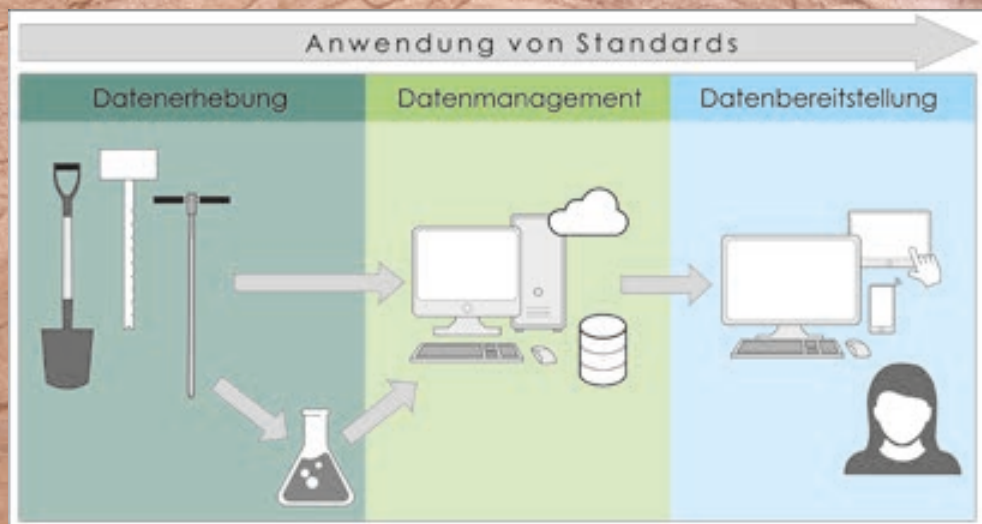
Wie reagieren verschiedene Böden auf neue Bearbeitungsmethoden? Welche Folgen hat der Klimawandel für den Boden? Mit Fragen wie diesen setzen sich zehn Forschungsverbünde und das Zentrum für Bodenforschung im Projekt BonaRes auseinander, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird. Die BGR ist daran beteiligt, eine umfassende Datenbank für die Projektergebnisse und andere Bodendaten zu erarbeiten. Bislang gab es in Deutschland keine zentrale Sammelstelle für Bodendaten aus der Forschung.



Man könnte BonaRes als Mammutprojekt bezeichnen: Zu der Fördermaßnahme, die Teil der „Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“ ist, gehören zehn Verbundprojekte mit bis zu zehn Projektpartnern. Forscherinnen und Forscher aus ganz Deutschland untersuchen innerhalb von BonaRes, wie sich die Leistungsfähigkeit der Ressource Boden langfristig sichern lässt. Die Projekt-Teams sind an fast 30 Langzeit-Feldversuchen beteiligt, in denen sie Methoden zur nachhaltigen Bodenutzung entwickeln. „Es geht beispielsweise darum, die Abhängigkeit von phosphathaltigem Dünger zu verringern oder Strategien gegen die Bodenverdichtung durch schwere Landmaschinen zu entwickeln“, berichtet BGR-Forscherin Sina Schulz.

Zusammen mit ihrem Kollegen Dr. Einar Eberhardt gehört Schulz zum Team des BonaRes-Zentrums. In diesem übergeordneten Projektmodul arbeitet die BGR mit vier weiteren Forschungseinrichtungen daran, die gewonnenen Bodendaten in einer zentralen Datenbank zu sammeln. „Ein solcher Datenpool ist für komplexe wissenschaftliche Fragestellungen sehr nützlich, etwa, um unbekannte Zusammenhänge aufzudecken“, sagt Schulz. „Er ist eine wertvolle Grundlage, weil er die Daten für Modellrechnungen zugänglich macht.“

Die BGR hat seit langem Erfahrung dabei, Datensätze zu harmonisieren. So arbeiten Expertinnen und Experten der BGR unter anderem daran, Standards für den Austausch digitaler Bodendaten für die International Organization for Standardization (ISO) zu entwickeln. Auf natio-



Anwendung von Standards von der Datenerhebung bis zur Datenbereitstellung.





naler Ebene kooperiert die BGR eng mit den Staatlichen Geologischen Diensten der Bundesländer, um bundesweite Normen zur Bodenbeschreibung zu erarbeiten. „Wir haben daher auch bei BonaRes dazu beigetragen, die Standards für die Dateninfrastruktur zu entwickeln“, berichtet Eberhardt. Vor allem bei der Datenerhebung und im Datenmanagement war die Expertise der BGR gefragt.

Dabei stand das Team vor Herausforderungen, wie sie für Harmonisierungsprozesse typisch sind. „Die Daten stammen aus unterschiedlichen Quellen und liegen in unterschiedlichen Formaten vor“, berichtet Schulz. „Man braucht zudem Standards für alle Stadien des Datenlebens – von der Erfassung über die Bearbeitung bis hin zur Veröffentlichung und Nachnutzung.“ In der ersten Förderungsphase hat das Team des BonaRes-Zentrums alle wichtigen Standards inhaltlich beschrieben, Konflikte zwischen konkurrierenden Standards ermittelt und nicht abgedeckte Bereiche identifiziert. „Anschließend haben wir Empfehlungen zur Anwendung entwickelt, etwa in den Bereichen Datenerhebung, Datenmanagement und Datenbereitstellung“, so Schulz.

Die BGR hat dabei beispielsweise Werkzeuge entwickelt, um Daten zwischen verschiedenen Standards zu transformieren oder um sicherzustellen, dass die vorgegebenen Normen eingehalten werden. „Eine unserer Anwendungen kann die eingegebenen Bodendaten beispielsweise daraufhin prüfen, ob sie der bundesweit gültigen „Bodenkundlichen Kartieranleitung“ entsprechen“, erläutert Eberhardt. Ein weiteres BGR-Werkzeug



Standardisierungsaktivitäten im Bereich Bodendaten mit BGR-Beteiligung.

wandelt die nach deutschen Normen erhobenen Bodendaten in international verständliche Bodenbezeichnungen um. Schulz betont: „Damit machen wir unsere Daten international verwendbar.“

**KONTAKT:**



**Sina Schulz**  
Sina.Schulz@bgr.de



**Dr. Einar Eberhardt**  
Einar.Eberhardt@bgr.de

**Projekt:** BMBF-Fördermaßnahme BonaRes  
(Boden als nachhaltige Ressource für die Bioökonomie)





## WIE URAN INS WASSER KOMMT

Burundi-Projekt untermauert weltweite Studie zur Verteilung des radioaktiven Schwermetalls im Grundwasser

Mitarbeiter des Institut Géographique du Burundi (IGEBU) nehmen Wasserproben aus einem Pumpbrunnen in Kirundo.

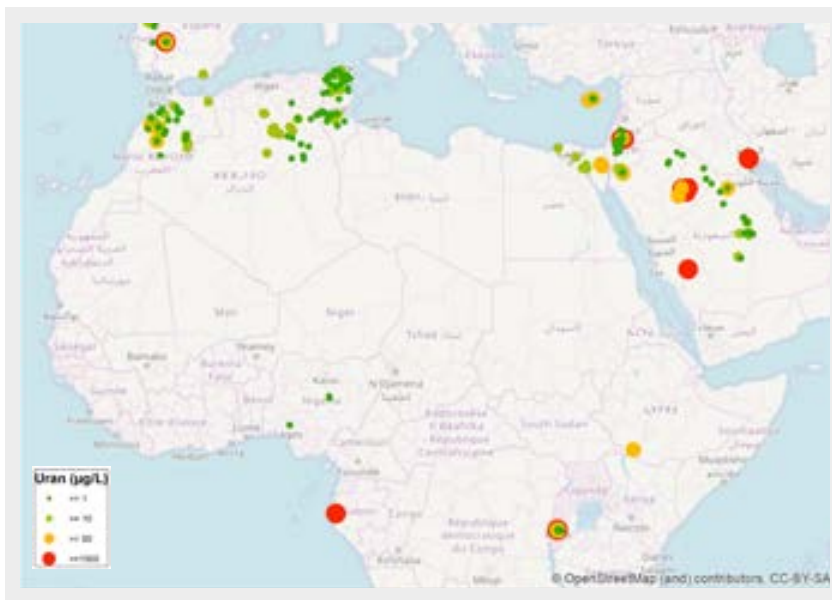
Uran ist in vielen Regionen der Welt ein natürlicher Bestandteil des Grundwassers. Mancherorts liegt die Konzentration jedoch um ein Vielfaches über dem von der Weltgesundheitsorganisation WHO empfohlenen Richtwert. Auch der zentralafrikanische Staat Burundi ist von hohen Werten betroffen. Hydrogeologinnen und Hydrogeologen der BGR stellen die weltweit dokumentierten Fälle von erhöhten Uran-Gehalten im Grundwasser zusammen, um daraus die wichtigsten Faktoren für die Uran-Mobilität abzuleiten.

In der Provinz Kirundo im Norden von Burundi ist die Erde fruchtbar: Auf den grünen Hügeln südlich des Cohoha-Sees gedeihen Bohnen, Süßkartoffeln, Mais, Zuckerrohr, Bananen und Hirse. Mit fast 1300 Millimetern Niederschlag im Jahr ist Burundi ein regenreiches Land. „Die Bevölkerung wächst aber enorm, um rund drei Prozent pro Jahr. Daher kommen die natürlichen Quellen an ihre Grenzen“, berichtet Dr. Sara Vassolo, Hydrogeologin an der BGR. Daher wird Burundi in Zukunft verstärkt auf Grundwasser zurückgreifen müssen. Doch dessen Menge und Qualität sind nur ungenau bekannt.

In einem gemeinsamen Projekt mit dem burundischen Wasserministerium arbeitet die BGR seit 2011 daran, die Grundwasserressourcen genauer zu untersuchen. Dabei kamen auch unangenehme Überraschungen ans Licht.

„In der Provinz Kirundo haben wir so hohe Konzentrationen von Uran im Grundwasser gefunden, dass einige Brunnen stillgelegt werden mussten“, sagt BGR-Hydrogeologe Dr. Vincent Post. Zusammen mit Kolleginnen und Kollegen von der BGR und vom Institut Géographique du Burundi suchte er nach der Ursache dafür. Das Team analysierte die lokale Geologie, nahm zahlreiche Wasserproben und führte anschließend Modellrechnungen durch. „Wir haben herausgefunden, dass eine Kombination aus Gesteinsverwitterung und hoher Verdunstung hauptverantwortlich für die hohen Werte ist“, sagt Post.

Das Uran stammt aus uraltem und bereits stark verwittertem Granitgestein im Untergrund des burundischen Hochlandes. „Regenwasser versickert im Untergrund, bewegt sich durch den Boden und verdunstet anschließend wieder“, erläutert Post. Uran, das aus dem verwit-



Zusammenstellung von international publizierten Daten zur Verbreitung von gelöstem Uran im Grundwasser in Nord- und Zentralafrika sowie im Nahen Osten.

terten Gestein herausgelöst wurde, konzentriert sich bei diesem Prozess. Wie die Forscherinnen und Forscher der BGR herausfanden, verstärken gelöstes Karbonat und Calcium die Urananreicherung möglicherweise.

Ähnlich wie in Burundi treten auch in anderen Weltregionen hohe Urankonzentrationen von teils mehr als 1000 Mikrogramm pro Liter auf. Die Grenze, die die WHO für unbedenklich hält, liegt bei nur 30 Mikrogramm pro Liter. „Es ist grundsätzlich sehr schwierig, die Aktivität radioaktiver Nuklide in einem bestimmten Grundwasservorkommen vorherzusagen“, sagt BGR-Experte Dr. Frank Wagner. „Die lokale Geologie und die geochemischen Bedingungen haben einen sehr starken Einfluss.“

Zusammen mit dem Institut für Strahlenschutz und Radioökologie der Universität Hannover hat ein BGR-Team daher Daten zusammengetragen, um eine weltweite Studie zur Uranverteilung im Grundwasser zu erstellen. Hohe Urangehalte treten demnach häufig in Regionen mit Lagerstätten natürlicher Uranerze auf. Solche Erze können sowohl in Sedimentgestein, in Granitkörpern als auch in vulkanischem Wirtsgestein vorkommen. „In ganz Nordafrika und dem Mittleren Osten treten mit Uran angereicherte Sedimente beispielsweise gemeinsam mit einer Schicht mariner Phosphorite auf, die in der Kreidezeit und im nachfolgenden Neogen abgelagert wurden“, berichtet Wagner. Aber auch abseits großer Lagerstätten kann sich Grundwasser mit natürlichen Uran-Nukliden anreichern – neben Burundi sind davon zum Beispiel auch Fälle in den USA, in Portugal, Skandinavien, Jordanien, Indien sowie in Deutschland dokumentiert.

Ob das radioaktive Element tatsächlich ins Grundwasser freigesetzt wird, hängt nach den Erkenntnissen der BGR unter anderem davon ab, wieviel Sauerstoff und Karbonat das Wasser enthält: „Unter reduzierenden Bedingungen ist das Uran im Sickerwasser nur schwer löslich. Darüber hinaus kann Karbonat zur Bildung von stabilen und mobilen Uran-Verbindungen führen“, erläutert Wagner.

**KONTAKT:**



**Dr.-Ing. Sara Ines Vassolo**  
Saralnes.Vassolo@bgr.de



**Dr. Frank Wagner**  
Frank.Wagner@bgr.de



**Dr. Vincent Post**  
Vincent.Post@bgr.de

**Projekt:** F&E-Projekt zum Mobilitätsverhalten von Radionukliden (U, Ra) im Grundwasser;  
Bilaterales TZ-Projekt „Management und Schutz der Grundwasserressourcen“ in Burundi

## FENSTER IN DEN UNTERGRUND

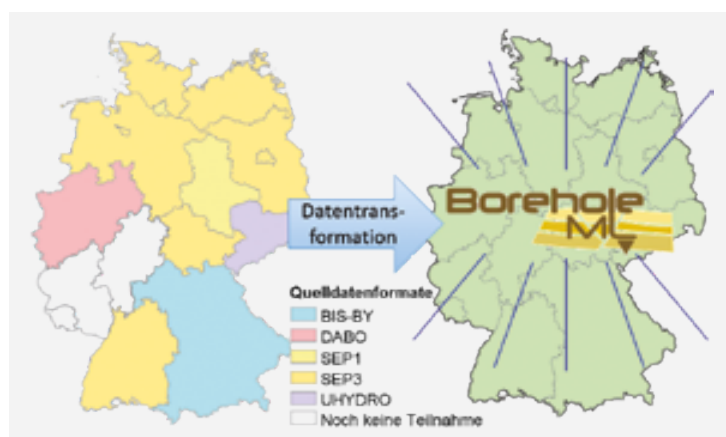
### Daten von zwei Millionen Bohrungen online verfügbar

Ob Baugrunduntersuchungen, Geothermie oder Brunnenbau – für viele Vorhaben sind Informationen über den Untergrund essentiell. Die komplett überarbeitete Version der „Bohrpunktkarte Deutschland“ verbessert als Browseranwendung den Zugang zu geologischen Informationen erheblich: Auf diese Weise können die Daten von zwei Millionen Einzelbohrungen in ganz Deutschland nun erstmals in einem einheitlichen Format an zentraler Stelle online abgerufen werden.

„Wir haben quasi ein Fenster in den Untergrund geschaffen“, sagt BGR-Geodatenmanager Gerhard Arns-Krogmann über die neue Datenbank. Dort finden Anwenderinnen und Anwender eine Fülle von geologischen Informationen – von Bohrungen zur Baugrunderkundung, die nur wenige Meter tief reichen bis zu Forschungsbohrungen, die bis in eine Tiefe von mehr als 6000 Meter in den Untergrund vorstoßen können. „Addiert man alle Bohrungsstrecken auf, ergibt sich in der Bohrdatenbank eine Gesamtlänge von etwa 80.000 Kilometern“, sagt Arns-Krogmann.

Zusammen mit den Staatlichen Geologischen Diensten der Bundesländer hat der BGR-Experte ein Datenaustauschformat entwickelt, um sämtliche Bohrdaten aus Deutschland einheitlich in Deutsch oder Englisch darstellen zu können. „Historisch bedingt waren die Datenformate bei den einzelnen geologischen Diensten sehr heterogen. Diese Vielfalt behinderte den Datenaustausch und machte es Ingenieurbüros schwer, die Daten zu nutzen“, sagt Tanja Wodtke, Fachbereichsleiterin Geoinformation in der BGR.

Die Staatlichen Geologischen Dienste stellen ihre Daten nun über standardisierte Datenbankschnittstellen als sogenannte Geodatendienste bereit. Bei der BGR fließt alles zusammen. Die neue, frei verfügbare Bohrpunktkarte enthält zum Beispiel Angaben zur Bohrlochdicke in der Fläche, zur Verrohrung oder zu Grundwassermessungen. Außerdem werden auch die wertvollen geologischen Schichtinformationen visualisiert, sofern sie freigegeben sind. Alle Daten können recherchiert und zudem in andere Programme exportiert werden. Profianwender binden die zugrundeliegenden Geodatendienste in ihre eigenen Geoinformationssysteme ein. „Der Vorteil besteht darin, dass Anwenderinnen und Anwender die Bohrdaten zusammen mit



Die Landesbohrdatenformate werden zu einem Austauschformat transformiert.

ihren eigenen Fachdaten in ihrer eigenen Software laden und visualisieren können“, betont Wodtke. Damit sei ein Meilenstein bei der softwareunabhängigen Bereitstellung komplexer geowissenschaftlicher Fachdaten erreicht.

**Mehr Informationen unter:** <https://boreholemap.bgr.de/>

#### KONTAKT:

**Gerhard Arns-Krogmann**

GerhardBernhard.Arns-Krogmann@bgr.de



**Tanja Wodtke**

Tanja.Wodtke@bgr.de



**Projekt:** Modernisierung der Bohrpunktkarte Deutschland





BGR Geoviewer: Darstellung auf Basis des INSPIRE-konformen GK1000-Datensatzes.

## GEOLOGIE FÜR ALLE

### Erstes INSPIRE-konformes Geodatenprodukt ist online



Die oberflächennahe Geologie Deutschlands ist seit Ende 2016 wahlweise als digitale Karte oder als GML-Datei (einem Datenformat für den Austausch räumlicher Daten) INSPIRE-konform und kostenfrei abrufbar. Die BGR kommt damit ihrer Verpflichtung nach, die INSPIRE-Richtlinie umzusetzen. Bei dieser europäischen Initiative geht es darum, die vorhandenen räumlichen Daten, in diesem Fall geowissenschaftliche Daten, europaweit einheitlich aufzubereiten und in einer gemeinsamen Infrastruktur zur Verfügung zu stellen.

Stichtag ist der 21.10.2020. „Bis dahin muss die BGR laut Gesetz ihre relevanten Geodatensätze so transformiert haben, dass sie der INSPIRE-Richtlinie entsprechen“, erklärt Dr. Marc Filip Wiechmann von der BGR. INSPIRE ist die Abkürzung für „Infrastructure for Spatial Information in Europe“. Die EU-weite Initiative sieht vor, dass Geodaten zu 34 umweltrelevanten Themen europaweit einheitlich dargestellt und beschrieben werden und außerdem über Webdienste kostenlos verfügbar sind. „So können die Daten grenzübergreifend genutzt werden“, sagt Wiechmann.

Die BGR verfügt über zahlreiche Geodatensätze, die von INSPIRE betroffen sind, zum Beispiel die Bodenübersichtskarte 1:200.000 (BÜK200) oder der Deutsche Erdbenenkatalog. „Die Geodatensätze werden von der BGR bereits seit einem Jahr Schritt für Schritt umgewandelt“, berichtet BGR-Experte Dr. Andreas-Alexander Maul. Als erstes Produkt haben er und Wiechmann den Geodatensatz der oberflächennahen Geologie Deutschlands im Übersichtsmaßstab 1:1.000.000 (GK1000) den neuen Anforderungen angepasst.

Seit Dezember 2016 können Nutzerinnen und Nutzer Informationen zum Alter, zur Entstehung und zur Zusammensetzung der Gesteine in Deutschland im INSPIRE-Geoportal, im BGR-Produktcenter und -Geoviewer abrufen und betrachten. Auch Verwerfungen und die Fronten eiszeitlicher Gletscher, so genannte Eisrandlagen, sind INSPIRE-konform abgebildet.

#### KONTAKT:

**Dr. Marc Filip Wiechmann**  
Marcfilip.Wiechmann@bgr.de



**Dr. Andreas-Alexander Maul**  
Andreas-Alexander.Maul@bgr.de

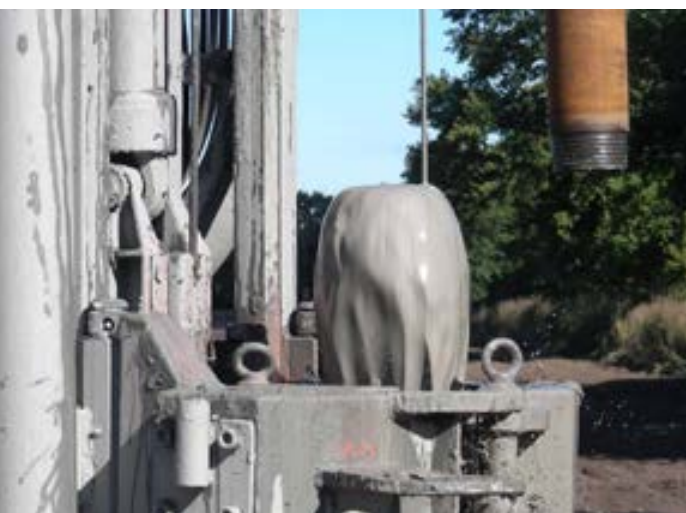


**Projekt:** INSPIRE-Umsetzung in der BGR, GK1000

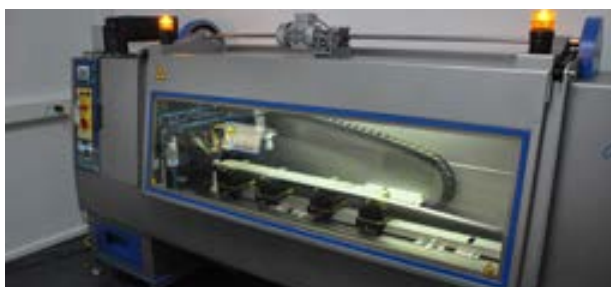
## AUSFLUG IN DIE KREIDEZEIT

### Meeresspiegelschwankungen steuerten Sedimentverteilung

In den vergangenen fünf Jahren hat die BGR eine Serie von Forschungsbohrungen im östlichen Niedersachsen abgeteuft. Ziel war es, das Zeitalter der Unterkreide besser zu verstehen, das vor rund 140 Millionen Jahren begann und vor hundert Millionen Jahren endete.



Bohrplatz der Bohrung Scharrel 10 (ca. 20 km nordwestlich von Hannover).



BGR Röntgenfluoreszenz-Bohrkernscanner im Bohrkernlager in Berlin-Spandau.

An der Oberfläche ist die Region nordöstlich von Hannover von der Eiszeit geprägt. Doch unter der Erde verbergen sich viel ältere Sedimente, vorwiegend handelt es sich dabei um Meeresablagerungen aus der älteren Kreidezeit. Die Gesteine spiegeln wechselnde Umweltbedingungen wider. „Durchlässige Gesteine wie Sandstein wechseln sich mit undurchlässigen Ton- und Mergelsteinen ab“, berichtet der Geologe Dr. Jochen Erbacher von der BGR.

Heute sind die Hinterlassenschaften des Kridemeeres als Speicher- und Barrieregesteine interessant. Im Projekt TUNB untersucht die BGR zusammen mit den Staatlichen Geologischen Diensten der norddeutschen Bundesländer, welches Potenzial das Norddeutsche Becken als Wirtschaftsraum hat. Dafür hat die BGR zusammen mit dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) in Hannover sechs neue, bis zu 250 Meter tiefe Forschungsbohrungen in der Unterkreide abgeteuft. Fünf bereits bestehende Bohrungen hat das

Team ebenfalls sedimentologisch und stratigraphisch untersucht, unter anderem mit modernsten Analysemethoden wie der automatisierten Röntgenfluoreszenzspektroskopie an Bohrkernen.

Die Abfolge von sandigen und tonigen Schichten ist vor allem auf Schwankungen des Meeresspiegels zurückzuführen, zeigt die Interpretation. Bei niedrigem Meeresspiegel verlagerten sich sandige Küstenablagerungen eher ins Zentrum des Beckens, bei höherem Meeresspiegel konnten sich feine, tonige Sedimente auch an den Rändern absetzen. Ein Ablagerungsmodell soll nun ermitteln, welche Faktoren die Verteilung der Speicher- und Barrieregesteine im gesamten Niedersächsischen Becken steuerten.

#### KONTAKT:

**Dr. Jochen Erbacher**  
Jochen.Erbacher@bgr.de



#### Projekte:

Forschungsbohrungen Unterkreide;  
Potenziale des unterirdischen Speicher- und Wirtschaftsraumes im Norddeutschen Becken (TUNB)



Oben links: Einfaches RDF-Modell am Beispiel eines sozialen Netzwerks.  
 Oben rechts: Vom relationalen Datenbank-Modell zum RDF-Modell.  
 Unten rechts: Abbildung der Datenbankinhalte auf die RDF-Schnittstelle.

PK_ID	Periode	Alter Top	Alter Basis
1	Quartär	0.0	2.58
2	Neogen	2.58	23.00
3			

```

<?xml-stylesheet href="http://www.w3.org/TR/RDF/XML#" type="application/xml" />
<?xml-stylesheet href="http://www.w3.org/TR/RDF/XML#" type="application/xml" />
<?xml-stylesheet href="http://www.w3.org/TR/RDF/XML#" type="application/xml" />
<?xml-stylesheet href="http://www.w3.org/TR/RDF/XML#" type="application/xml" />
<?xml-stylesheet href="http://www.w3.org/TR/RDF/XML#" type="application/xml" />
<?xml-stylesheet href="http://www.w3.org/TR/RDF/XML#" type="application/xml" />
<?xml-stylesheet href="http://www.w3.org/TR/RDF/XML#" type="application/xml" />
<?xml-stylesheet href="http://www.w3.org/TR/RDF/XML#" type="application/xml" />
<?xml-stylesheet href="http://www.w3.org/TR/RDF/XML#" type="application/xml" />
<?xml-stylesheet href="http://www.w3.org/TR/RDF/XML#" type="application/xml" />
  
```

PK_ID	PK_ID	Einheit	Alter Top	Alter Basis
11	1	Helles	0.0	0.0017
12	1	Fliehkorn	0.0017	2.58
21				

PK_ID	Periode	Alter Top	Alter Basis
1	Quartär	0.0	2.58
2	Neogen	2.58	23.00
3			

PK_ID	PK_ID	Einheit	Alter Top	Alter Basis
11	1	Helles	0.0	0.0017
12	1	Fliehkorn	0.0017	2.58
21				

## VIER STERNE FÜR DIE BGR

### IT-Experten passen Informationssysteme an neue Web-Standards an

Das World Wide Web entwickelt sich weiter. An der BGR werden daher mehrere Datenbanken so umstrukturiert, dass Computer sie besser verstehen können.

Das ursprünglich weitgehend unstrukturierte World Wide Web wird immer größer, aber auch immer intelligenter. Das World Wide Web Consortium (W3C) um den Internet-Erfinder Tim Berners-Lee hat bereits Ende der 1990er Jahre vorgeschlagen, die im Web verfügbaren Informationen verknüpfbar zu machen, so dass auch Maschinen diese Zusammenhänge besser auswerten können. Diese Erweiterung des Internets, durch die die inhaltlichen Beziehungen der verteilten Informationen untereinander sichtbar werden, wird als „Semantic Web“ bezeichnet.

Auch die BGR entwickelt ihre Informationssysteme kontinuierlich weiter. Derzeit werden das Lithostratigraphische Lexikon von Deutschland (Litholex), die Sammlungsdatenbank GeWiS und den Zentralen Schriftennachweis (ZSN) der BGR entsprechend der neuen Anforderungen datentechnisch überarbeitet. „Die Datenbanken für diese Systeme werden hierfür neu strukturiert“, erklärt BGR-Wissenschaftler Dr. Andreas-Alexander Maul.

Ein weiterer wichtiger Punkt: Alle Datenbankeinträge erhalten eine feststehende Adresse. Wenn eine neue Version erarbeitet wird, dürfen die alten Daten nicht einfach gelöscht werden, sondern erhalten einen Verweis auf ein Nachfolgeobjekt. „Auf diese Weise bleiben die Verknüpfungen zu existierenden Informationen erhalten und sind für das semantische Netz weiterhin verfügbar“, erläutert Maul.

Datenbestände wie das Lithostratigraphische Lexikon genügen damit dem 4-Sterne-Status nach Tim Berners-Lee, dem zweithöchsten Qualitätsgrad des Semantic Web für vernetzte Informationen. „Für den 5-Sterne-Status müssten die in den Datenbanken enthaltenen Informationen noch mit weiteren verteilten Ressourcen verlinkt sein“, sagt Maul. Auf diesen Schritt hat die BGR zunächst verzichtet, da hierfür weitere organisatorische Vorbereitungen in Absprache mit anderen Geologischen Diensten der Bundesländer und in Europa notwendig sind. Dies ist für eine der folgenden Projektphasen eingeplant.

#### KONTAKT:



**Dr. Andreas-Alexander Maul**  
 Andreas-Alexander.Maul@bgr.de

**Projekt:** Semantisches Web





Der stillgelegte Tagebau Los Frailes (Aznalcóllar) im Iberischen Pyritgürtel in Südspanien.

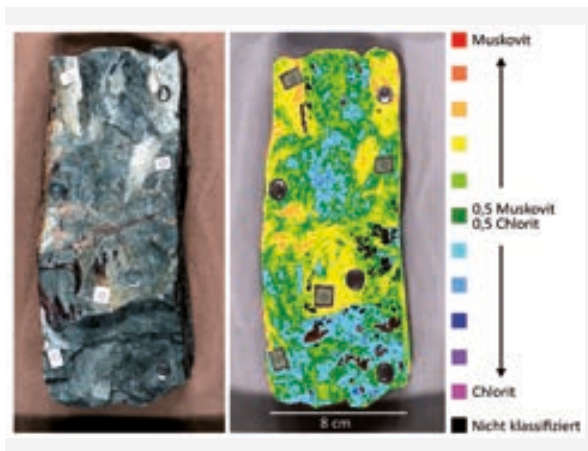
## FLÄCHENDECKENDE KARTIERUNG IN 3D

### BGR kombiniert Fernerkundung und Geophysik

Im Süden der Iberischen Halbinsel befinden sich gewaltige Erzvorkommen. Forscherinnen und Forscher der BGR kombinieren in einem Testgebiet in Spanien mehrere hochmoderne Methoden, um die Erdoberfläche und den Untergrund großflächig zu erkunden.

Schon vor rund 2.000 Jahren bauten die Römer im heutigen Südspanien Gold, Silber und Kupfer ab. Die Erze des Iberischen Pyritgürtels sind bis heute wirtschaftlich interessant. „Erst vor kurzem wurden im östlichen Teil des Gebietes Bohrkerne zur Exploration entnommen“, sagt Anne Blumberg von der BGR. Die Forscherin gehört zu einem interdisziplinären Team, das in Spanien neue, effiziente Explorationsmethoden testet.

Die Gruppe setzt auf hyperspektrale Fernerkundung und geophysikalische Erkundungsmethoden, wie Gamma-Spektrometrie und Gradientenmagnetik, um so genannte Massivsulfide aufzuspüren. Diese Erze sind vor vielen Jahrmillionen durch hydrothermale Aktivitäten am Meeresboden entstanden. Der BGR-Hubschrauber führte dazu zwei Befliegungskampagnen über den Tagebaugebieten Aznalcóllar und Tharsis in Südspanien durch.



Hyperspektrale Analyse der Mineralverteilung an einer Gesteinsprobe.

„Mit hyperspektralen Fernerkundungsmethoden können wir Gesteine und Minerale an der Erdoberfläche identifizieren und Rückschlüsse auf Rohstoffvorkommen ziehen“, erläutert Blumberg. Die Gammasppektrometrie misst die natürliche Radioaktivität an der Oberfläche, wodurch Gesteine hinsichtlich ihrer Mineralogie, Struktur und Verwitterungsmuster charakterisiert werden können. Hochsensible Magnetfeldmessungen mit

einem SQUID-Sensor (Abkürzung für Superconducting Quantum Interference Device) erlauben es, magnetische Anomalien bis in den Untergrund zu verfolgen.

„Unser Konzept besteht darin, bereits bekannte Erzkörper in den Tagebaugebieten zu vermessen und sie in der Umgebung weiterzuverfolgen“, sagt Blumberg. Durch die Verknüpfung der drei Verfahren will das Team die Exploration mineralischer Rohstoffvorkommen effizienter und präziser machen.

**KONTAKT:**

**Anne Blumberg**  
Anne.Blumberg@bgr.de



**Projekt:**  
HYPGEO – Neue Verfahren zur Exploration mineralischer Rohstoffe



# ENDLAGERUNG IM KRISTALLIN IST GRUNDSÄTZLICH MÖGLICH

Machbarkeitsstudie CHRISTA betrachtet verschiedene Optionen

Anstehendes Kristallin.

Ein Endlager für stark radioaktive Abfälle muss zahlreiche Sicherheitsanforderungen erfüllen. Für Salz- und Tongestein sind bereits Konzepte vorhanden, um die Sicherheit einer Gesteinsformation nachzuweisen, für Kristallingestein in Deutschland jedoch nicht. Im Rahmen des Projektes CHRISTA haben Expertinnen und Experten der BGR und der Gesellschaften DBE Technology und GRS nun untersucht, wie ein solches Sicherheitskonzept für Kristallingestein aussehen könnte.

„Einschlusswirksamer Gebirgsbereich“ ist ein sperriger Begriff. „Damit ist eine Gesteinsformation gemeint, die gewährleistet, dass radioaktive Stoffe in einem Endlager langfristig eingeschlossen werden“, erläutert BGR-Experte Axel Weitkamp. Das deutsche Endlagerkonzept sieht vor, dass die radioaktiven Abfälle in einer tiefen geologischen Formation gelagert und dort mindestens eine Million Jahre von der Umwelt isoliert werden. Der „einschlusswirksame Gebirgsbereich“ (ewG), erklärt der BGR-Forscher, soll im Zusammenwirken mit den geotechnischen Verschlüssen zum Beispiel dafür sorgen, dass keine radioaktiven Stoffe aus einem Endlager austreten und in Kontakt mit der Biosphäre kommen können.

Bei einem möglichen Endlager in Salz oder Ton bilden die Wirtsgesteine selbst eine solche undurchlässige Barriere. In den Sicherheitsanforderungen des Bundesumweltministeriums sind vornehmlich für diese beiden Gesteinstypen genaue Kriterien definiert, mit denen die Integrität des ewG langfristig nachgewiesen werden kann. Im Rahmen der Planung eines potenziellen Endlagers müsste etwa untersucht werden, wie sich das Gestein bei hohen Temperaturen verhält. Komplizierte physikalische Größen wie „Dilatanzfestigkeit“ oder „Fluiddruckbelastbarkeit“ müssten bestimmt werden.

„Für kristalline Wirtsgesteine fehlen solche Kriterien jedoch“, berichtet Weitkamp. Kristalline Formationen müssen bei der Endlagersuche genauso berücksichtigt werden wie Salz- und Tonformationen. Das legt das Stand-

ortauswahlgesetz fest, das am 15. Mai 2017 in Kraft trat. Die Expertinnen und Experten der BGR haben deshalb gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen der Unternehmen Gesellschaft für Anlage- und Reaktorsicherheit gGmbH (GRS) und DBE TECHNOLOGY GmbH im Forschungsprojekt CHRISTA untersucht, ob sich das deutsche Endlagerungskonzept auf Kristallingestein übertragen lässt – insbesondere, ob sich in Kristallingesteinen ebenfalls ewGs finden lassen. Die BGR hat für die Studie unter anderem einen Überblick zum Stand der Forschung bei kristallinen Wirtsgesteinen in Deutschland verfasst. Darüber hinaus beschäftigte sich das BGR-Team mit den Methoden der Standorterkundung und mit Gesteinsparametern.

Die zweite Fragestellung des Projektes lautete, ob sich das skandinavische Konzept zur Endlagerung in Kristallingesteinen auf deutsche Verhältnisse übertragen lässt. In Schweden und Finnland ist vorgesehen, verbrauchte Brennelemente in Kupferbehälter mit einem Stahleinsatz zu verpacken. Die Abfälle werden dann in einem Endlagerbergwerk unter Tage in Bohrlöchern eingelagert, die wiederum mit Bentonit verfüllt werden.

Auf Deutschland lässt sich das skandinavische Konzept aber nicht 1:1 anwenden, so das Ergebnis der Studie. Denn anders als in Skandinavien gehören zu den Abfällen hierzulande so genannte Mischoxidbrennelemente, die sehr viel Wärme abstrahlen. Zudem beträgt der Nachweiszeitraum in Skandinavien nur 100.000 Jahre, in Deutschland werden eine Million Jahre zugrunde gelegt.



Untertagelabor im Kristallin.



Umschließender ewG in schwach geklüftetem, barrierewirksamem Wirtsgestein.



Verteilung des ewG auf mehrere umschlossene Komponenten in schwächer geklüfteten, barrierewirksamen Bereichen des Wirtsgesteins.



ewG als Teil eines barrierewirksamen Gesteinskörpers überlagert ein geklüftetes, nicht barrierewirksames Wirtsgestein.

Daraus ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an das Sicherheitskonzept. Das Team kam zu dem Ergebnis, dass im Prinzip drei Typen kristalliner Gesteinsformationen die Anforderungen erfüllen könnten. Weitkamp: „Es kämen entweder größere homogene Formationen in Frage, die kaum Klüfte enthalten und somit ein hohes Einschlussvermögen besitzen, oder solche, in denen sich zumindest kleinere separate Bereiche mit wenigen Klüften befinden.“ Die dritte Möglichkeit: Schichten mit hohem Einschlussvermögen, etwa aus Tongestein, überdecken eine Kristallinformation.

„Welche der drei Optionen in Deutschland tatsächlich in Frage kommt, lässt sich mit den derzeitigen Kenntnissen nur schwer bewerten“, sagt Weitkamp. Klar ist: Kristalline Formationen ohne Klüfte gibt es in Deutschland kaum, weshalb die erste Option unrealistisch

erscheint. Generell kommen die Forscherinnen und Forscher aber zu dem Schluss, dass es auch im Kristallin ewGs gibt. Weitkamp: „Die Nachweisführung ist schwierig, aber grundsätzlich möglich.“ Weitere Forschungsarbeiten sind nötig, um konkrete Endlagerkonzepte und Sicherheitsnachweise zu entwickeln.

**KONTAKT:**



**Axel Weitkamp**  
Axel.Weitkamp@bgr.de

**Projekt:** CHRISTA (Machbarkeitsuntersuchung zur Entwicklung einer Sicherheits- und Nachweismethodik für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle im Kristallingestein in Deutschland)





Randlage eines Gletschers im Vorfeld eines Gebirgskammes.

## DIE KRAFT DER GLETSCHER

### Glaziale Tiefenerosion muss bei der Endlagersuche berücksichtigt werden

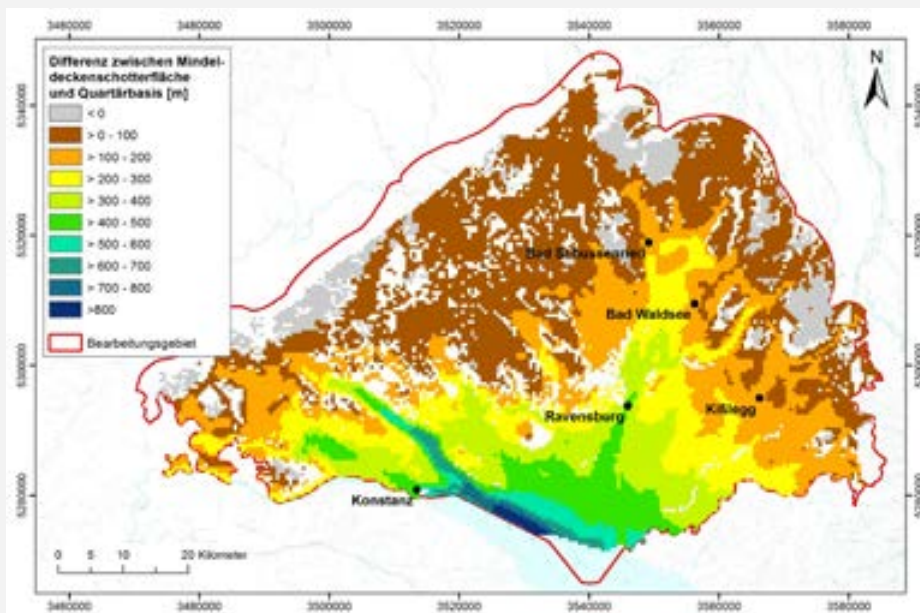
Radioaktive Abfälle sollen in Deutschland in einem Endlager über einen Zeitraum von einer Million Jahre sicher gelagert werden. In dieser Spanne könnten sich erneut Gletscher in Deutschland ausbreiten und zum Beispiel im Alpenvorland tiefe Rinnen in den Untergrund fräsen. Ein Team um die BGR-Wissenschaftlerin Anke Bebiolka hat in einer Studie die aktuellen Kenntnisse zur glazialen Tiefenerosion in Süddeutschland zusammengetragen.

Radioaktive Abfälle sollen in Deutschland in einer tiefen geologischen Formation gelagert werden – und zwar so, dass sie mindestens eine Million Jahre lang nicht mit der Umwelt in Kontakt kommen. Doch wie findet man einen Ort, dem geologische Kräfte über einen derart langen Zeitraum wenig anhaben können? „Man muss die geologische Entwicklung des jeweiligen Wirtsgesteins und der Geosphäre im Umfeld des Endlagerstandortes betrachten“, sagt Bebiolka.

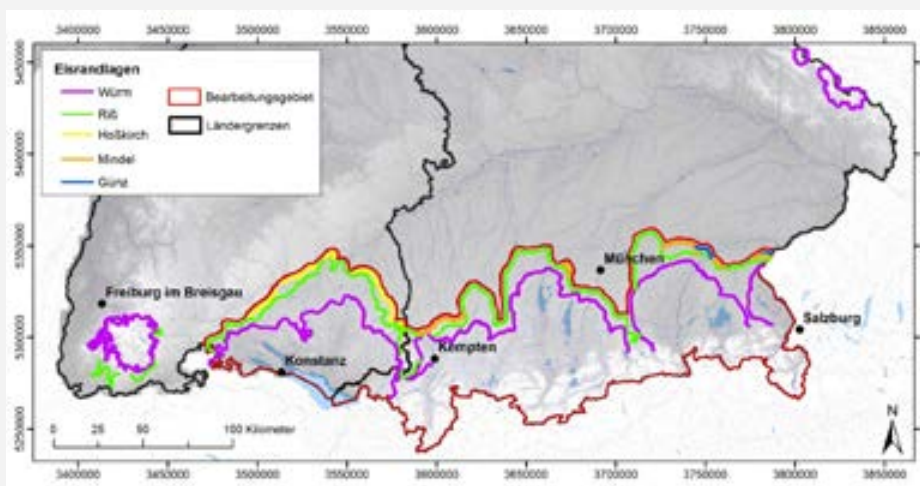
Die Studie hat sich mit einem speziellen Problem beschäftigt, für das ein zukünftiges Endlager gewappnet sein müsste: der Erosion durch Gletscher. Denn auch wenn sich das Klima der Erde derzeit rasant erwärmt, ist es nicht ausgeschlossen, dass in Zukunft wieder Eiszeiten auftreten. Das Forscher-Team der BGR nimmt, dass die Glaziale ähnlich wie in der jüngeren Vergangenheit auch in Zukunft im Rhythmus von hunderttausend Jahren wie-

derkehren. Während der nächsten Jahrmillion wären somit zehn weitere Eiszeiten zu erwarten.

Auch in Süddeutschland würden sich dann wieder Gletscher ausbreiten. Dabei könnte die Eisbedeckung wiederholt so groß werden wie im Pleistozän (2,6 Millionen bis 12.000 Jahre vor unserer Zeit). Damals rückten Gebirgsgletscher teils mehrfach weit in das Alpenvorland vor, trugen dabei stellenweise die Gesteine unterhalb der Gletscherbasis ab und luden ihre Materialfracht woanders wieder ab. Auch für die Zukunft rechnet das Forscher-Team der BGR in Süddeutschland, vor allem am Alpenrand, mit nennenswerter glazialer Tiefenerosion. Für die Vergletscherungen des Schwarzwalds und des Bayerischen Walds wird von keiner bedeutenden glazialen Tiefenerosion ausgegangen. Für ihre Studie wählten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der BGR daher ein Arbeitsgebiet aus, das der maximalen



Verteilung der Differenzbeträge [m] zwischen der präglazialen Bezugsfläche und der Quartärbasis (Projekt GeoMol/ LGRB). Die Lücken in dem Rasterdatensatz stellen Gebiete ohne Quartär dar. Hintergrund: Gewässer der DTK200 (BKG).



Ausgewählte Eisrandlagen der Hauptvergleichsungen nach unterschiedlichen Autoren. Hintergrund: DGM50 und Gewässer der DTK200 (BKG).

Ausdehnung der nordalpinen Vereisung entsprach. Das Ziel ihres Projektes bestand darin, alle tiefgreifenden Erosionsstrukturen zu finden, die während vergangener Eiszeiten durch Gletscher entstanden waren, und die maximale Erosionstiefe zu kalkulieren.

„Gletschererosion kann langgestreckte Rinnen hinterlassen, manchmal aber auch breitere und kürzere Strukturen“, berichtet Bebiolka. So wurde das gesamte Spektrum möglicher Formen in die Untersuchung einbezogen. Da sich die Vertiefungen beim Abschmelzen der Gletscher wieder mit Sediment füllen, sind sie häufig an der Erdoberfläche nicht direkt zu erkennen. Anhand von Daten der Geologischen Landesämter Baden-Württembergs und Bayerns konnte das BGR-Team auch solche verborgenen Strukturen finden. Um anschließend abzuschätzen, wie tief die Gletscher das Gestein regional abgetragen hatten, mussten sie die Höhenlage der Landoberfläche vor der ältesten Vergletscherung rekonstruieren. Das Ergebnis der Studie: „Im baden-württembergischen Teil des Untersuchungsge-

bietes traten lokal Erosionsbeträge von mindestens 830 Metern für drei Vergletscherungen auf. Während einer einzelnen Eiszeit trugen die Gletscher lokal bis zu 435 Meter Gestein ab.

Höhere Beträge sind nach Ansicht der BGR nicht auszuschließen. Erosionsprozesse durch Rinnenbildung könnten die Langzeitsicherheit eines möglichen Endlagers in Süddeutschland beeinflussen und müssten deshalb bei der Endlagersuche gemäß Standortauswahlgesetz berücksichtigt werden.

**KONTAKT:**

**Anke Bebiolka**  
AnkeChristina.Bebiolka@bgr.de



**Projekt:** Pleistozäne übertiefte Strukturen und ihre Bedeutung für die Langzeitsicherheit möglicher Endlagerstandorte in Süddeutschland





Geophysikalische Messungen im Felslabor Mont Terri in der Schweiz.

## MIT GEOPHYSIK DAS GESTEIN DURCHLEUCHTEN

Forschungsarbeiten der BGR machen Strukturen unter Tage sichtbar

Ob es um Hydrogeologie geht, um Gebirgsmechanik oder um die Erkundung eines Endlagers für radioaktive Abfälle: Die BGR hat die richtige Methode parat, um den Untergrund zu durchleuchten. Die Forscherinnen und Forscher setzen mehrere geophysikalische Verfahren ein. Damit können sie die Eigenschaften von Gesteinen direkt vor Ort („in situ“) charakterisieren.

Vor der Hacke ist es duster, sagen Bergleute gerne. Damit meinen sie, dass beim Bohren oder Graben in der Tiefe immer wieder Überraschungen zum Vorschein kommen. Ganz richtig ist die alte Weisheit freilich nicht mehr. Denn seit einiger Zeit existieren geophysikalische Verfahren, mit denen sich der Untergrund von außen gleichsam durchleuchten lässt. An der BGR entwickelt der Arbeitsbereich „Geophysikalische Standorterkundung“ die Verfahren seit Jahrzehnten kontinuierlich weiter.

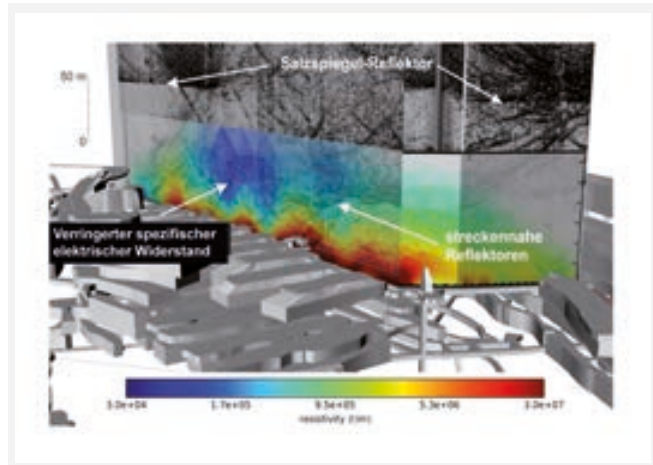
„Wir setzen im Wesentlichen vier Methoden ein und sind teilweise weltweit führend“, berichtet Dr. Kristof Schuster. Der Geophysiker und seine Kolleginnen und Kollegen setzen unter anderem elektromagnetische Reflexionsverfahren (abgekürzt EMR) ein. „Dabei schicken wir elektro-

magnetische Pulse ins Gebirge und fangen deren Reflexionen wieder auf“, erläutert Schuster. Die Signale werden da reflektiert, wo sich dielektrische Eigenschaften des Gesteins ändern, etwa an Schichtgrenzen innerhalb eines Salzstocks. Auf diese Weise lassen sich verborgene innere Strukturen sichtbar machen.

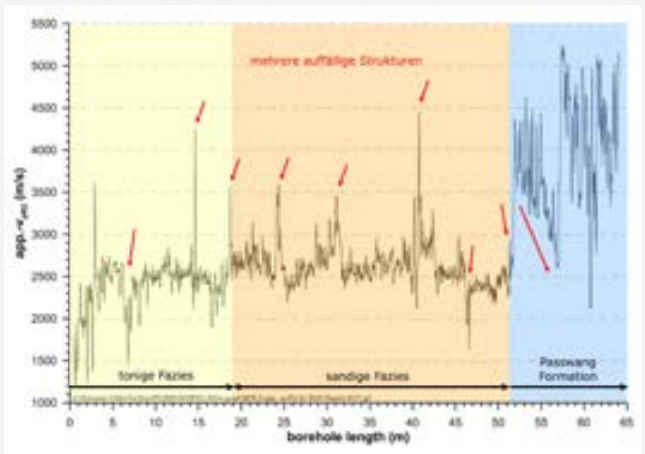
Die BGR ist außerdem auf Miniseismik, Geoelektrik und Temperaturmessungen spezialisiert. „Wir können von Bohrungen aus messen, aber auch völlig zerstörungsfreie Untersuchungen durchführen, zum Beispiel von Tunnelwänden aus“, berichtet Schuster. Das BGR-Team ist in mehreren nationalen und internationalen Untertage-Forschungslaboratorien aktiv.



Elektromagnetisches Reflexionsverfahren der BGR zur Erkundung einer Salzstruktur.



Kombinierte Interpretation von Ergebnissen elektromagnetischer Reflexions- und Geoelektrik-Messungen im ERA Morsleben.



Die scheinbare P-Wellengeschwindigkeitsverteilung in einer für die Erweiterung des Mont Terri Felslabors erstellten Bohrung zeigt eine deutliche Differenzierung des Opalinustons.

Im Endlager für radioaktive Abfallstoffe (ERA) Morsleben hat das Team um Schuster beispielsweise EMR-Messungen mit geoelektrischen Methoden kombiniert. „Die Eindringtiefe der EMR-Signale ist sehr stark vom elektrischen Widerstand des Gesteins abhängig. Dieser Parameter kann wiederum durch die Geoelektrik bestimmt werden“, erläutert Schuster. In Morsleben untersuchte die BGR einen Streckenabschnitt, in dem die EMR-Signale stellenweise kaum ins Gestein eindringen konnten. Die Geoelektrik-Messungen zeigten, dass sich dort Material mit verringertem spezifischem elektrischem Widerstand befindet.

Ungewöhnlich niedrige Temperaturen entdeckte das BGR-Team im Salzstock Gorleben, der mehrere Jahrzehnte – mit Unterbrechungen – auf seine Eignung als Endlager für radioaktive Abfälle erkundet wurde. „Wir haben spezielle Sonden für trockene und fluidgefüllte Bohrungen entwickelt, um hochauflösende Temperaturmessungen durchzuführen“, sagt Schuster. Die Messungen können zum einen den Ausgangszustand eines potenziellen Endlagers dokumentieren, zum anderen

Messwerte für Modellrechnungen liefern, etwa zum Nachweis der Langzeitsicherheit. In Gorleben ermittelte das Team etwa auf halber Strecke einer 160 Meter langen Horizontalbohrung Temperaturen um 33 Grad Celsius. Erwartet hatten die Forscherinnen und Forscher dort 37 Grad. Modellierungen bestätigten den Verdacht des Teams: Tiefer liegende, mit Frischluft versorgte Tunnelabschnitte kühlen dort das Gestein.

Im Felslabor Mont Terri, das demnächst erweitert werden soll, führte die BGR im Frühjahr 2017 geophysikalische Messungen in drei Bohrungen durch. „Mit unserer selbst entwickelten 8-Kanal-Ultraschall-Sonde konnten wir wichtige Gesteinsparameter sehr hochauflösend messen“, so Schuster. Die Ergebnisse erlaubten es beispielsweise, zwischen zwei Typen des Opalinustons und einer anschließenden Gesteinsformation zu unterscheiden. Bei den Messungen fielen auch mehrere anomale Bereiche auf, in denen die Materialeigenschaften stark schwankten. „Bevor die neuen Tunnel gebohrt werden, müssen diese Bereiche noch genauer untersucht werden“, so Schuster.

**KONTAKT:**

**Dr. Kristof Schuster**  
Kristof.Schuster@bgr.de



**Projekt:** Arbeitsbereich „Geophysikalische Standorterkundung“



## DIE ROLLE VON ORGANISCHEM MATERIAL IM ENDLAGER-WIRTSGESTEIN

Wie Kohlenwasserstoffe in Ton oder Salz auf Hitze und Strahlung reagieren

Ton und Salz kommen als mögliche Wirtsgesteine für ein Endlager für radioaktive Abfälle in Frage. Da die Gesteine geringe Mengen organischen Materials enthalten, können chemische Reaktionen dieser kohlenstoffhaltigen Substanzen die Prozesse in einem Endlager beeinflussen. Untersuchungen in der BGR sollen klären, welche Folgen das hat.



Ein Hochdruckreaktorsystem mit daran angeschlossenen Analysegeräten zur Untersuchung der Umwandlung organischen Materials in Gesteinskernen.

Organische Verbindungen sind nicht besonders hitzebeständig. Bei Temperaturen oberhalb von 100 Grad Celsius zerbrechen manche Bindungen innerhalb der kohlenstoffhaltigen Moleküle, die Substanzen zersetzen sich. Auch ionisierende Strahlung kann organische Stoffe zerstören. Als Resultat entstehen Gase wie Wasserstoff, Methan, Kohlenstoffmonoxid oder -dioxid sowie flüssige, zum Teil wasserlösliche Verbindungen.

„Wir untersuchen derzeit, wie sich organisches Material im Wirtsgestein verhält, wenn es Hitze oder ionisierender Strahlung ausgesetzt wird“, berichtet der Geochemiker Dr. Christian Ostertag-Henning von der BGR.

Solche Experimente sind wichtig, um einzelne Aspekte der Sicherheit eines zukünftigen Endlagers beurteilen zu können. Denn durch die Zersetzung organischen Materials könnte zum Beispiel der Druck im Porenraum des Einlagerungsbereiches steigen. Es ist auch möglich, dass die Reaktionsprodukte Minerale im Wirtsgestein auflösen oder neue Minerale bilden. Andererseits könnten Radionuklide an dem veränderten organischen Material hängen bleiben.

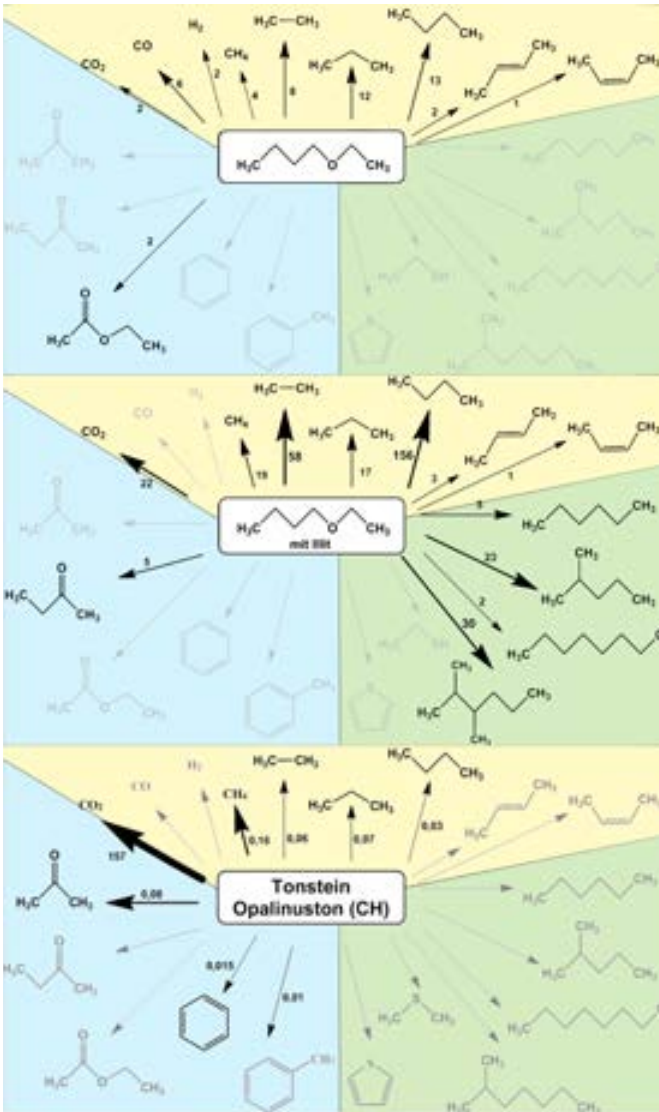
„Wir führen unsere Experimente im Labor in Hannover durch und ergänzen sie durch Analysen von Experimenten im Schweizer Felslabor Mont Terri“, sagt Ostertag-Henning. Das BGR-Team arbeitet dabei mit internationalen Partnern zusammen. Die Forscherinnen und Forscher erwärmen ihre Proben in Hochdruckreaktoren und analysieren anschließend die Reaktionsprodukte.

„Da in den meisten Gesteinen nur sehr wenig organisches Material vorkommt, führen wir zusätzlich Versuche mit isolierten organischen Verbindungen durch“, erläutert der BGR-Forscher. Diese sogenannten Modellverbindungen repräsentieren wichtige Bestandteile des komplexen organischen Materials aus den Wirtsgesteinen. Anhand der Experimente können die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einzelne chemischen Reaktionen detailliert beschreiben.

In einer Untersuchung verglich das Forscher-Team drei verschiedene Fälle: Es erwärmte eine isolierte organische Modellverbindung und außerdem eine Mischung dieser Modellverbindung mit dem Tonmineral Illit. Schließlich



Die aus organischem Material gebildeten Produkte werden in drei Gruppen eingeteilt, die gasförmigen (gelb hinterlegt), die wasserlöslichen (blau hinterlegt), und die schlecht wasserlöslichen (grün hinterlegt) Verbindungen.



Beispielhafte Darstellung ausgewählter Verbindungen, die bei der thermischen Umwandlung von organischen Modellverbindungen (oben), auch in Mischung mit einem Tonmineral Illit (Mitte) oder aus einem natürlichen Tonstein (Opalinuston aus dem Untertagelabor Mont Terri) freigesetzt werden. Die Zahlen geben relative Mengen an.

dass man nicht nur isolierte organische Modellverbindungen betrachten darf“, betont Ostertag-Henning. Kohlendioxid ist für ein Endlager weniger kritisch als etwa der reaktionsfreudige Wasserstoff, weil es sich im Gestein unter bestimmten Voraussetzungen nach und nach in feste Karbonatminerale umwandeln kann.

Die Experimente ergaben auch, dass sich organisches Material in Anwesenheit von Mineralen nicht nur zersetzt, sondern teilweise auch in größere, teerartige Moleküle umwandelt. Diese Stoffe könnten Radionuklide an sich binden und somit verhindern, dass sie im Gestein weitertransportiert werden.

In Zukunft will das BGR-Team auch mit Gesteinen aus Untertagelaboren in Belgien und Frankreich experimentieren. Außerdem ist geplant, den Einfluss ionisierender Strahlung auf organisches Material genauer zu untersuchen. Ostertag-Henning: „Erste Ergebnisse zeigen, dass sich die Gasbildung durch die Strahlung zwar verstärkt, aber insgesamt sehr gering bleibt.“

wurde noch der „Opalinuston“ aus dem schweizerischen Untertagelabor Mont Terri aufgeheizt, in dem sich ebenfalls organisches Material befindet. Das Ergebnis: Bei den Experimenten mit den isolierten Verbindungen entstanden typischerweise Reaktionsprodukte wie Wasserstoff oder Kohlenmonoxid. In Anwesenheit von Tonmineralen oder im Gestein bildete sich stattdessen vor allem Kohlendioxid. „Der Vergleich macht deutlich,

#### KONTAKT:

**Dr. Christian Ostertag-Henning**  
Christian.Ostertag-Henning@bgr.de



**Projekt:** Untersuchung: Stabilität organischen Materials nahe radioaktivem Material



## GEOLOGISCHES 3D-PUZZLE

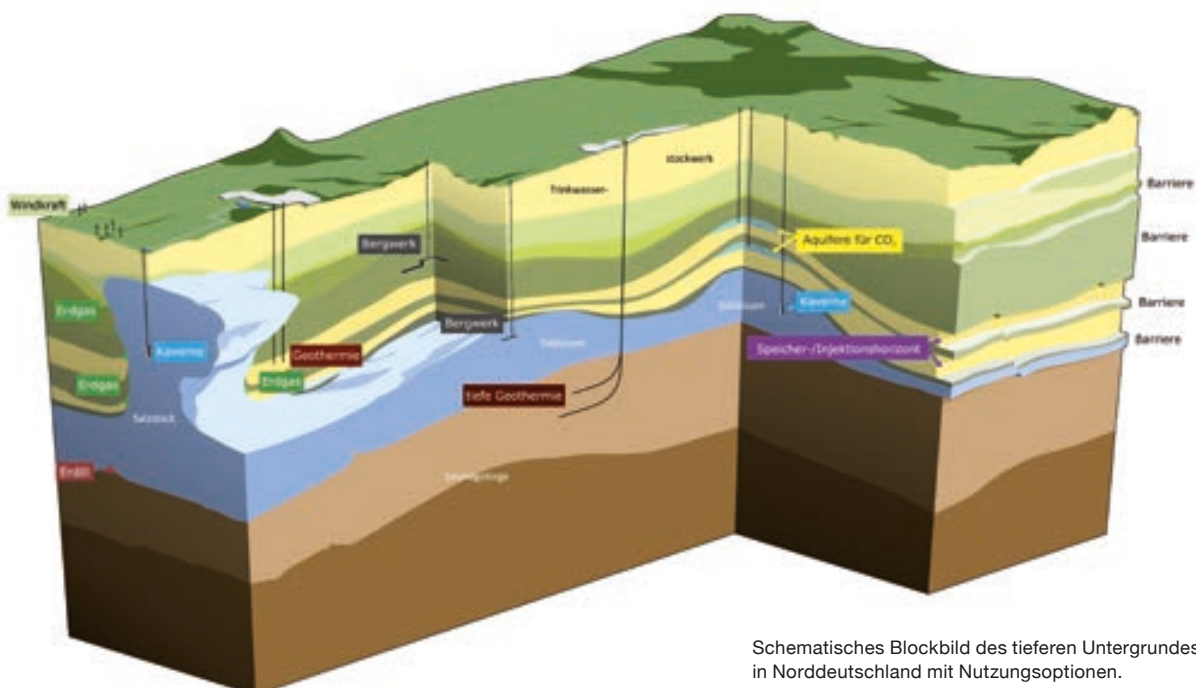
Digitales Modell vom Norddeutschen Becken ist in Arbeit

Behörden benötigen ein dreidimensionales geologisches Strukturmodell des Untergrundes in Norddeutschland. Denn die Gesteine des Norddeutschen Beckens werden in Zukunft vermehrt als Energiespeicher und auch als Energiequelle genutzt werden. Zusammen mit den geologischen Diensten von fünf Bundesländern erarbeitet die BGR derzeit ein solches digitales Modell.

In den Erdzeitaltern vom Perm bis in das Oligozän (vor 296 Millionen bis 24 Millionen Jahren) unterlag das heutige Norddeutschland einer wechselvollen Geschichte, darunter immer wieder Phasen, in denen für viele Jahrmillionen die Erdoberfläche unter Wasser lag. Mehrere tausend Meter mächtige Sedimentschichten, die heute das Norddeutsche Becken prägen, sind aus dieser langen Entwicklungsgeschichte überliefert. Die Gesteinslagen sind freilich nicht überall eben übereinander gestapelt wie in einem Schichtkuchen, sondern vielfach verfault und von Störungen durchzogen. Zahllose Salzstrukturen wölben sich nach oben und durchbrechen teilweise höher gelegene Schichten. Gesteinshorizonte, die in gleichen Zeitabschnitten abgelagert wurden, ähneln eher einem zerknitterten Blatt Papier als einer glatten Fläche.

Dem tiefen geologischen Untergrund Norddeutschlands kommt bei der Energieversorgung eine große Bedeutung zu. Schon jetzt liefert er Erdöl, Erdgas und Kohle, werden Gase zur Bevorratung temporär gespeichert. „Im Zuge der Energiewende kommen weitere Nutzungsmöglichkeiten hinzu“, sagt Dr. Gabriela von Goerne, Arbeitsbereichsleiterin Untergrundmodelle in der BGR. Das Norddeutsche Becken hat beispielsweise ein großes Potenzial für Geothermie. Unterirdische Speicher könnten außerdem überschüssige Energie aufnehmen, die von Windkraft- und Solaranlagen produziert wird.

Auf die zuständigen Staatlichen Geologischen Dienste (SGD) kommen nun viele neue Fragen zu. Eine Herausforderung besteht darin, dass verschiedene Nutzungs-



Schematisches Blockbild des tieferen Untergrundes in Norddeutschland mit Nutzungsoptionen.



Im Pilotgebiet für das digitale Modell im TUNB-Projekt harmonisieren fünf Bundesländer ihre Daten zum Untergrund.

möglichkeiten miteinander konkurrieren. In Salzkavernen kann Energie zum Beispiel in Form von Erdgas oder Druckluft gespeichert werden, Porenspeicher – meist ausgedehnte Sandstein-Formationen – können ebenfalls Erdgas speichern, aber auch CO<sub>2</sub> aus Industrieanlagen aufnehmen oder Erdwärme bereitstellen. „Um alle Optionen bestmöglich nutzen zu können, muss der unterirdische Raum systematisch erkundet werden“, erklärt von Goerne.

Sie und ihre Kolleginnen und Kollegen arbeiten daher daran, gemeinsam mit den geologischen Diensten von Schleswig Holstein, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Sachsen-Anhalt ein überregionales, geologisches 3D-Modell zu erstellen. „Die geologischen Dienste der Bundesländer erarbeiten jeweils ein Teilmodell für ihr Landesgebiet, die BGR befasst sich mit dem deutschen Nordsee-Sektor und fügt die Teilmodelle zu einem Gesamtmodell zusammen“, erläutert von Goerne.

Für das Modell werten die Forscherinnen und Forscher alle bekannten Daten zur Strukturgeologie aus und tragen Informationen aus Tiefbohrungen, seismischen Messungen und Kartenwerken zusammen. Teilweise werden auch neue Daten erhoben, etwa in der Ostsee. „Datenbasis, Datendichte und Datenqualität sind sehr heterogen. Daher ist es sehr wichtig, die Modellierungsschritte zwischen allen Partnern abzustimmen und zu harmonisieren“, betont Stefan Knopf, Geowissenschaftler in der BGR. Um die Harmonisierung zu

testen, hat das Team eine 7800 Quadratkilometer große Pilotregion entlang der früheren innerdeutschen Grenze ausgewählt, die alle beteiligten Bundesländer erfasst.

„Das Modell der Pilotregion umfasst 16 Horizonte, 24 Salzstrukturen und mehr als 200 Störungen“, beschreibt Knopf die komplexe Materie. Die Pilotregion bildet das erste Puzzlestück des Modells. Ausgehend von dieser Basis will das Team weitere Kacheln modellieren und aneinander anpassen. Insgesamt soll das Modell 13 so genannte Basisflächen enthalten, also Gesteinseinheiten abbilden, die zwischen den Erdzeitaltern Perm und Oligozän im Norddeutschen Becken abgelagert wurden. Salzstrukturen und Störungen werden ebenfalls erfasst. Das fertige 3D-Modell soll am Ende allen Interessierten in einer Webanwendung zur Verfügung stehen.

**KONTAKT:**



**Dr. Gabriela von Goerne**  
Gabriela.vonGoerne@bgr.de



**Stefan Knopf**  
Stefan.Knopf@bgr.de

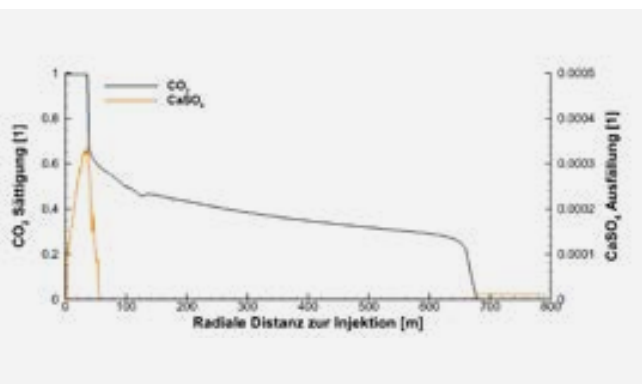
**Projekt:** Potenziale des unterirdischen Speicher- und Wirtschaftsraumes im Norddeutschen Becken



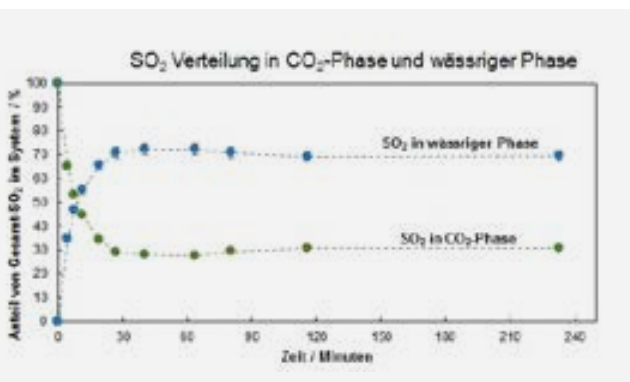
## REAKTIONEN UNTER HOCHDRUCK

### Wie sich Begleitstoffe in CO<sub>2</sub>-Speichern verteilen

Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), das aus den Abgasen von Kraftwerken oder Industrieanlagen abgeschieden wird, enthält meist geringe Mengen so genannter Begleitstoffe, etwa Schwefeloxide oder Stickoxide. Wie diese Substanzen die Eigenschaften von unterirdischen CO<sub>2</sub>-Speichern beeinflussen, untersuchen Forscherinnen und Forscher der BGR im Verbundprojekt CLUSTER.



Räumliche Ausbreitung von CO<sub>2</sub> (ca. 680 m) im Vergleich zu der Ausfällung von CaSO<sub>4</sub> (ca. 60 m) als Maß für die Ausbreitung von SO<sub>2</sub> im salinaren Aquifer nach einem Simulationszeitraum von einem Jahr.

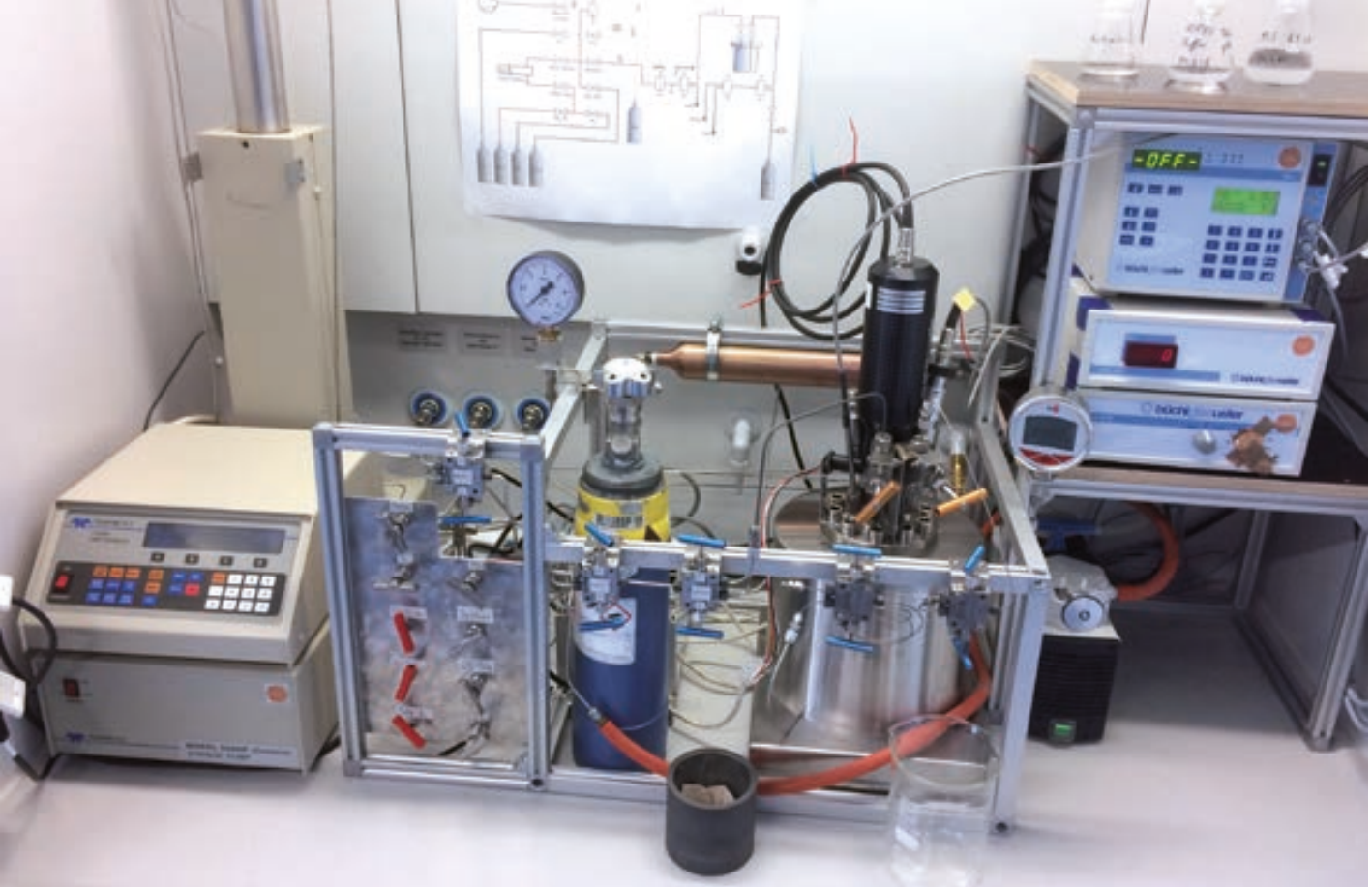


Einlösung von SO<sub>2</sub> aus einer CO<sub>2</sub>-Phase in eine wässrige Phase bei Druck- und Temperaturbedingungen, die typisch für einen geologischen Speicher sind (160 bar, 60 °C).

Die Bundesregierung will die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 um mindestens 80 Prozent senken. Um dieses Ziel zu erreichen, wird erwogen, CO<sub>2</sub> aus den Abgasen von fossil befeuerten Kraftwerken, Stahl- oder Zementwerken abzuscheiden und in tiefen geologischen Formationen zu speichern. Ein Konzept besteht darin, die CO<sub>2</sub>-Ströme benachbarter Industrieanlagen für den Transport zusammenzufassen und anschließend in den Untergrund zu injizieren. Als Speicher kommen vor allem erschöpfte Erdgasfelder und tiefe, Salzwasser führende Gesteinsschichten in Frage.

Das abgeschiedene CO<sub>2</sub> ist in der Regel nicht rein, sondern enthält, je nach Industriezweig, unterschiedliche Begleitstoffe. Bislang ist unklar, unter welchen Bedingungen sich die verschiedenen CO<sub>2</sub>-Ströme für den Transport und die Speicherung zusammenfassen lassen. Ein BGR-Team untersucht derzeit, wie unterschiedliche Begleitstoffe die geochemischen Reaktionen im Speicher beeinflussen und wie sich dadurch die Gesteinseigenschaften verändern. „Um diese Veränderungen vorherzusagen zu können, müssen wir verstehen, wie sich die Begleitstoffe im Speicher ausbreiten“, so der Geochemiker Dr. Sebastian Fischer.

Das BGR-Team bearbeitet im Projekt CLUSTER die Wechselwirkungen zwischen dem salzigen Formationswasser und dem Gestein im Speicher in Abhängigkeit von der Zusammensetzung des CO<sub>2</sub>-Stroms. „Uns interessiert besonders, wie sich die Gesteinseigenschaften Porosität und Permeabilität verändern. Beide Kriterien entscheiden darüber, wie gut sich das CO<sub>2</sub> im Untergrund verteilen kann“, sagt BGR-Forscher Dr. Christian Ostertag-Henning. Die Wissenschaftlerinnen und Wis-



Experimentelles System zur Untersuchung der Einlösungsreaktion von  $\text{SO}_2$  aus der  $\text{CO}_2$ -Phase in Wasser. Links ist der mit fluidalem  $\text{CO}_2$  gefüllte Druckerzeuger zu sehen, daneben die Ventilschaltungen für die Druckbeaufschlagung auch aus der  $\text{SO}_2$ -Gasflasche, sowie der Titan-Hochdruckreaktor mit dem Rührwerk. Rechts im Bild die über einen Computer gesteuerten Controller für Druck- und Temperaturprogramme im Reaktor.

senschaftler untersuchen in Experimenten und Modellberechnungen, welche Prozesse in unterschiedlichen Entfernungen von der Injektionsbohrung auftreten.

„Eine der zentralen Fragen ist, wieviel von welchem Begleitstoff zu welcher Zeit wo im Speicher zu finden ist“, betont Ostertag-Henning. Um das zu klären, untersucht das Team zum Beispiel, wie schnell sich das  $\text{CO}_2$  im Untergrund ausbreitet und wie sich die Begleitstoffe innerhalb der  $\text{CO}_2$ -Phase verhalten. Außerdem müssen die Forscherinnen und Forscher verstehen, wie die Begleitstoffe in das Formationswasser gelangen und dort geochemische Reaktionen beeinflussen.

Im Detail hat das Team untersucht, wie schnell sich Schwefeldioxid aus dem  $\text{CO}_2$ -Strom in wässrigen Lösungen einlöst und welche Schwefelverbindungen dabei entstehen. Dafür führte es Experimente in speziellen Titanreaktoren zum Beispiel bei 60 Grad Celsius und 160 bar durch. „Dies sind Druck- und Temperaturbedingungen, wie sie in einem geologischen Speicher angetroffen werden können“, so Ostertag-Henning.

„Geochemische Modellberechnungen zeigen, dass die Begleitstoffe in dem betrachteten Szenario kaum mit

den Mineralen im Speicher reagieren“, sagt Fischer und erklärt: „Bei den niedrigen Begleitstoffkonzentrationen, die im Abgas von Kraftwerken oder Industrieanlagen zu erwarten sind, ändern sich in den bislang betrachteten Szenarien die Porositäten des Speichergesteins nicht in einem geotechnisch relevanten Ausmaß.“

**KONTAKT:**

**Dr. Sebastian Fischer**  
Sebastian.Fischer@bgr.de



**Dr. Christian Ostertag-Henning**  
Christian.Ostertag-Henning@bgr.de



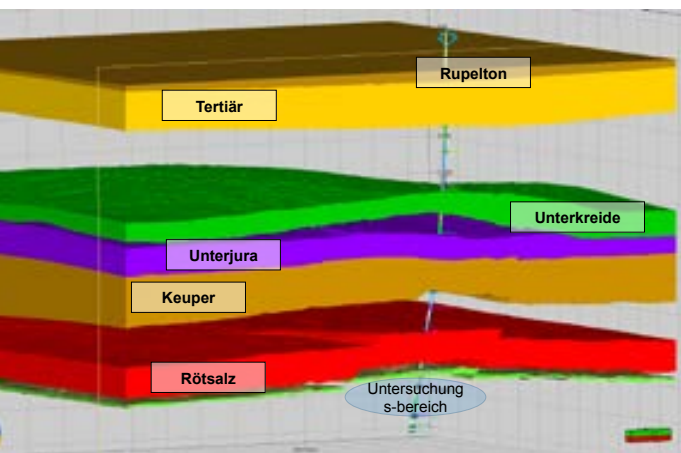
**Projekt:** CLUSTER – Auswirkungen der Begleitstoffe in den abge-schiedenen  $\text{CO}_2$ -Strömen unterschiedlicher Emittenten eines regionalen Clusters auf Transport, Injektion und Speicherung



## TESTS IM MITTLEREN BUNTSANDSTEIN

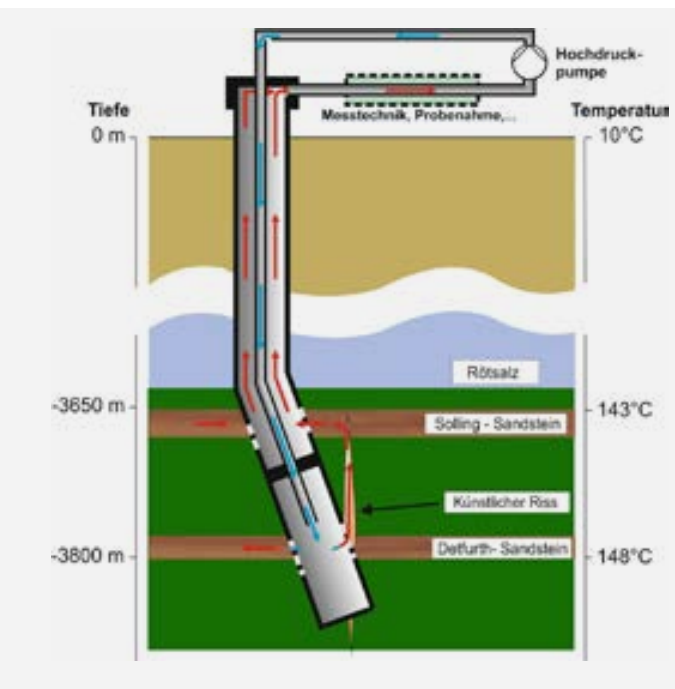
### Bohrung Horstberg ist wieder in Betrieb

Sechs Jahre lang stand die Geothermie-Bohrung Horstberg Z1 in der Nähe des niedersächsischen Örtchens Dreilingen (Landkreis Uelzen) still. Im Jahr 2016 hat die BGR den Bohrplatz saniert und die Bohrung wieder in Betrieb genommen. Nun soll die seinerzeit künstlich geschaffene Rissfläche im Untergrund genau charakterisiert werden.



Einen entsprechenden Genehmigungsantrag hat die BGR im April 2017 beim Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) in Hannover eingereicht. „Wir wollen langfristige Zirkulationstests mit unterschiedlichen Fließraten und auf unterschiedlichen Druckniveaus durchführen“, erläutert Dr. Torsten Tischner. Er und seine Kolleginnen und Kollegen wollen zeigen, dass auch aus gering durchlässigen Sandstein-Schichten, wie sie in Norddeutschland typisch sind, Erdwärme gefördert werden kann.

Zu diesem Zweck nutzt die BGR seit 2003 die ehemalige Erdgasbohrung Horstberg Z1. Sie liegt etwa 80 Kilometer nordöstlich von Hannover und dient als Forschungsplattform, um verschiedene geothermische Nutzungskonzepte zu testen. Geeignete Temperaturen für die geothermische Energieerzeugung finden sich in rund 3800 Metern Tiefe. Die dortigen Schichten des Mittleren Buntsandsteins aus dem Erdzeitalter Trias weisen jedoch eine sehr geringe Durchlässigkeit auf. 2003 führte die BGR daher eine hydraulische Stimulation durch. Um eine künstliche Rissfläche zu schaffen, wurden etwa 20.000 Kubikmeter Frischwasser ohne Zusatzstoffe in den Detfurth-Sandstein injiziert, eine rund 14 Meter dicke Sandsteinschicht 3800 Meter unter der Oberfläche. Dabei entstand eine mehrere hundert Meter lange, künstliche Rissfläche, die den Detfurth-Sandstein mit dem gut hundert Meter höher liegenden Solling-Sandstein verbindet.



Oben: Veranschaulichung des Untersuchungs-bereichs und überlagernde Barrierschichten (dominiert durch Tonstein bzw. Salz).

Unten: Schema der geplanten Einbohrlochzirkulation über einen künstlichen Riss zwischen zwei Sandsteinen.

„Nachfolgende hydraulische Tests zeigten, dass der geschaffene Riss in einem großen Teilbereich eine sehr gute hydraulische Leitfähigkeit aufweist“, berichtet Tischner. Die BGR testete bis 2009 zwei unterschiedliche Nutzungskonzepte: Zum einen das zyklische Verfahren,



Bohrplatz (oben links) und Aufsicht auf den Bohrplatz (oben rechts).

Lage der Bohrung (roter Kreis) auf der geotektonischen Karte.

bei dem Wasser abwechselnd eingepresst und wieder gefördert wird, und die Einbohrlochzirkulation, bei der kontinuierlich injiziert und gefördert wird. „In beiden Fällen fließt das Thermalwasser durch den künstlich geschaffenen Riss, der gleichzeitig als Wärmetauscher dient“, sagt Tischner. Die guten Ergebnisse der ersten Versuche bildeten die Basis für das GeneSys-Projekt in Hannover, das im Jahr 2009 begonnen hatte.

Seit 2016 ist die BGR wieder in Horstberg aktiv. Als erstes wurde der Bohrplatz saniert, um ihn neuen gesetzlichen Bestimmungen anzupassen. Nach der Genehmigung durch das LBEG fanden im Dezember 2016 erste Fördertests statt. Als nächstes plant die BGR Zirkulationstests mit dem Einbohrlochverfahren. Das kalte Wasser soll in den Detfurth-Sandstein injiziert werden, das erwärmte Wasser aus dem Solling-Sandstein gefördert werden. Die Forscherinnen und Forscher peilen eine Förderrate zwischen einem und zehn Litern pro Sekunde an. „Um den möglichen Energieertrag besser abschätzen zu können, müssen wir die Rissfläche aber zunächst genauer charakterisieren“, sagt Tischner. Zu den

geplanten Untersuchungen zählen beispielsweise so genannte Tracer-Experimente, bei denen die Ausbreitung des Wassers anhand von Spurenstoffen verfolgt wird. Außerdem will das Forscher-Team das Spannungsfeld im Gebirge bestimmen und herausfinden, wie stabil die Risse sind. Numerische Modellierungen vervollständigen das Forschungsprogramm.

Während der gesamten Projektphase überwacht die BGR sowohl das Grundwasser als auch seismische Erschütterungen. Auf Bürgerveranstaltungen informiert die BGR außerdem regelmäßig über das Vorhaben. Die Hoffnung von Anwohnerinnen und Anwohnern, die geförderte Erdwärme könne zum Heizen verwendet werden, musste das Forscher-Team enttäuschen: Weil es sich um ein Forschungsprojekt handelt, ist das nicht möglich.

**KONTAKT:**



**Dr. Torsten Tischner**  
Torsten.Tischner@bgr.de

**Projekt:** Geothermie-Bohrung Horstberg Z1



## KEINE RESERVEN, ABER RESSOURCEN

Studie im Auftrag der BGR weist für Länder am Horn von Afrika Kohlenwasserstoff-Potenziale in der Größenordnung Kuweits aus

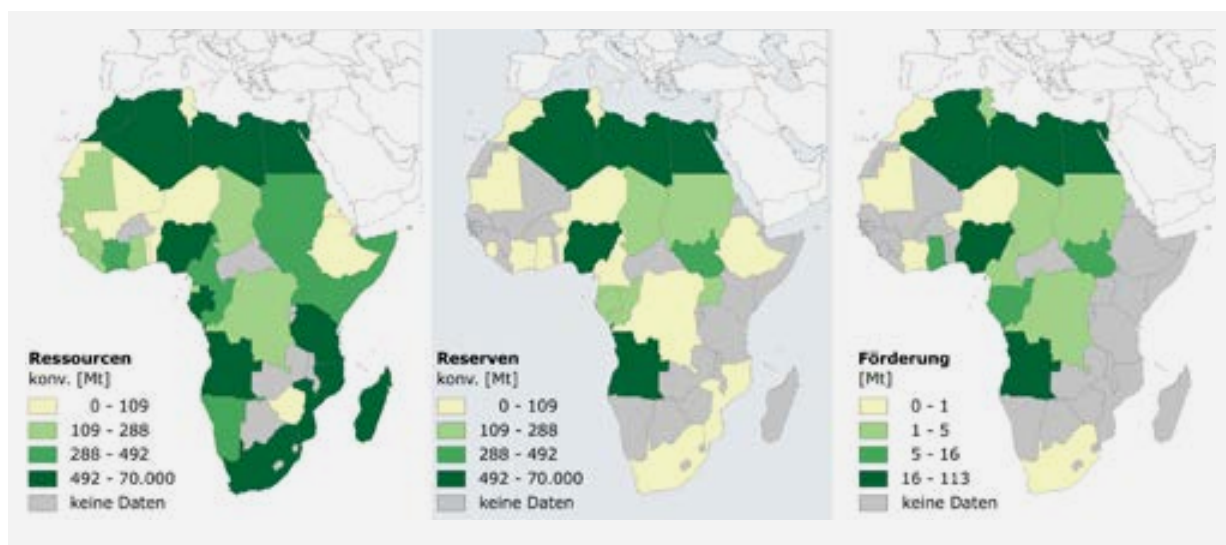
Wenig hoffig für Erdöl und Erdgas – so lautete lange das Urteil von Rohstoffexperten über Ostafrika. Doch vor rund zehn Jahren wurden in Uganda, Mosambik und Tansania größere Vorkommen entdeckt. Seither ist auch das Interesse an den Ländern am Horn von Afrika gewachsen. Die Firma Falcon-Geoconsulting hat im Auftrag der BGR die Kohlenwasserstoff-Potenziale in Äthiopien, Dschibuti, Eritrea, Somalia und Kenia ermittelt.

„Die Region gehört zu den ärmsten der Welt und hat einen großen Nachholbedarf, was die Energieinfrastruktur angeht“, sagt Dr. Harald Andruleit von der BGR. Theoretisch könnten die fünf Länder die großen geothermischen Reserven des ostafrikanischen Grabenbruchs anzapfen, um Strom zu erzeugen. Doch auch Erdöl und Erdgas könnten die Entwicklung voran bringen. „Das Wirtschaftswachstum der Region ist hoch, was zu einem schnell steigenden Primärenergiebedarf führt“, erläutert Andruleit.

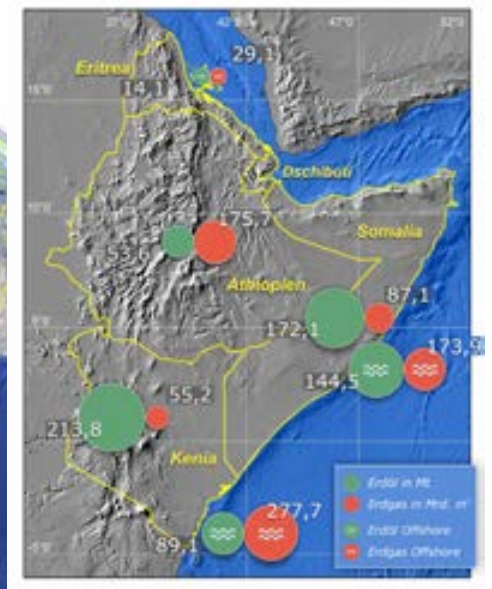
Um herauszufinden, welches Potenzial für Erdöl und Erdgas in der Region vorhanden ist, werteten die Experten von Falcon-Geoconsulting geologische Karten, Fachartikel, Berichte geologischer Dienste und Informationen von

Firmen aus. Sie erfassten etwa 350 Bohrungen und 750 mögliche Vorkommen. Anschließend analysierten sie 45 Sedimentbecken an Land und vor der ostafrikanischen Küste.

Produziert wird im Augenblick in keinem der fünf Länder, und auch Reserven – also nachgewiesene Vorkommen, die mit derzeitigen Mitteln wirtschaftlich gefördert werden können – gibt es am Horn von Afrika nicht. Ressourcen – momentan noch nicht wirtschaftlich gewinnbare Vorräte – sind aber durchaus vorhanden: Der Studie zufolge existiert ein Potenzial von insgesamt rund 687 Millionen Tonnen Erdölressourcen, der Großteil davon in Kenia und Somalia. Zum Vergleich: Die Erdölressourcen



Die bedeutendsten Erdölländer Afrikas nach Ressourcen, Reserven und Förderung (Datenstand 2015).



Die ermittelten Erdöl- und Erdgasressourcen.

Die Region am Horn von Afrika mit den untersuchten Ländern.

Kuwaits liegen bei etwa 700 Millionen Tonnen. „Diese Menge könnte den derzeitigen Erdölbedarf der Länder weit über hundert Jahre decken“, sagt Andruleit. Die Erdgasressourcen der Region liegen bei rund 800 Milliarden Kubikmetern und sind vergleichbar mit den Vorkommen Tunesiens. Die größten Vorräte sind vor den Küsten Somalias und Kenias zu erwarten. Ein weiteres Gebiet mit Potenzial ist das Ogaden-Becken im Südosten Äthiopiens.

Lediglich in Dschibuti sieht die Studie überhaupt kein Potenzial für Kohlenwasserstoffe: Die Untergrund-Temperaturen im tektonisch hochaktiven Afar-Dreieck sind so hoch, dass sich früher vorhandenes Erdöl und Erdgas bereits zersetzt haben dürften. Auch das benachbarte Eritrea weist der Studie zufolge nur geringe Potenziale auf. Die möglichen Ressourcen liegen alle vor der Küste. Doch die Geologie am Roten Meer ist kompliziert und es fehlt die Infrastruktur, um gefördertes Erdöl oder Erdgas zu transportieren.

Auch bei den anderen Ländern am Horn von Afrika wird nicht damit gerechnet, dass die möglichen Vorkommen an Land bald erschlossen werden. „Fehlende Infrastruktur und schwelende politische Konflikte schrecken mögliche Investoren ab“, sagt Andruleit. Anders ist die Situation vor der Küste: Die Offshore-Becken vor Kenia und Somalia im Indischen Ozean sind leichter zu erreichen und bergen womöglich reiche Schätze. Dort besteht laut Studie ein Potenzial für einzelne Riesenfelder – so genannte Giants.

**KONTAKT:**



**Dr. Harald Andruleit**  
Harald.Andruleit@bgr.de

**Projekt:**  
Studie: Erdöl- und Erdgas-Potenzial der Länder am Horn von Afrika



## TIEFE GRUNDWASSER-STOCKWERKE IM VISIER

Literaturstudie schafft Grundlagen zur Erkundung semi-fossiler Grundwasserleiter

Im Kalahari-Becken im Süden Afrikas befindet sich süßes Grundwasser unterhalb von salzigen Schichten. Forscherinnen und Forscher haben rekonstruiert, wie diese ungewöhnliche Konstellation zustande gekommen sein könnte. Es gibt Hinweise darauf, dass sich eine der uralten Wasser-Ressourcen langsam erneuert.

Als der Urkontinent Gondwana vor rund hundert Millionen Jahren zerbrach, veränderte sich auch der südliche Teil Afrikas. Die Kruste dehnte sich, und es entstand eine gewaltige, abflusslose Senke, die heute von Südafrika bis in den Norden Angolas reicht: das Kalahari-Becken. Es ist gefüllt mit mächtigen Sedimentschichten, die von Flüssen, Seen und Wind zusammengetragen wurden.

Schon seit rund 15 Jahren beschäftigen sich Forscherinnen und Forscher der BGR mit der komplexen Geologie des riesigen Beckens. Sie suchen vor allem im nördlichen Teil der Kalahari nach Grundwasser, das Menschen in der trockenen Grenzregion von Namibia, Angola, Sambia und Botswana versorgen könnte.

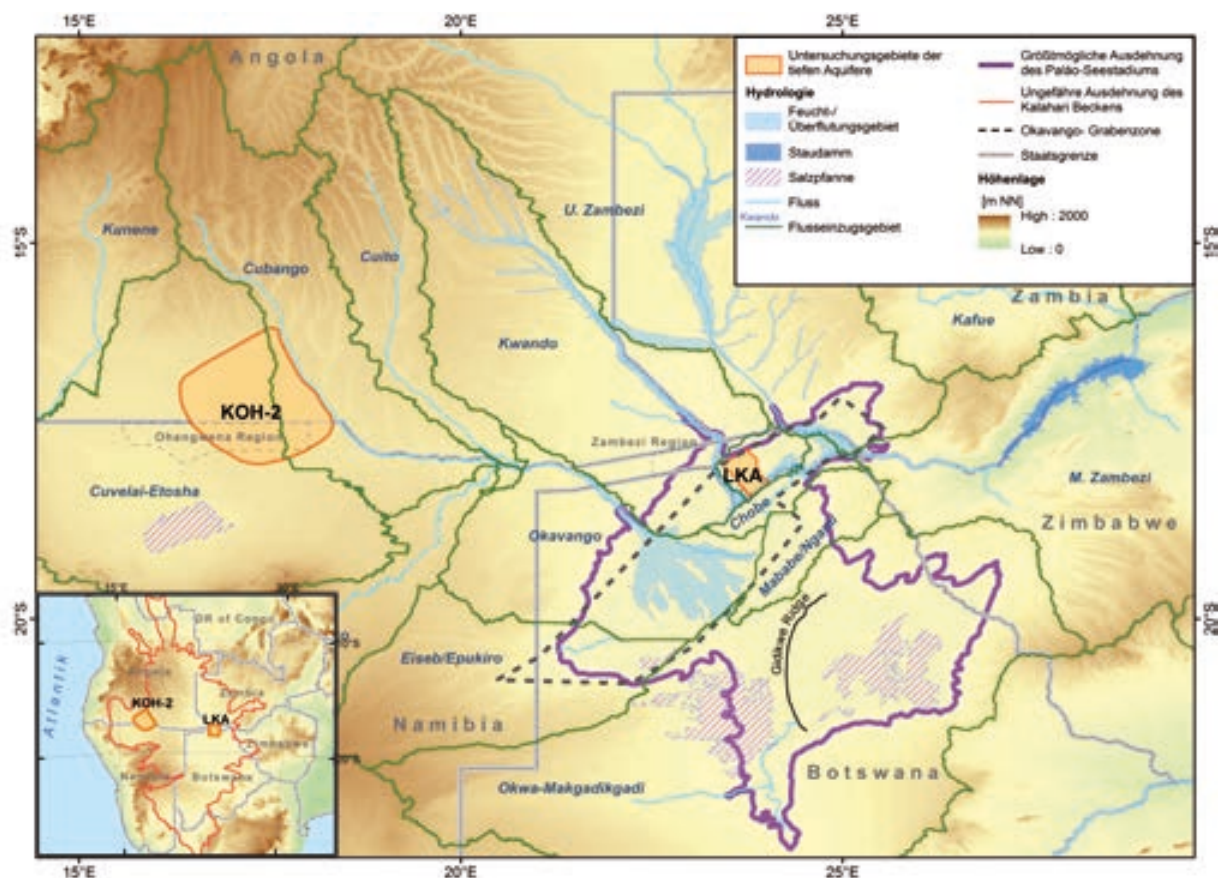
„Innerhalb der nördlichen Kalahari wurden in jüngster Zeit zwei tiefliegende Grundwasserleiter entdeckt“, berichtet BGR-Experte Dr. Roland Bäuml. Der eine

Grundwasserleiter (Ohangwena II-Aquifer, abgekürzt KOH-2) liegt etwa 200 bis 300 Meter tief und befindet sich im Grenzgebiet von Angola und Namibia. Der andere (Lower Kalahari Aquifer, abgekürzt LKA) ist kleiner und liegt in 120 bis 250 Meter Tiefe in der Sambesi-Region im Nordosten Namibias. „Diese beiden Aquifere weisen einen geringen Mineralgehalt auf, liegen aber unterhalb von salzigen, flachen Grundwasserleitern, die kaum als Trinkwasser genutzt werden können“, erläutert Bäuml. Neuere geophysikalische Messungen der BGR deuten darauf hin, dass auch unter Teilen des berühmten Okavango-Deltas ein ähnlicher hydrogeologischer Stockwerksaufbau existieren könnte.

Bäuml und Himmelsbach haben mehr als 200 Fachberichte u.a. zu den früheren Klimabedingungen in Afrika und zur Geologie des nördlichen Kalahari-Beckens ausge-



In der Region sind viele Menschen von oberflächennahen Grundwasservorkommen abhängig.



Die Untersuchungsgebiete im Kalaharibecken.

wertet. „Wir wollen zeigen, dass sich die Erkundung tiefer Grundwasserleiter verbessern lässt, wenn man verschiedene methodische Ansätze kombiniert“, so Himmelsbach. Er und Bäumle bezogen beispielsweise geophysikalische Messungen der BGR in die Studie ein, die in den letzten Jahren am Boden und vom Hubschrauber aus durchgeführt worden waren. Zudem werteten sie Fernerkundungsdaten, geochemische Untersuchungen und Isotopenmessungen aus, um die Entstehung der Grundwasserleiter zu verstehen.

Sie fanden heraus, dass der KOH-2-Aquifer vor allem im Bereich eines früheren Flussdeltas ausgeprägt ist. „Die weitere Erschließung dieses Aquifers sollte sich an den nachgewiesenen Strukturen dieses Paläo-Deltas ausrichten“, sagt Bäumle. Der LKA-Grundwasserleiter im Nordosten Namibias hingegen wird nach Meinung der beiden Forscher durch tektonische Aktivitäten kontrolliert, die bis heute andauern: Dort bildete sich vor Millionen von Jahren durch die Dehnung der Kruste eine Grabenstruktur. Im zentralen Teil des Gebietes senkte sich die wasserführende Sedimentschicht ab, woraufhin in der Senke eine Salzpfanne entstand, in der sich neue Sedimente ablagerten. Anfangs war der Aquifer daher mit Salzwasser gefüllt. „Dieser ursprünglich salzige Grundwasserkörper süßt aber seit dem Ende der Eiszeit offenbar langsam aus“, berichtet Bäumle. Die Forscher sehen Hinweise darauf, dass am

Rand des Grabens nach wie vor Süßwasser in den tiefen Grundwasserleiter eindringt – wenn auch sehr langsam.

Solche „semi-fossilen“ Grundwasserleiter entstanden zwar in feuchteren Klimaperioden, sind aber nicht völlig von Nachschub abgeschnitten und könnten daher nachhaltig genutzt werden. Himmelsbach betont: „Unsere Studie untermauert die Vermutung, dass sich noch weitere tiefe, semi-fossile Grundwasserleiter im südlichen Afrika finden lassen.“

**KONTAKT:**

**Dr. Roland Bäumle**  
Roland.Baeumle@bgr.de



**Prof. Dr. Thomas Himmelsbach**  
Thomas.Himmelsbach@bgr.de



**Projekt:**  
Studie: Erkundung tiefer, bislang unbekannter semi-fossiler Grundwasserleiter im Kalahari-Becken (südliches Afrika)



# NACHHALTIGE NUTZUNG VON BODEN-RESSOURCEN DURCH BIO-KOHL

## Düngemittel aus Pflanzenkohle könnten Äthiopiens Böden verbessern

Das äthiopische Hochland besitzt vergleichsweise fruchtbare Böden. Doch das Ackerland verliert Nährstoffe durch Erosion, Überweidung und unzureichende Düngung. Einen Beitrag zur Abhilfe könnten Pflanzenkohle-Systeme bieten. Ein BGR-Projekt hat nun die Einsatzmöglichkeiten von nachhaltig erzeugter Biokohle untersucht.

Erosion – Ein weit verbreitetes Problem in Äthiopien.



Fachlicher Austausch über die Nutzung eines Biokohle Ofen von einem Kleinbauern in Jimma/Äthiopien.

Die Ressource Boden ist in Äthiopien stark beansprucht. Das hohe Bevölkerungswachstum führt zu einer gesteigerten Nachfrage nach Nahrungsmitteln und Holz als Brenn- und Baumaterial. Brennholz ist allerdings rar, da nur noch 12,5 Prozent der Fläche Äthiopiens bewaldet sind. Würden die Ressourcen effizienter genutzt und die landwirtschaftliche Produktion deutlich gesteigert, könnte Äthiopien diesem Dilemma entkommen.

„Pflanzenkohle-Systeme könnten einen sinnvollen Beitrag zur Lösung der Probleme leisten“, sagt der BGR-Bodenwissenschaftler Dr. Andreas Möller. Zusammen mit Expertinnen und Experten aus der technischen Zusammenarbeit, dem äthiopischen Landwirtschaftsministerium und internationalen Universitäten entwickelt er ganzheitliche Szenarien, wie Pflanzenkohle-Systeme in Äthiopien implementiert werden können. Die Idee besteht

darin, pflanzliche Reststoffe in speziellen Pyrolyseöfen zum Beispiel zum Kochen zu verwenden. Das Nebenprodukt Pflanzenkohle, also der verkohlte Pflanzenrest, wird anschließend mit Kompost und weiteren Komponenten zu hochwertigen organischen Düngemitteln weiterverarbeitet. Die Szenarien betrachten die gesamte Wehrschöpfungskette bis hin zu Akzeptanzfragen in der Bevölkerung.

Das Ergebnis der Studie: In Äthiopien ist es vorstellbar, Pflanzenkohle in unterschiedlichen Maßstäben aus Ernteresten wie Maiskolben oder Kaffeeshalen herzustellen und gleichzeitig energetisch zu nutzen. Am vielversprechendsten erscheint die Nutzung von kleinen Kochöfen auf lokaler Ebene. Die Forscherinnen und Forscher identifizierten drei Regionen im Nordwesten Äthiopiens, die gute Voraussetzungen für Pflanzenkohle-Systeme bieten.

### KONTAKT:



**Dr. Andreas Möller**  
Andreas.Moeller@bgr.de



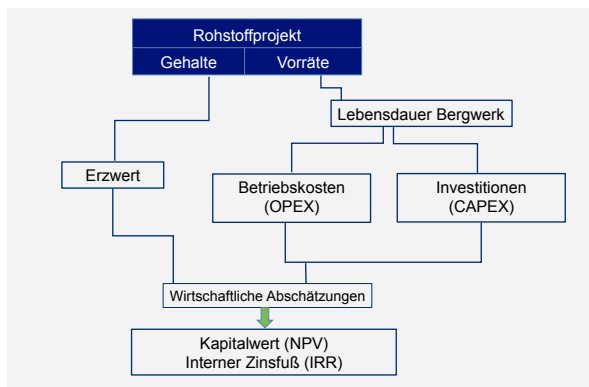
**Dr. Dierk Schlütter**  
Dierk.Schluetter@bgr.de

**Projekt:** Äthiopien – Pflanzenkohle-Systeme zur Verbesserung des Boden- und Nährstoffmanagements

# WERKZEUGKASTEN FÜR BERGBAUBEHÖRDEN

## BGR schult Partner bei der Bewertung von Rohstoffprojekten

Ob ein Bergbauprojekt wirtschaftlich ist oder nicht, hängt von zahlreichen Faktoren ab: Etwa vom Erzgehalt des Gesteins, den Erzvorräten, aber auch von wirtschaftlichen Kennzahlen wie Betriebs- und Investitionskosten. Die BGR hat nun ein einfaches Verfahren entwickelt, mit dem Partnerländer die überschlägige Wirtschaftlichkeit von Rohstoffprojekten abschätzen können.



Oben: Durchführung des Trainings in Maputo im Oktober 2017, für Mitarbeiter der Nationalen Direktion für Geologie und Bergbau von Mosambik.

Unten: Ablaufschema Berechnungen.

„Bei der technischen Zusammenarbeit kooperieren wir mit vielen Ländern, in denen der Bergbausektor als wichtiger Motor der Wirtschaft angesehen wird“, berichtet Dr. Klaus Steinmüller, bei der BGR Mitarbeiter im Sektorprogramm Rohstoffe und Entwicklung. Vielfach fehle den Bergbaubehörden jedoch das nötige Wissen, um Machbarkeitsstudien zu prüfen oder einzuschätzen, ob eingereichte Wirtschaftlichkeitsberechnungen plausibel sind.

Steinmüller und seine Kolleginnen und Kollegen haben daher ein „Toolkit“ entwickelt, eine Art Werkzeugkasten, mit dem die Wirtschaftlichkeit von Rohstoffprojekten auf einfache Weise überprüft werden kann. 2016 schulten die BGR-Experten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Hauptverwaltung für Geologie von Tadschikistan. „Dort wenden die Projektpartner das Toolkit inzwischen erfolgreich an, um bekannte Rohstoffvorkommen anhand von Archivdaten neu zu bewerten“, so Steinmüller. 2017 wurde das Toolkit auch in Mosambik eingeführt. Dort arbeitet jetzt die Nationale Direktion für Geologie und Bergbau mit diesem Instrument.

„Für Bergbauländer ist das Toolkit eine wichtige Hilfe, um den Wert der entdeckten oder vermuteten Rohstoffvorkommen bereits im Frühstadium eines Projekts zu ermitteln oder mögliche Steuereinnahmen abzuschätzen“, erklärt BGR-Expertin Dr. Thekla Abel.

### KONTAKT:

**Dr. Klaus Steinmüller**  
Klaus.Steinmueller@bgr.de



**Dr. Thekla Abel**  
Thekla.Abel@bgr.de



**Projekt:** Toolkit zur wirtschaftlichen Einschätzung von mineralischen Rohstoffprojekten



## DER FAKTOR MENSCH

### Deutsch-chinesisches Team unterstützt Stadtentwicklung in Lanzhou

Das fruchtbare Lössplateau im Norden Chinas gibt dem Gelben Fluss, chinesisch Huang He, seinen Namen. Doch die ihn umgebenden Hügel aus dem weichen, gelben Sediment kommen immer wieder ins Rutschen. Forscherinnen und Forscher der BGR haben nun zusammen mit chinesischen Kolleginnen und Kollegen in der Provinzhauptstadt Lanzhou Untersuchungen zur Hangstabilität durchgeführt und regionale Gefahrenhinweiskarten erstellt.

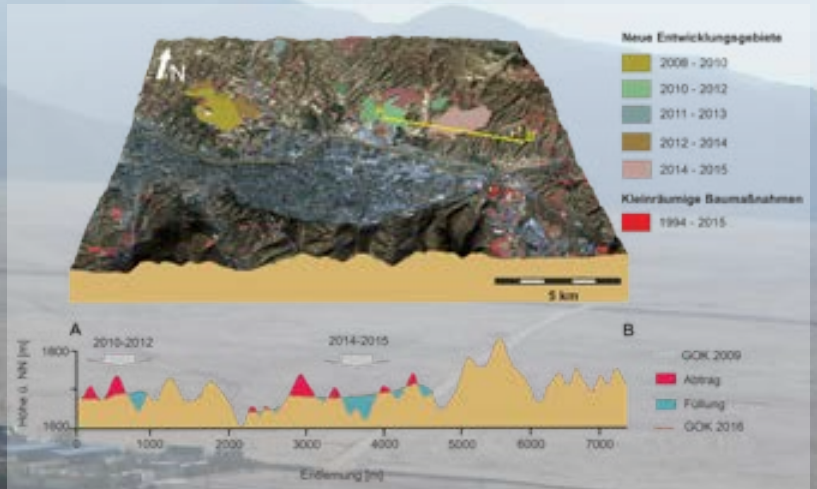


Blick über die Stadt Lanzhou am Gelben Fluß.

Die Dreimillionenstadt Lanzhou breitet sich rasant in die umliegenden Lössberge aus. „Für das Wachstum der Stadt, die früher ein Knotenpunkt der Seidenstraße war, werden großflächig Berge abgetragen und Täler aufgefüllt“, berichtet Dr. Jewgenij Torizin von der BGR. Der Forscher ist an einer deutsch-chinesischen Kooperation beteiligt, bei der die potenzielle Gefährdung durch Massenbewegungen wie z.B. Hangabbrüche und Rutschungen in der Region um Lanzhou untersucht wurde. „Wir wollen spezielle Methoden für Regionen entwickeln, die einer schnellen urbanen Entwicklung unterliegen“, sagt Torizin.

Gewöhnlich werden historische Aufzeichnungen, Luftbilder oder Kartierungen vergangener Hangrutschungen untersucht, um mit statistischen Verfahren so genannte Gefahrenhinweiskarten herzustellen. „Weil Hangrutschungen vergleichsweise selten auftreten, muss man lange Zeiträume betrachten, um statistisch repräsentative Ergebnisse zu erhalten“, so Torizin. Dabei ist es wichtig, dass in diesen Zeiträumen die Kontrollfaktoren möglichst unverändert bleiben. In rasch wachsenden urbanen Regionen





Darstellung der Oberflächenveränderung durch menschliche Aktivität für verschiedene Zeitabschnitte. Das Höhenprofil A-B verdeutlicht die Intensität der Reliefveränderung zwischen 2009 und 2016.

wie Lanzhou funktioniert diese Vorgehensweise aber nicht, weil sich die Landschaft durch die massive geomorphologische Umgestaltung zu schnell verändert.

Das deutsch-chinesische Team versucht daher, den Einfluss der menschlichen Bautätigkeit bei der Abschätzung der Gefahrenpotenziale zu berücksichtigen. In der ersten Projektphase untersuchten die Expertinnen und Experten, inwieweit sich das Gefahrenpotenzial für Hangrutschungen durch diesen Faktor Mensch seit dem Jahr 2000 verändert hat. Die Projektergebnisse sollen direkt in die städtische Entwicklungsplanung für die Jahre 2020 bis 2025 einfließen.

Die zwischen 2014 und 2015 aufgefahrenen Entwicklungsfläche nördlich von Lanzhou. Die Lössberge im Hintergrund lassen die ursprüngliche Landschaftsform erahnen. Auf einer Fläche von ca. 5 km<sup>2</sup> wurden Reliefunterschiede von bis zu 140 m ausgeglichen.

#### KONTAKT:

**Dr. Jewgenij Torizin**  
Jewgenij.Torizin@bgr.de



**Projekt:** LHARA (Landslide Hazard And Risk Assessment Lanzhou, Province Gansu)



## LAUSCHEN FÜR DEN FRIEDEN

### Kernwaffenteststop: Verbesserte Überwachung durch Seismo-Akustik

Die BGR mit ihren Seismometer- und Infraschallstationen ist Teil eines weltumspannenden Überwachungsnetzes zur Einhaltung des internationalen Kernwaffenteststoppabkommens (CTBT). Jetzt kann die BGR Nukleartests noch zuverlässiger aufspüren. Mit Hilfe eines kombinierten seismo-akustischen Verfahrens werden Explosionen nahe der Oberfläche präziser erkannt.

„Unser Ziel ist es, die Detektionsfähigkeit von Seismometer- und Infraschallstationen insgesamt zu verbessern“, beschreibt Seismologe Dr. Lars Ceranna die Intention des aktuellen BGR-Projekts „CTBT Seismo-Akustik“. Das betrifft nicht nur die völkerrechtliche Verpflichtung aus dem Kernwaffenteststoppabkommen, sondern auch alle übrigen Aufgaben der BGR als nationaler Erdbebedienst. In letztgenannter Funktion registriert die BGR rund um die Uhr alle seismischen Ereignisse in Deutschland und den benachbarten europäischen Regionen.

Die BGR-Seismometer zeichnen Signale von unterschiedlichen natürlichen Quellen auf. Dazu zählen Erdbeben, Vulkanausbrüche, Meteoriteneinschläge oder auch Ozeanwellen. Häufig registrieren die Seismometerstationen aber auch Explosionen, die durch Sprengungen im Steinbruch- und Bergbaubetrieb, bei der Detonation von Munition, während Truppenübungen oder unterirdischen Kernwaffentests entstehen. All diese oberflächennahen Ereignisse, egal ob natürlichen oder künstlichen Ursprungs, versetzen die Erdkruste in Schwingung. Dabei senden >>

Eine der Messstellen der Infraschallstation in der Antarktis.



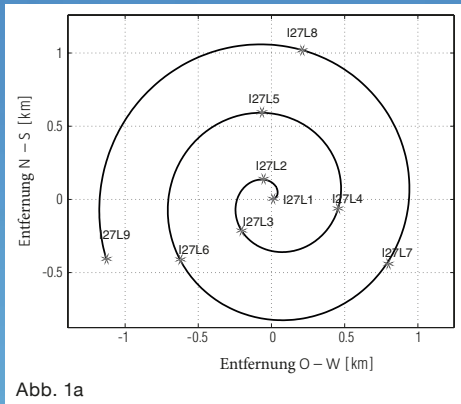


Abb. 1a

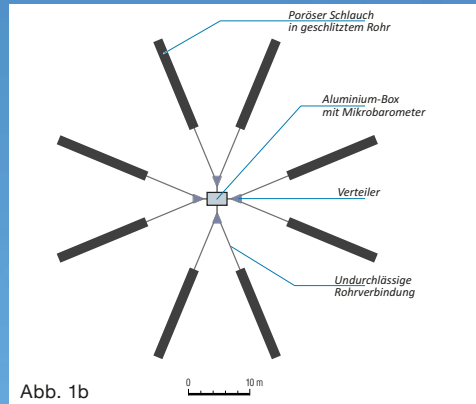


Abb. 1b

## AUFBAU EINER INFRASCHALLSTATION

Die BGR ist für den Betrieb von insgesamt zwei der 60 Infraschallstationen des globalen Überwachungsnetzes zur Einhaltung des CTBT verantwortlich. Die Stationen stehen im Bayerischen Wald und in der Antarktis.

Die BGR-Infraschallstation in der Antarktis besteht aus neun zusammengeschalteten, gleichartigen Messstellen. Dieses sogenannte Array erlaubt eine Richtungspeilung der Schallwellen. Für die Richtungspeilung und Identifikation auch kleiner Signale werden mindestens vier Messstellen benötigt. Die geometrische, spiralförmige Anordnung (Abb. 1a) der neun Messstellen gewährleistet eine optimale Aufnahme der Infraschallsignale.

Jede Messstelle (Abb. 1b) ist mit einem hochempfindlichen Mikrobarometer (Abb. 1c) und einer digitalen Datenerfassungseinheit ausgerüstet. Zur Reduzierung des Windrauschens ist an jedem Mikrobarometer ein Rohrleitungssystem angeschlossen. Es besteht aus acht 25 m langen Armen. Die



Abb. 1c

äußeren 15 m bestehen aus porösen Schläuchen, die den nötigen Lufteinlass ermöglichen. Infraschallwellen werden durch diese Anordnung flächenhaft erfasst und gelangen im Inneren des Rohrsystems zum Sensor. Die Datenübertragung erfolgt per WLAN. In der Antarktis ist die Position der Geräte durch Flaggen markiert, um sie jederzeit auch unter einer meterdicken Eisschicht wiederzufinden.







Abb. 2a



Abb. 2b

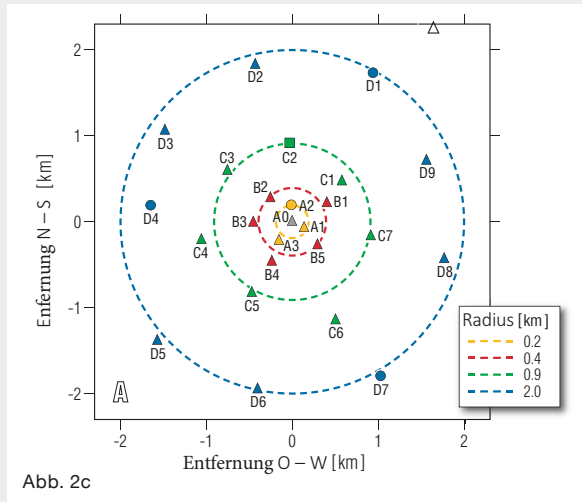


Abb. 2c

## AUFBAU EINER SEISMOMETERSTATION

Das seismologische Stationsnetz des internationalen Überwachungssystems zur Einhaltung des CTBT ist speziell darauf abgestimmt, unterirdische Kernexplosionen zu entdecken, zu lokalisieren und zu identifizieren. Hierzu gehört die BGR-Seismometerstation GERES (siehe S. 64) im Bayerischen Wald. An dieser Station werden seismische Wellen gemessen, die durch Erdbeben oder Explosionen entstehen und sich im Erdinneren ausbreiten. 25 einzelne Messstellen, die auf konzentrischen Kreisen (Abb. 2c) mit den Radien 200 m, 430 m, 925 m und 1988 m angeordnet sind, bilden die Station. Die maximale Ausdehnung dieses seismischen Arrays beträgt etwa 4 km.

GERES ist eine der empfindlichsten seismischen Messstationen in Mitteleuropa. Der Grund dafür ist die direkte Lage der Seismometer (Abb. 2a) auf dem anstehenden Festgestein (Gneis und Granit) des Böhmisches Massivs in mehreren Meter tiefen Schächten (Abb. 2b). Außerdem weist der Standort einen niedrigen Störpegel auf.

>> sie gleichzeitig auch Schallwellen aus, die sich durch die Luft ausbreiten. Insbesondere der Infraschall, der mit tiefen Frequenzen unterhalb von 20 Hz für Menschen nicht wahrnehmbar ist, breitet sich auf Grund der großen Wellenlänge nahezu verlustfrei bis zu einigen hundert Kilometern aus.

Die Aufgabe der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der BGR ist es, die aufgezeichneten Signale von konventionellen Sprengungen zuverlässig von möglichen Kernexplosionen im Rahmen der Kernwaffenteststoppüberwachung und von Erdbeben im Rahmen der Erdbebenüberwachung unterscheiden zu können. Dafür entwickeln sie derzeit eine neue Methode. Zu Beginn des Projekts wurden seismische und akustische Quellen in Deutschland ausgewählt. Die von ihnen ausgesandten und an deutschen Seismometer- und Infraschallstationen empfangenen Signale wurden genau untersucht und charakterisiert. Anschließend wurden die seismischen und die akustischen Signale dieser Ereignisse gemeinsam ausgewertet und zu einem neuen seismo-akustischen Ver-

fahren weiterentwickelt. Durch die Kombination beider Wellenformtechnologien können die Signal-Quellen besser hinsichtlich Tiefe und Richtung lokalisiert und deren Eigenschaften genauer bestimmt werden. So senden etwa oberflächennahe Sprengungen in einem Steinbruch deutlich mehr Energie durch Infraschall aus als tiefer liegende Ereignisse, wie z. B. natürliche Erdbeben. Diese Gesetzmäßigkeit machten sich Ceranna und sein Kollege Dr. Christoph Pilger bei ihrem BGR-Forschungsprojekt im Einsatz für den Frieden zunutze. Beiden gelang es, eine genauere Untersuchungsmethode zum Aufspüren anthropogener Ereignisse zu entwickeln.

Bei den vergangenen Kernwaffentests in Nordkorea konnten die BGR-Forscher zusätzlich zu den seismischen Wellen auch deutliche Infraschallsignale messen und für ihre Auswertung verwenden. „Wir konnten die ausgelösten Explosionen der Nukleartests quasi im Nachgang noch einmal hörbar machen“, sagt Ceranna. Die ursprünglich seismischen Signale der Sprengungen, die sich als Wellen in der Erde ausbreiten, waren bei den Ereignissen stark

## DAS PRINZIP DER SEISMO-AKUSTIK

Die akustischen Infraschallwellen breiten sich als Druckschwankung in der Atmosphäre aus und werden an Schichten mit starker Temperatur- und Windzunahme zum Erdboden zurückgelenkt.

Dagegen breiten sich seismische Wellen mit wesentlich höheren Geschwindigkeiten durch den Erdkörper aus. Die Kombination zu einem seismo-akustischen Verfahren bringt große Vorteile.

Beispielsweise lassen sich Herkunftsrichtung und Entfernung eines Ereignisses aus der Differenz von seismisch-zu-akustischen Laufzeiten berechnen.

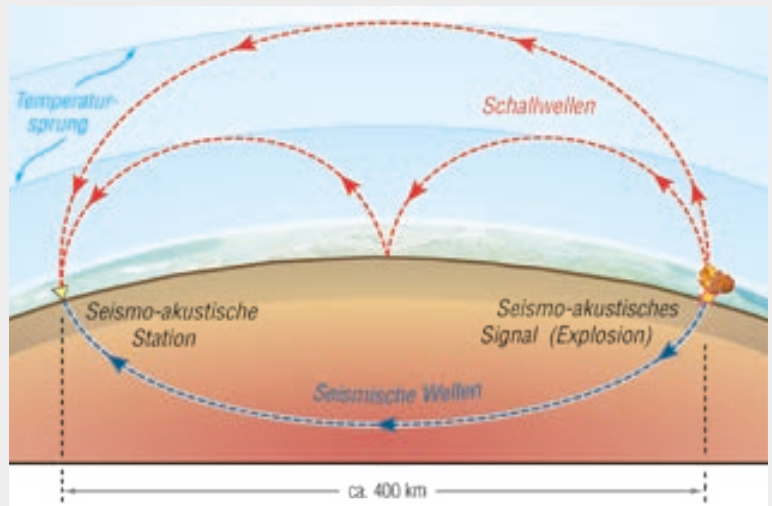
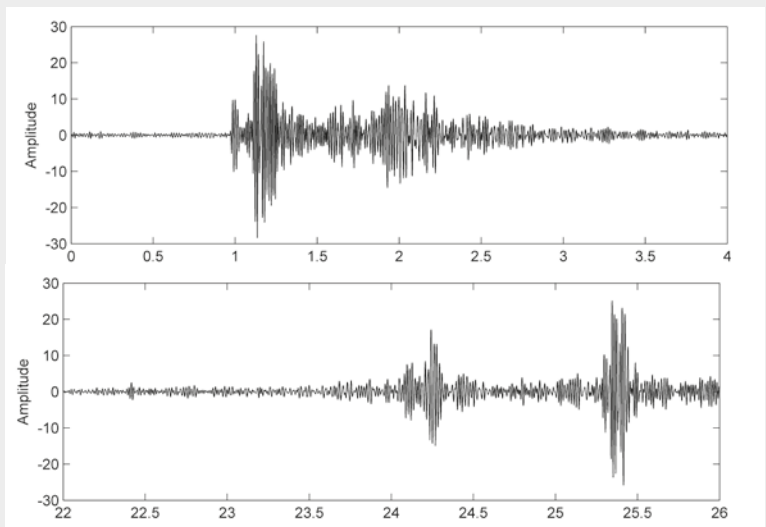


Abb. 3a (oben): Schematische Darstellung der Ausbreitung von seismischen und Infraschallwellen nach dem nordkoreanischen Kernwaffentest 2017.

Abb. 3b: Seismische Wellen des nordkoreanischen Kernwaffentest 2017 nach 1-3 Minuten (oben), akustische Wellen nach 24-26 Minuten (unten), beides an der 400 km entfernten russischen Station I45RU in Ussurijsk-Bucht.



genug, um auch in der Atmosphäre ein akustisches Signal zu erzeugen. Daraus folgerten die beiden BGR-Experten, dass die Quellen jeweils nahe der Oberfläche liegen mussten – wie es letztlich bei den unterirdischen Nukleartests auch der Fall war. Hintergrund: Mit zunehmender Tiefe der Explosion wird das dazugehörige seismische Signal an der Oberfläche schwächer und damit die Wahrscheinlichkeit geringer, sich als messbares Infraschallsignal in der Luft auszubreiten.

In einer aktuellen Detailstudie zum nordkoreanischen Kernwaffentest vom 3. September 2017 untersuchen die BGR-Wissenschaftler derzeit, wie der dabei registrierte Infraschall anhand numerischer Modellierungen der

Schallausbreitung erklärt werden kann. Die starke Explosion mit der Magnitude 6,2 erzeugte in der Quellregion akustische Wellen an der Oberfläche, die noch deutlich in großer Entfernung gemessen werden konnten (Abb. 3a).

### KONTAKT:

**Dr. Christoph Pilger**  
Christoph.Pilger@bgr.de



**Dr. Lars Ceranna**  
Lars.Ceranna@bgr.de



#### Weitere Hinweise:

Pilger, Ceranna & Bönnemann (eds.) (2017): Monitoring Compliance with the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBT) – Contributions by the German National Data Center, Geol. Jb., B 105, ISBN 978-3-510-96858-9

Projekt: CTBT Seismo-Akustik





Kabelverlegung auf der Haupttrasse: 97 Kabelstränge laufen hier zusammen und werden an den Zugschächten montiert.

## BAUARBEITEN IM BAYERISCHEN WALD

### Verkabelung des GERES-Arrays wird erneuert

Seit 25 Jahren betreibt die BGR eine seismische Messstation am 1147 Meter hohen Sulzberg im Bayerischen Wald nahe der tschechischen Grenze. Die Anlage, die aus 25 Messstellen besteht und Teil des Überwachungssystems zum internationalen Kernwaffenteststoppabkommen ist, hatte zunehmend elektronische Störungen und Ausfälle. Die BGR investiert nun gemeinsam mit der Kernwaffenteststopp-Organisation der Vereinten Nationen CTBTO acht Millionen Euro in die Erneuerung des Leitungsnetzes.

Wanderer und Radfahrer mussten im Sommer 2017 einen Bogen um das beliebte Erholungsgebiet „Haidel“ in der Nähe des Örtchens Bischofsreut machen, in dem sich das GERES-Array (der Name steht für GERman Experimental Seismic system) befindet. BGR-Geophysiker Gernot Hartmann: „Für die Modernisierung dieser Messanlage werden auf 22 Kilometern Länge Kabelkanäle gegraben. Darin werden rund 56 Kilometer Strom-, Glasfaser- und Steuerkabel verlegt.“ Während der Bauarbeiten wurde das Waldgebiet daher aus Sicherheitsgründen zeitweise für die Öffentlichkeit gesperrt.

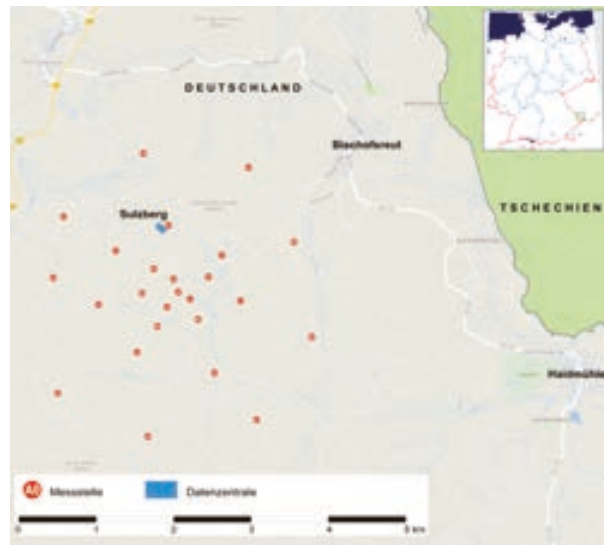
Die neue Verkabelung war notwendig geworden, weil die Anlage in den letzten Jahren trotz regelmäßiger Wartung immer häufiger aufwändig repariert werden musste. „Die unterirdischen Kabel wurden durch Blitzeinschläge bei

Gewitter wiederholt beschädigt. Es kam immer wieder zu Stromausfällen, in einige Messschächte drang Wasser ein. Vereinzelt waren die Kabeltrassen auch durch schwere Forstfahrzeuge in Mitleidenschaft gezogen worden“, beschreibt Hartmann die Lage am Sulzberg. Weil die Schäden so umfangreich waren, beschloss die BGR, die gesamte Verkabelung zu ersetzen. Zusätzlich wurde auch der Blitz- und Überspannungsschutz auf den neuesten Stand gebracht. Außerdem erhielt das Gebäude auf dem Sulzberg, das unter anderem die zentrale Datenerfassung und Kommunikation beherbergt, einen neuen Betriebsraum.

Das GERES-Array besteht aus 25 seismischen Messstellen, die jeweils in einem etwa fünf Meter tiefen Schacht installiert sind. Sie liegen auf vier konzentrischen



GERES-Zentrale auf dem Sulzberg: Alle Seismometersmessstellen des GERES-Arrays sind über Kabel mit der zentralen Stromversorgung und Datenerfassung in diesem Gebäude verbunden.



Kreisen mit Radien zwischen 200 und 2000 Metern rund um die zentrale Station. „Durch die räumliche Verteilung der einzelnen Messstellen hat ein Array die Eigenschaften einer seismischen Empfangsantenne“, erläutert der BGR-Geophysiker. Hartmann: „Weil die Seismometer auf kristallinem Gneis und Granit installiert sind und die Gegend außerdem abseits von Industrie und Verkehr liegt, ist GERES die empfindlichste seismische Messeinrichtung in Mitteleuropa.“



Oben: Lage der GERES-Messstellen im Leopoldsreuter Wald.

Unten: Verlauf der Kabeltrassen von der CERES-Datenzentrale zu den 25 seismischen Messstellen.

Damit ist das Array nicht nur geeignet, um natürliche Erdbeben aus aller Welt zu registrieren, sondern auch künstliche Explosionen wie zum Beispiel Atomwaffentests. GERES gehört unter dem Namen „PS19“ zu den 50 seismischen Primärstationen, die die Einhaltung des Kernwaffenteststoppabkommens CTBT überwachen. Die Daten werden mit einer Zeitverzögerung von wenigen Sekunden an das Datenzentrum der Organisation zur Überwachung des Abkommens, der CTBTO bei den Vereinten Nationen in Wien, geschickt. „Als Betreiber einer solchen Station steht die BGR in der Verpflichtung, im Jahresdurchschnitt eine Datenverfügbarkeit von 98 Prozent zu gewährleisten“, sagt Hartmann.

Damit GERES auch während der Bauarbeiten nicht komplett abgeschaltet ist, sind zehn der Messstellen vorübergehend mit Brennstoffzellen zur eigenständigen Stromversorgung ausgestattet worden. Die Messdaten werden per Mobilfunk übertragen. Für die zuverlässige Funktion sorgen die Ingenieure der BGR. Auch für die acht Messstellen des Infraschall-Arrays IS26, das sich ebenfalls am Sulzberg befindet und Teil des CTBT-Überwachungsnetzes ist, muss der ununterbrochene Betrieb sichergestellt sein.

„Es ist das Ziel, die Bauarbeiten innerhalb eines Jahres abzuschließen. Das erfordert eine umfangreiche Planung und Koordination“, berichtet Hartmann. Neben zwei Ingenieurbüros und den beiden ausführenden Firmen für Tiefbau und Elektrotechnik waren auch die Belange der Gemeinde, des Forstbetriebes, der Wasserwirtschaft und des Naturschutzes zu berücksichtigen.

**KONTAKT:**



**Gernot Hartmann**  
Gernot.Hartmann@bgr.de

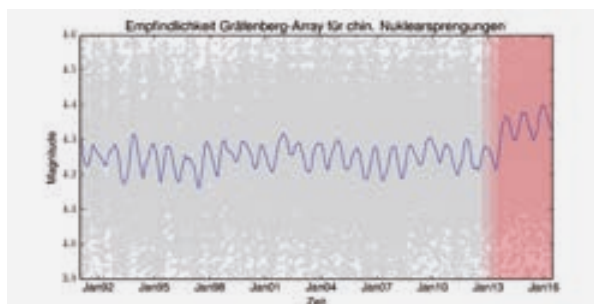
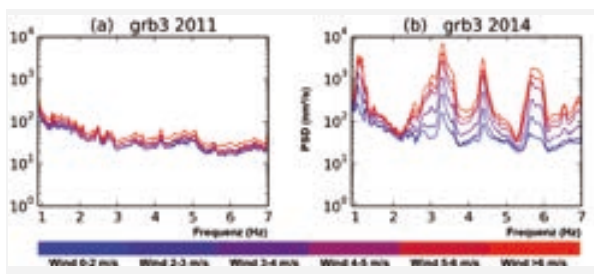
**Projekt:** Modernisierung der seismischen Station PS19



# WINDRÄDER STÖREN ERDBEBEN-MESSUNGEN

Bei starkem Wind kann das Gräfenberg-Array kleinere Beben nicht mehr wahrnehmen

Seit mehr als 40 Jahren registrieren die 13 Stationen des Gräfenberg-Arrays auf der Fränkischen Alb Erdbebenwellen. Doch seit 2011 hat sich die Datenqualität merklich verschlechtert. Ursache dafür sind Windenergieanlagen, die in geringem Abstand zu den Stationen errichtet wurden, zeigt eine BGR-Studie.



Oben: windabhängige Unruhespektren einer Messstation (a) vor und (b) nach Errichtung von drei Windenergieanlagen in der Umgebung.

Unten: Jahreszeitliche Schwankungen der Detektionsschwelle des Gräfenberg-Arrays über 25 Jahre bezogen auf ein Referenzereignis und Einfluss der Windenergieanlagen (rot hinterlegte Flächen ab 2012).

Bei den 13 Messstationen handelt es sich um so genannte Breitband-Seismometer, die Erdbebenwellen mit Frequenzen zwischen 0,01 und 50 Hertz registrieren können. Durch die Anordnung der Stationen – in Nord-Süd-Richtung hat das Feld eine Ausdehnung von circa 100 Kilometern, in Ost-West-Richtung von 40 Kilometern – ist das Gräfenberg-Array eine besonders empfindliche seismologische Antenne.

Doch das Netzwerk hat in den letzten Jahren seine Fähigkeit teilweise eingebüßt. „Seit 2011 wurden im Bereich des Gräfenberg-Arrays zahlreiche neue Windenergieanlagen errichtet, teilweise nur 1,4 Kilometer von den Stationen entfernt“, berichtet der Physiker Dr. Klaus Stammler

von der BGR. Die Windräder verstärken das natürliche Rauschen der Erde, hat Stammler zusammen mit seinem Kollegen Dr. Lars Ceranna in einer Studie nachgewiesen. Dadurch reduziert sich die Zahl der Erdbeben, die das seismische Netz wahrnehmen kann, berichteten die beiden vor kurzem in der Fachzeitschrift *Seismological Research Letters*.

Die beiden Wissenschaftler verglichen Messungen von 2011 und 2014 und stellten fest, dass die Türme der Windräder bereits bei leichtem Wind störende Schwingungen in die Erde übertragen. Ihren Berechnungen zufolge werden dadurch bereits bei Windstärke 3 ein Fünftel der Erdbeben – in der Regel die schwächsten – nicht mehr registriert. „Für Erdbebenstatistiken sind aber gerade die kleinen Erdbeben relevant, da es davon sehr viel mehr gibt als größere Erdstöße“, erklärt Ceranna. Die BGR fordert daher einen Mindestabstand von Windenergieanlagen zu Standorten von seismischen Messstationen von mehreren Kilometern.

## KONTAKT:



**Dr. Klaus Stammler**  
Klaus.Stammler@bgr.de



**Dr. Lars Ceranna**  
Lars.Ceranna@bgr.de

**Projekt:** Einfluss von Windturbinen auf die seismischen Messungen des Gräfenberg-Arrays

# SEISMIZITÄT UNTER KONTROLLE

## BGR-Projekt untersuchte Mikro-Erdbeben in Geothermie-Feldern

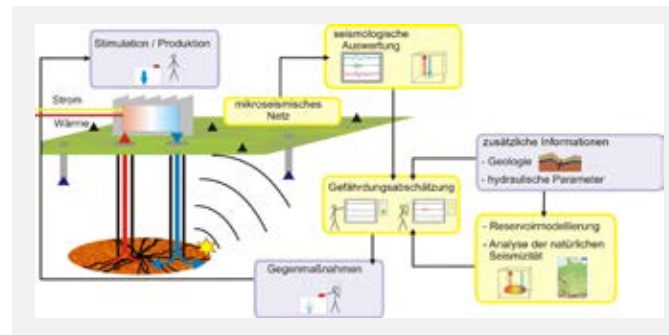
Prototyp einer seismischen Messanlage, mit der die Verstärkung seismischer Wellen im Untergrund effizient ermittelt werden kann.

Im August 2009 löste der Betrieb des geothermischen Kraftwerks in Landau in der Pfalz ein Erdbeben der Magnitude 2,7 aus. Viele Bürgerinnen und Bürger spürten die Erschütterungen, auch leichte Gebäudeschäden traten auf. Das Verbundprojekt MAGS, an dem sich deutsche Universitäten, geologische Dienste des Bundes und der Länder sowie Industriepartner beteiligten, hat sich von 2010 bis 2017 mit den Ursachen dieser „induzierten“ Seismizität befasst und Vermeidungsstrategien entwickelt.

„In der ersten Projektphase haben wir das Konzept der kontrollierten Zirkulation anhand der induzierten Seismizität entwickelt“, erklärt BGR-Geophysiker Dr. Thomas Plenefisch. Ziel war es, die durch Geothermie verursachte Seismizität einzuschränken und spürbare Erdstöße zu vermeiden. „Wir schätzen aus dem Auftreten kleiner Erdbeben und anhand weiterer Parameter die Wahrscheinlichkeit für unerwünschte spürbare Erdbeben ab“, erläutert Plenefisch.

Die Betreiber der geothermischen Kraftwerke in Landau, Insheim und Unterhaching können nun rechtzeitig die Wassermenge oder den Druck reduzieren, wenn die Seismizität ansteigen droht. „In Landau und Insheim haben wir dafür das seismische Messnetz stark ausgebaut und außerdem ein Verfahren entwickelt, um auch schwache Seismizität vollständig erfassen zu können“, berichtet Prof. Dr. Thomas Spies.

In der zweiten Projektphase erweiterte das Team das Konzept der kontrollierten Zirkulation auf größere Geothermie-Felder mit mehreren Kraftwerken. „Es muss aber vermieden werden, dass die Kraftwerke dadurch unwirtschaftlich werden“, sagt Spies. Das Team entwickelte daher Strategien, um das Auftreten von induzierter Seismizität bereits vor dem Bohren beurteilen zu können. Die BGR entwickelte außerdem ein Verfahren, um Wahrscheinlichkeiten dafür zu errechnen, dass spürbare oder gar schädliche Bodenbewegungen auftreten können. „Wir haben berücksichtigt, dass seismische Wellen je nach



Im MAGS-Projekt entwickeltes Reaktionsschema: Der Betrieb tiefer geothermischer Kraftwerke wird mit lokalen seismischen Messungen so gesteuert, dass möglichst wenige spürbare seismische Ereignisse auftreten.

Bodenbeschaffenheit unterschiedlich verstärkt werden“, erläutert Spies. Die Ergebnisse werden in lokale Gefährdungsanalysen einbezogen.

### KONTAKT:

**Dr. Thomas Plenefisch**  
Thomas.Plenefisch@bgr.de



**Prof. Dr. Thomas Spies**  
Thomas.Spies@bgr.de



**Projekt:** : MAGS – Mikroseismische Aktivität in Geothermie-Feldern



# Ausblick

Kooperationsvereinbarung zwischen der BGR und dem Geologischen Dienst von Brasilien

## OPTIMIERTE AUFBEREITUNG VON ZINN- UND TANTALERZEN

Im Rahmen einer 2016 vereinbarten Kooperation mit dem Geologischen Dienst von Brasilien (CPRM), die zunächst für fünf Jahre angesetzt ist, soll in einem ersten gemeinsamen Projekt die Aufbereitung von Zinnerzen aus dem brasilianischen Bundesstaat Rondônia optimiert werden. Hierzu werden derzeit Erzproben in der BGR untersucht. Während zweier Geländekampagnen beprobte die BGR mehrere Bergwerke und Lagerstätten in Rondônia. Zinn wird dort hauptsächlich aus Sekundärlagerstätten wie Seifen und Halden und untergeordnet auch aus Festgestein abgebaut. Als Nebenprodukt werden Tantalminerale gewonnen.

Das Ziel der Aufbereitungstests, welche im industriellen Maßstab in Deutschland durchgeführt werden, ist eine effizientere und umweltfreundlichere Wertmineralanreicherung. Außerdem wird untersucht, wie wirtschaftlich interessante Nebenprodukte wie Niobtantalminerale besser separiert werden können. Die BGR untersucht



Erzaufbereitungsanlage mit Spiralseparatoren im Zinnbergwerk Santa Bárbara von Estanho de Rondônia SA (ERSA).

Seifen, Aufbereitungsrückstände und Erzkonzentrate mineralogisch mit dem Rasterelektronenmikroskop und der Elektronenstrahlmikrosonde.

### KONTAKT:

**Dr. Herwig Marbler**, Herwig.Marbler@bgr.de

**Dr. Simon Goldmann**, Simon.Goldmann@bgr.de

## BMBF r4 Verbund-Projekt SEEsand

### ROHSTOFFE WIE SAND AM MEER

An den Stränden der Insel Usedom und vom Darß bis Kühlungsborn schwemmt die Ostsee wertvolle Fracht an Land: Zusammen mit gewöhnlichem Quarzsand gelangen auch Zirkon- und Granatkörnchen aus Skandinavien ans Ufer. Diese Schwerminerale sind eine bisher ungenutzte Ressource für Hightech-Rohstoffe. Im Verbundprojekt SEEsand, an dem die BGR beteiligt ist, werden Methoden erprobt, um die Minerale aus dem Ostseesand abzutrennen.

Ostsee-Zirkon enthält schwere Seltene Erden, etwa das Metall Dysprosium, das in Permanentmagneten vorkommt. Granat wird unter anderem als Schleifmittel eingesetzt. Bei der Abtrennung der Minerale aus dem Sand kombinieren die Forscherinnen und Forscher verschiedene Technologien, etwa mechanische, biologische und chemische Aufbereitungsverfahren. Da jedes Jahr ohnehin Hunderttausende Tonnen Ostseesand für die Bauindustrie und den Küstenschutz abgebaut werden, könnten



Wertvolle Rohstoffe aus angespültem Sand gewinnt das Projekt „SEEsand“ (Quelle: LUNG MV/Andreas Börner).

die wertvollen Mineralien gewissermaßen als Nebenprodukt gewonnen werden. Das wäre nicht nur nachhaltig, sondern würde auch den Wert des Sandes beträchtlich erhöhen.

### KONTAKT:

**Dr. Sabrina Hedrich**, Sabrina.Hedrich@bgr.de

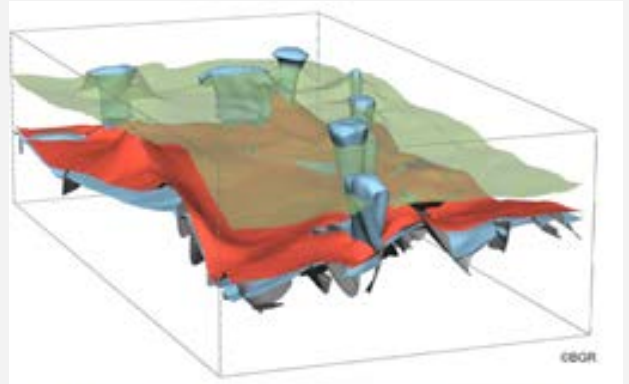
**Prof. Dr. Axel Schippers**, Axel.Schippers@bgr.de

Erweiterung des 3D-Untergrundmodells von TUNB in den Bereich der deutschen Ostsee

## KREUZFAHRT MIT TIEFGANG

Mehr als 3000 Kilometer legte das deutsche Forschungsschiff MARIA S. MERIAN im Februar und März 2016 in der Ostsee zurück. Das Ziel der Fahrt bestand darin, seismische Daten für ein geologisches 3D-Modell des Norddeutschen Beckens zu erheben, das die BGR im Projekt TUNB (Potenziale des unterirdischen Speicher- und Wirtschaftsraumes im Norddeutschen Becken) erarbeitet.

Die seismischen Profile bildeten die Sedimentschichten der Ostsee bis in mehrere Kilometer Tiefe ab. Dabei wurden die Zechsteinsalze erstmals großflächig sichtbar. Die Gesteine vom Meeresboden bis zur Basis des Zechsteinsalzes sind für das Projekt TUNB von besonderem Interesse. Die neuen Daten werden nun gemeinsam mit älteren Messungen so aufbereitet, dass das geologische Modell der Ostsee mit dem ebenfalls im Aufbau befindlichen landseitigen 3D-Modell verbunden werden kann.



Das 3D-Modell aus der deutschen Nordsee (Entenschnabel) zeigt beispielhaft den komplexen dreidimensionalen Charakter des tieferen Untergrundes mit Horizontflächen, Salzstrukturen und Störungen.

### KONTAKT:

**Dr. Vera Noack**, Vera.Noack@bgr.de

**Dr. Michael Schnabel**, Michael.Schnabel@bgr.de

Tiefe, semi-fossile Grundwasserleiter im südlichen Afrika

## GRUNDWASSER ALS GEORESSOURCE ZUR ZUKUNFTSVORSORGE IN AFRIKA

Die BGR empfiehlt eine Neuausrichtung der Grundwasserprospektion im südlichen Afrika. „Wir brauchen eine Explorationstrategie ähnlich wie für Erdöl oder Erdgas“, sagt Prof. Dr. Thomas Himmelsbach, Leiter der BGR-Abteilung Grundwasser und Boden. Die BGR engagiert sich seit langem vor allem im nördlichen Namibia in der Technischen Zusammenarbeit.

Bislang wurden neue Grundwasservorkommen dort eher zufällig gefunden. „Wir müssen aber weg vom erratischen Bohren und hin zu einer interdisziplinären Erkundungsstrategie“, fordert Himmelsbach. Er und seine Kolleginnen und Kollegen wollen in neuen Forschungsprojekten in Afrika südlich der Sahara große, noch nicht erschlossene, so genannte semi-fossile Grundwasserleiter aufspüren. „Das Wasser in solchen Schichten ist sehr alt, aber die Grundwassersysteme und vor allem deren Neubildungsgebiete sind noch aktiv“, erläutert Himmelsbach. Das BGR-Team plant, mit Fernerkundung und geophysikalischen Methoden geologische Strukturen wie frühere



In welchem Umfang findet Grundwasserneubildung statt?

Deltas und Horst-Graben-Systeme aufzusuchen. „Solche Sedimenttröge sind die Wasserspeicher der Zukunft“, sagt Himmelsbach. Anschließend wollen die Forscherinnen und Forscher der BGR das Alter des Grundwassers mit verschiedenen Datierungsmethoden bestimmen. Sie nutzen dabei Messungen zur Verteilung von stabilen und radioaktiven Isotopen. So können sie herausfinden, wo und in welchem Umfang die Grundwasserneubildung heute noch stattfindet und wieviel Wasser nachhaltig genutzt werden kann, ohne dass sich die Grundwasserleiter erschöpfen.

### KONTAKT:

**Prof. Dr. Thomas Himmelsbach**, Thomas.Himmelsbach@bgr.de

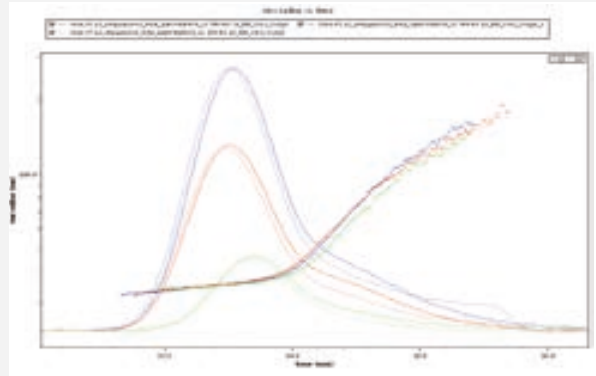


## Neue Methode AF4 (Asymmetrische Fluss Feld-Fluss Fraktionierung)

### TRENNUNG IN DER NANOWELT

Wie mobil sind künstlich hergestellte Nanopartikel im Boden und im Grundwasser? Diese Frage klären Forscherinnen und Forscher der BGR in mehreren vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekten. Bislang war es allerdings schwierig, Nanopartikel in Böden überhaupt nachzuweisen. Jetzt wenden die BGR-Experten eine neue Methode mit dem sperrigen Namen „Asymmetrische Fluss Feld-Fluss Fraktionierung“, abgekürzt AF4, an.

Mit diesem Verfahren können Partikel in Bodenproben ihrer Größe entsprechend voneinander getrennt werden. „AF4 ermöglicht eine schnelle, schonende und hochauflösende Aufteilung von Proben mit Partikeln im Bereich von einem Nanometer bis maximal zehn Mikrometern“, erläutert Dr. Daniel Rückamp von der BGR. Die gewonnenen Teilproben können anschließend mit einem angeschlossenen Mehrwinkel-Streulichtdetektor oder mit chemischen Verfahren genauer analysiert werden.



Messsignale verschiedener Sensoren zur Bestimmung der Siliziumdioxid-Nanopartikel nach der Auftrennung mit der AF4.

Auf diese Weise sind die Forscherinnen und Forscher künftig in der Lage, künstliche und natürliche Nanopartikel in Umweltproben besser nachweisen und genauer charakterisieren zu können.

#### KONTAKT:

**Dr. Daniel Rückamp**, Daniel.Rueckamp@bgr.de

## International Conference on the Mechanical Behavior of Salt 2018 in der BGR

### STEINSALZ IM FOKUS

Vom 12. bis 14. September 2018 findet die 9. Internationale Konferenz zum mechanischen Verhalten von Steinsalz, abgekürzt „SaltMechIX“, in der BGR statt. „Die Konferenz bietet ein Forum für den Austausch von neuesten Forschungsergebnissen über das Verhalten von Steinsalz im Bergbau, in der Kavernenspeicherung und bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle“, berichtet Dr.-Ing. Sandra Fahland von der BGR, die zusammen mit ihrer Kollegin Dr.-Ing. Annika Schäfers die Veranstaltung hauptverantwortlich organisiert.

Die Teilnehmenden der Konferenz beschäftigen sich zum Beispiel mit den Ergebnissen von Laboruntersuchungen zur Salzmechanik, mit der Salzgeologie oder der Mikro-

struktur von Steinsalz. Daneben geht es aber auch um Modellierungen und Simulationen von Prozessen bei der Speicherung konventioneller oder erneuerbarer Energien in Salzkavernen.



#### KONTAKT:

**Dr.-Ing. Sandra Fahland**, Sandra.Fahland@bgr.de

**Dr.-Ing. Annika Schäfers**, Annika.Schaefers@bgr.de

## BARRIERE BENTONIT

In mehreren europäischen Ländern sind Endlager für hochradioaktive Abfälle in der Planung. Konzepte in den Wirtsgesteinen Tonstein und Kristallin beinhalten meist eine so genannte geotechnische Barriere aus dem quellfähigen Mineral Bentonit, die die Abfälle zusätzlich sicher einschließen soll.

Um das mechanische Verhalten von Bentonit noch besser zu verstehen, fördert die EU-Kommission seit Juni 2017 das Projekt BEACON innerhalb des Programms Horizon2020 mit 3,8 Millionen Euro. Zu den 25 Partnern des Forschungsvorhabens zählt auch die BGR. Die beteiligten Forscherinnen und Forscher klären mit Experimenten und numerischen Simulationen, wie sich Bentonit als Dichtung oder Füllmaterial langfristig verhält. Eine besondere Herausforderung besteht darin, die Entwicklung von Ungleichmäßigkeiten im Barriersystem zu verste-

hen. Solche Heterogenitäten können beispielsweise dadurch entstehen, dass Bentonit sowohl in Form massiver Blöcke und als auch in Form kleinerer Pellets verwendet wird. Mit dem Quellen des Minerals können diese Ungleichmäßigkeiten reduziert und somit die Eigenschaften der geotechnischen Barriere homogenisiert werden.

Die Ergebnisse des Projektes sollen später in Trainingskurse einfließen und die Bewertung unterschiedlicher Endlagerkonzepte erleichtern.



**KONTAKT:**

**Dr.-Ing. Annika Schäfers**, Annika.Schaefers@bgr.de

## Geplante Erweiterung des Felslabors Mont Terri

### START FÜR GALERIE 18

Das Felslabor Mont Terri in der Schweiz wird erweitert. Zu den bestehenden Tunnelstrecken, die rund 600 Meter lang sind, kommen noch einmal 600 Meter dazu. Die neue Sektion erhält den Namen „Galerie 18“. „Die BGR forscht seit über zwanzig Jahren als Konsortialpartner im Mont-Terri-Projekt“, berichtet Dr. Kristof Schuster.

Das Felslabor bietet internationalen Forscher-Teams die Möglichkeit, Experimente im Opalinuston durchzuführen, einer Gesteinsschicht aus dem Erdzeitalter Jura, die als mögliches Wirtsgestein für ein Endlager für radioaktive Abfälle diskutiert wird. Neuerdings stehen auch die Themen Geothermie und CO<sub>2</sub>-Speicherung auf dem Programm.

Die Erweiterung begann im Frühjahr 2017 mit drei Erkundungsbohrungen. Die BGR führte dabei Messungen durch, mit deren Hilfe anschließend die Streckenführung festgelegt wurde (siehe Seite 42). Während des Tunnelbaus wollen Schuster und seine Kolleginnen und Kollegen in einem Experiment beobachten, wie der Opalinuston auf die verän-



Lageplan des Mont Terri Felslabors mit der geplanten Erweiterung in 2018 (grün).

derte Belastung reagiert. „Von insgesamt 55 Experimenten, die im erweiterten Labor geplant sind, ist die BGR an 15 Experimenten beteiligt“, berichtet der Geophysiker. „Bei acht weiteren Experimenten sind wir federführend.“

**KONTAKT:**

**Dr. Kristof Schuster**, Kristof.Schuster@bgr.de



## Somalia – Zusammenarbeit Erdölsektor

### BGR UNTERSTÜTZT ERDÖLMINISTERIUM VON SOMALIA

Die BGR bekommt demnächst Besuch aus Somalia: Ein Mitarbeiter des Ministerium für Petroleum und Mineralische Rohstoffe (MPMR) wird ein Jahr lang in Hannover in der Interpretation seismischer Daten geschult. Daneben führt die BGR auch Weiterbildungsmaßnahmen für somalische Ministeriumsmitarbeiter im kenianischen Nairobi durch und hilft, verloren gegangene geologische Daten wiederzubeschaffen.

Nach zwanzig Jahren Bürgerkrieg werden die staatlichen Institutionen in Somalia derzeit wieder aufgebaut. Eine Aufgabe des MPMR besteht darin, Explorations- und Abbaulizenzen für Erdöl- und Erdgaslagerstätten zu vergeben, die vor der Küste vermutet werden. Die Zusammenarbeit mit der BGR soll das Ministerium dazu



Vereinbarung der Zusammenarbeit mit dem somalischen Ministerium für Petroleum und Mineralische Rohstoffe, vertreten durch Minister Abdirashid Mohamed Ahmed (2. v. l.).

befähigen, geophysikalische Daten selbst prüfen und Rohstoffpotenziale einschätzen zu können.

#### KONTAKT:

**Dr. Dieter Franke**, Dieter.Franke@bgr.de

**Johannes Danz**, Johannes.Danz@bgr.de

## Technische Zusammenarbeit mit Indonesien im Geothermiesektor

### RISIKO FÜR FEHLBOHRUNGEN REDUZIEREN

In kaum einem Land der Welt liegen so viele Vulkane wie im Inselstaat Indonesien. Dementsprechend hoch ist das Potenzial für die Geothermie: Mit Hilfe von Erdwärme aus großen Tiefen könnte eine elektrische Leistung von rund 27 Gigawatt erzeugt werden. Das entspricht etwa der Leistung aller deutschen Steinkohlekraftwerke.

Bis zum Jahr 2025 soll nach Plänen der indonesischen Regierung eine Erdwärme-Leistung von 9,5 Gigawatt installiert sein, zuletzt lag die Kapazität der Kraftwerke allerdings erst bei 1,6 Gigawatt. Der Grund für die langsame Entwicklung liegt vor allem darin, dass Geothermie-Projekte für private Investoren ein großes Wagnis sind: Explorationsbohrungen sind teuer, und wegen begrenzter Kenntnisse über den Untergrund werden viele nicht fruchtbar. Um das Risiko für Fehlbohrungen zu vermindern, hat das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) die BGR beauftragt, den Geologischen Dienst Indonesiens zukünftig bei der geologischen Vorerkundung zu unterstützen. Die BGR führt u. a. Trainings in neuen Explorationsmethoden durch. Das Ziel besteht darin, die Erschließungskosten für Kraftwerksentwickler zu verringern – etwa



Leitungen des 200 MW Geothermiekraftwerks Kamojang, West Java.

dadurch, dass zusätzliche Daten in die Prognosen über die Höflichkeit eines Standortes einfließen.

Die Zusammenarbeit konzentriert sich auf kleinere geothermische Ressourcen im Osten Indonesiens, wo das Stromnetz noch lückenhaft ist.

#### KONTAKT:

**Thomas Rehmann**, Thomas.Rehmann@bgr.de

**Dr. Arne Hoffmann-Rothe**, Arne.Hoffmann-Rothe@bgr.de

# Interview

## Große Herausforderungen – BGR auf gutem Weg

Gespräch mit BGR-Präsident Prof. Dr. Ralph Watzel

*Die BGR nimmt Aufgaben von großer gesellschaftlicher Relevanz wahr. Dies hat der Wissenschaftsrat erst kürzlich in seiner Evaluation bestätigt und die sehr gute Qualität der Arbeit der BGR gewürdigt. Was zeichnet die BGR in besonderem Maße aus?*

Eine wesentliche Aufgabe der BGR ist die Beratung von Politik und Wirtschaft. Die Grundlage – und hier zitiere ich gern den Wissenschaftsrat – für die sehr guten Beratungs- und Dienstleistungen der BGR ist eine qualifizierte, bedarfsorientierte Forschung. Neben einem Höchstmaß an Kontinuität in der Forschungsarbeit ist es auch wichtig, dass relevante Forschungsfelder frühzeitig erkannt und besetzt sowie zukunftsweisende Initiativen angestoßen werden. Zudem wirbt die BGR gezielt Drittmittel zur Ergänzung ihrer Ressortforschung ein. Unsere Fachexpertise bringen wir in gesellschaftliche Diskurse und politische Entscheidungen ein – vor allem in den Bereichen der nachhaltigen Rohstoffversorgung und des verantwortungsvollen Umgangs mit natürlichen Ressourcen.

*Allerdings sieht der Wissenschaftsrat auch Verbesserungsbedarf...*

Der Wissenschaftsrat weist darauf hin, dass in einigen Bereichen für eine internationale Spitzenstellung noch weitere Anstrengungen erforderlich sind. Dazu hat er beispielsweise den Ausbau der wissenschaftlichen Zusammenarbeit mit Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen auf nationaler und internationaler Ebene empfohlen. Weiterhin gilt es, die dabei erzielten Forschungsergebnisse noch gezielter und adressatengerechter zu kommunizieren. Die Empfehlungen und Anregungen des Wissenschaftsrates helfen, die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit der BGR weiter zu stärken.



*»Der Beratungsbedarf zu geowissenschaftlichen Themen hat sowohl in der Politik als auch in der Wirtschaft in den letzten Jahren zugenommen.«*

*Vor welchen Herausforderungen stehen die Geowissenschaften in der Zukunft?*

Die Zukunft hat längst begonnen. Der Beratungsbedarf zu geowissenschaftlichen Themen, z.B. in den Bereichen Rohstoffversorgungssicherheit, Grundwasserversorgung und -schutz sowie nachhaltige Nutzung des Bodens und des Untergrundes, hat sowohl in der Politik als auch in der Wirtschaft in den letzten Jahren zugenommen. In einer Welt mit stetigem Bevölkerungswachstum, steigendem Lebensstandard und sich verändernden Lebensgewohnheiten in Schwellen- und Entwicklungsländern wächst der Nutzungsdruck auf die Geo-Ressourcen kontinuierlich. Ein nachhaltiges Management dieser Ressourcen ist Voraussetzung für eine sichere Lebens- und Wirtschaftsgrundlage insbesondere in sich stark entwickelnden Ländern und in Regionen mit sensiblen naturräumlichen Gegebenheiten, wie z.B. Trockengebieten und Küstenzonen. Als Ressortforschungseinrichtung des Bundes unterstützt die BGR dieses Ziel mit Forschung und Beratung sowie auch mit ihrem Engagement in zahlreichen Projekten in der internationalen Entwicklungszusammenarbeit. Die Herausforderungen sind groß.



# Spektrum

## POSITIVE EVALUATION

Die BGR erfüllt ihre Forschungsaufgaben in überwiegend sehr guter Qualität. Das ist das Ergebnis einer Evaluation durch den Wissenschaftsrat im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). Wirtschaftsministerin Brigitte Zypries lobte die Fachexpertise der BGR in den Bereichen der nachhaltigen Rohstoffversorgung und des verantwortungsvollen Umgangs mit natürlichen Ressourcen. Sie freute sich, so die Ministerin, dass der Wissenschaftsrat die sehr guten Beratungs- und Dienstleistungen der BGR für Politik und Wirtschaft auf Grundlage ihrer Forschung ausgezeichnet habe.

**Kontakt: Andreas Beuge, [Andreas.Beuge@bgr.de](mailto:Andreas.Beuge@bgr.de)**

## BGR ARBEITET MIT IRAN ZUSAMMEN

Wassermanagement, Energierohstoffe und mineralische Rohstoffe sind die Felder, auf denen die BGR in Zukunft mit dem Geologischen Dienst von Iran zusammenarbeiten will. Das Abkommen ist ein Ergebnis des Besuchs des damaligen Bundeswirtschaftsministers Sigmar Gabriel im Januar 2016. Flankiert wird die Kooperation mit der neuen Kurzstudie „Iran – ein rohstoffwirtschaftlicher Sachstand“, in der die BGR die wesentlichen Fakten und wichtigsten Investitionsvorhaben im Rohstoffsektor zusammengefasst hat.

**Kontakt: Andreas Beuge, [Andreas.Beuge@bgr.de](mailto:Andreas.Beuge@bgr.de)**



Bundeswirtschaftsministerin Brigitte Zypries (li.) und Ministerpräsident Stephan Weil (2. v. re.) erhielten von BGR-Vizepräsident Dr. Volker Steinbach (re.) eine Manganknolle aus dem Pazifik als Geschenk.

## MINISTERIN ZYPRIES VON BLACK SMOKER FASZINIERT

Massivsulfide und Manganknollen waren die Themen, über die BGR-Vizepräsident Dr. Volker Steinbach auf der IdeenExpo 2017 mit Bundeswirtschaftsministerin Brigitte Zypries und Niedersachsens Ministerpräsident Stephan Weil sprach. Beide Politiker besuchten bei der Technik-Messe für Jugendliche in Hannover den Stand der BGR. Anziehungspunkt dort war der Schlot eines „Black Smoker“ aus dem Indischen Ozean, dessen schillernde Oberfläche aus Gold, Kupfer- und Zinkerzen besonders die Ministerin faszinierte.

**Kontakt: Dr. Ulrich Schwarz-Schampera, [Ulrich.Schwarz-Schampera@bgr.de](mailto:Ulrich.Schwarz-Schampera@bgr.de)**

## SISUROCK ANALYSIERT BOHRKERNE

Die BGR kann jetzt mit dem Hyperspektral-Scanner „SisuRock“ Gesteinsproben mineralogisch charakterisieren. Der Scanner besteht aus drei Kameras, die von Proben reflektiertes Licht in verschiedenen Wellenlängen aufzeichnen. Er kann Proben vom kleinsten Dünnschliff bis zum großen Bohrkern oder gar den Schloten Schwarzer Raucher unter die Lupe nehmen. Der analysierte Spektralbereich reicht vom sichtbaren Licht bis zum langwelligen Infrarot.

**Kontakt: Dr. Martin Schodlok, [Martin.Schodlok@bgr.de](mailto:Martin.Schodlok@bgr.de)**



Hyperspektral-Laborscanner „SisuROCK“ zur reflexions-spektroskopischen Charakterisierung von Gesteinsproben.

## KONSEQUENTER UMWELTSCHUTZ BEIM TIEFSEEBERGBAU GEFORDERT

Die BGR und das Umweltbundesamt (UBA) haben sich bei einem Workshop im März 2017 in Berlin für einen konsequenten Umweltschutz beim Bergbau in der Tiefsee ausgesprochen. Beide Behörden riefen gemeinsam dazu auf, große Schutzgebiete einzurichten, um die Biodiversität der Tiefsee zu schützen. Bei der Veranstaltung diskutierten rund hundert Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus aller Welt einen von der Internationalen Meeresbodenbehörde ISA vorgelegten Entwurf zu Umweltregularien beim Tiefseebergbau. **Kontakt: Dr. Annemiek Vink, Annemiek.Vink@bgr.de**



Holothurie (Seegurke) in 4000 m Wassertiefe über einem Manganknollenfeld im deutschen Lizenzgebiet im Pazifik.

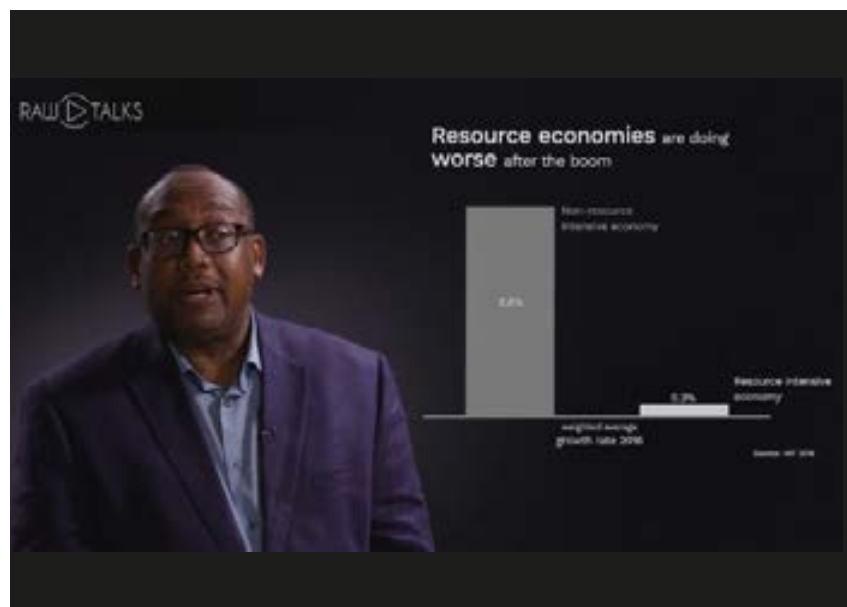
## PORTAL ZUR GLOBALEN ROHSTOFFSITUATION

Seit Oktober 2017 stellt die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der BGR in ihrem Informationssystem „ROSYS“ Analysen zu aktuellen Entwicklungen auf den Rohstoffmärkten zur Verfügung. Unter dem Link <https://rosys.dera.bgr.de/> können Unternehmen und andere Interessierte interaktive Karten und Diagramme zu 80 wichtigen Rohstoffen abrufen, Handelspartner identifizieren und Entwicklungen verfolgen. Die Informationen sollen für mehr Transparenz auf den Rohstoffmärkten sorgen. **Kontakt: Arne Schumacher, Arne.Schumacher@bgr.de**

## RAW TALKS

Rohstoffreichtum kann die Entwicklung von Nationen befördern, aber auch behindern. In einer neuen Interview-Reihe im Internet mit dem Titel „RAW Talks“ ([www.rawtalks.org](http://www.rawtalks.org)), eröffnen internationale Fachleute einem breiten Publikum Einblicke in die Rohstoffwirtschaft und Rohstoffpolitik. Die BGR hat RAW Talks mitgegründet, unterstützt die inhaltliche Ausgestaltung der Reihe und fördert die Produktion der Interviews finanziell. Zu den bisherigen Gesprächspartnern gehörte u. a. Kojo Busia, Leiter des African Minerals Development Centre, der im Internet-Video über die Last des afrikanischen Rohstoffreichtums berichtet.

**Kontakt: Johannes Danz, Johannes.Danz@bgr.de**



Kojo Busia, Direktor des African Minerals Development Centre, im RAW-Talks-Interview.

## SPITZBERGENS VERSCHWUNDENES UR-MEER

Die geologischen Überreste eines 400 Millionen Jahre alten Ozeans hat ein internationales Forscher-Team unter Leitung der BGR im Juli und August 2017 auf der kanadischen Ellesmere-Insel nachgewiesen. Die Expedition CASE 19 war die bislang größte Nordpolar-Expedition der BGR. Der Norden der Ellesmere-Insel war einst mit Spitzbergen verbunden. Anhand von Gesteinsproben und Geländebefunden wies das Team nach, dass diese Landmasse vor 400 Millionen Jahren mit Nordamerika kollidierte, wobei die dazwischenliegende Erdplatte des Ur-Ozeans fast vollständig im Erdmantel verschwand.

**Kontakt: Dr. Karsten Piepjohn, Karsten.Piepjohn@bgr.de**



Im Küstengebirge auf Ellesmere Island fanden die Forscher Belege für das Ur-Meer.

## HINTERGRUNDWERTE FÜR SCHADSTOFFE IM BODEN AKTUALISIERT

Die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) hat 2017 die 4. Auflage ihres Berichts „Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden“ veröffentlicht. Die BGR hat dafür die bundesweiten Hintergrundwerte von 16 anorganischen Spurenstoffen berechnet. Die Auswertung für die aktuelle Ausgabe ist wesentlich detaillierter als in der 3. Auflage des Berichts 2003. Zudem wurden für die Hintergrundwerte erstmals statistische Unsicherheiten bestimmt.

**Kontakt: Dr. Florian Stange, Florian.Stange@bgr.de**

## WILLKOMMEN IM CRYSTALLINE CLUB

Um die internationale Forschung zu kristallinen Wirtsgesteinen zu bündeln, hat die Nuclear Energy Agency (NEA) eine Expertengruppe ins Leben gerufen, an der auch die BGR beteiligt ist. Dem neu gegründeten „Crystalline Club“ gehören außerdem Vertreterinnen und Vertreter aus Tschechien, den USA, Russland, Japan, Kanada und Spanien an. Die Expertinnen und Experten planen, den Austausch wissenschaftlicher Erkenntnisse zu Endlagern im Kristallin zu fördern. Als erstes wollen sie einen Bericht zum internationalen Stand der Endlagerforschung im Kristallin verfassen.

**Kontakt: Axel Weitkamp, Axel.Weitkamp@bgr.de**



Granite sind relativ grobkristalline magmatische Gesteine, die grundsätzlich als Wirtsgestein für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in Betracht kommen.

## SICHERE WASSERVERSORGUNG FÜR DIE KÜSTEN

Die nachhaltige Bewirtschaftung von küstennahem Grundwasser ist das Thema eines neuen BGR-Handbuchs. Es beschäftigt sich mit aktuellen Problemen und Herausforderungen für eine nachhaltige Trinkwasserversorgung in Küstengebieten aufgrund von Bevölkerungswachstum, Verstädterung und einem Anstieg des Meeresspiegels infolge des Klimawandels. Unter dem Titel „Groundwater Management in Coastal Zones“ zeigt das Handbuch innovative Managementlösungen auf, die eine nachhaltige Wasserversorgung gewährleisten sollen.

**Kontakt: Dr. Vincent Post, Vincent.Post@bgr.de**

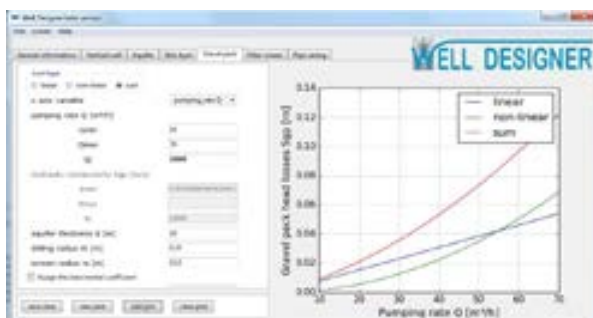


## EXPERTEN DISKUTIERTEN ÜBER WASSERKNAPPHEIT IM NAHEN OSTEN

Um der Wasserknappheit im Nahen Osten zu begegnen, sind strukturelle Reformen im Wassersektor notwendig. Zu diesem Ergebnis kamen 30 Expertinnen und Experten von der Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), der Entwicklungsbank KfW und der BGR bei einem Treffen in der Bonner Vertretung des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ). Nach Meinung der Expertinnen und Experten sollte vielerorts die Grundwasserentnahme für Bewässerung stark reguliert und die Effizienz gesteigert werden, etwa durch Tröpfchenbewässerung oder die Verwendung von wiederaufbereitetem Abwasser. **Kontakt: Ramon Brentführer, Ramon.Brentfuehrer@bgr.de**



Bewässerungslandwirtschaft in Jordanien aus fossilem Grundwasser.



Benutzeroberfläche der Modellssoftware Well Designer zur Berechnung und Optimierung der Eintrittsverluste von Vertikalfilterbrunnen

## OPTIMIERTE BRUNNENHYDRAULIK

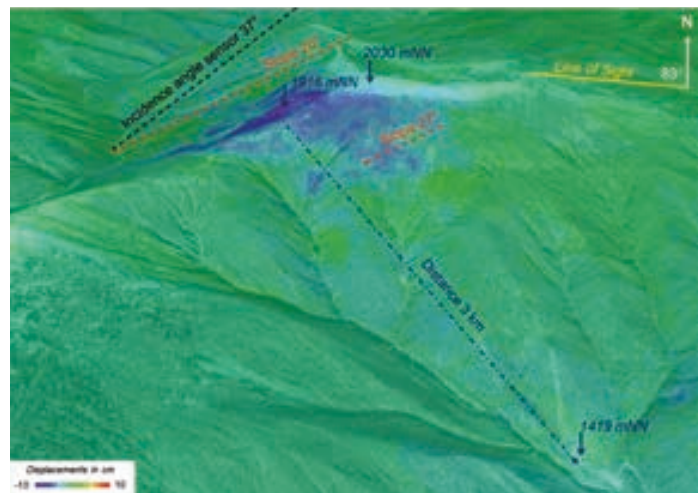
Die an der BGR entwickelte Software WellDesigner soll den Energieverbrauch von Grundwasser-Förderbrunnen reduzieren. Das anhand von Modellrechnungen, Experimenten und Feldversuchen erarbeitete Software-Tool dient dazu, neue Brunnen effizienter zu planen und die Nutzung bestehender Brunnen zu verbessern. Anwender können mit Hilfe von WellDesigner die Geometrie von Brunnen gezielt anpassen, um ihre Hydraulik zu optimieren.

**Kontakt: Dr. Georg Houben, Georg.Houben@bgr.de**

## RADARSATELLITEN ÜBERWACHEN ATOMTESTS

Beim nordkoreanischen Atombombentest am 9. September 2016 senkte sich die Erdoberfläche im Testgelände teilweise um 12 Zentimeter. Das zeigen Messungen des Radarsatelliten Sentinel-1 im Rahmen der Copernicus-Mission. Ein Team um die BGR-Wissenschaftlerin Dr. Michaela Frei konnte den Ort der Sprengung mit diesen Satellitendaten erstmals genau eingrenzen. Satellitenaufnahmen helfen, zusätzlich zu den seismischen Methoden im Rahmen des internationalen Kernwaffenteststopabkommens CTBT, Atomtests genauer zu lokalisieren.

**Kontakt: Dr. Michaela Frei, Michaela.Frei@bgr.de**

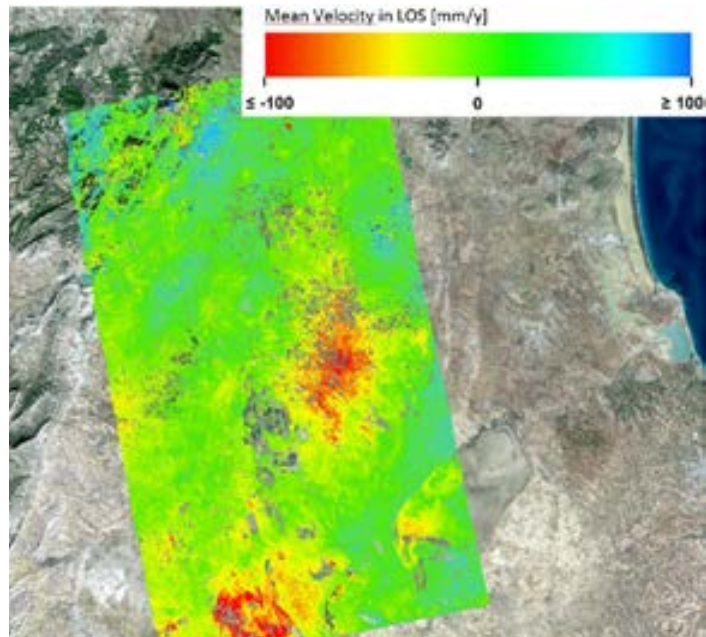


Die resultierende Bodenbewegungskarte zeigt das Absenkungsgebiet in einer Entfernung von 3 km vom Tunneleingang.

## FERNERKUNDUNG HILFT BEIM GRUNDWASSERMANAGEMENT

Die BGR unterstützt Tunesien und andere Maghreb-Staaten dabei, sinkende Grundwasserspiegel per Fernerkundung zu überwachen. In dem Projekt kommt zum einen die Radarinterferometrie zum Einsatz, die Bodenbewegungen per Satellit aufspürt. Dadurch lässt sich feststellen, wo das Grundwasser zu stark genutzt wird. Anhand multispektraler optischer Daten kann zum anderen ermittelt werden, wie viel Wasser die Landwirtschaft braucht. Mit diesem kombinierten Wissen können die Behörden das Wassermanagement verbessern.

**Kontakt: Dr. Michaela Frei, Michaela.Frei@bgr.de**



Untersuchungsgebiet und ermittelte Bodenbewegungen durch Radarinterferometrie. Rote Bereiche stellen Bereiche starker Absenkungen aufgrund von Grundwassernutzung für den landwirtschaftlichen Bedarf dar.

## ENDLAGER-DATEN WERDEN RECHTSSICHER AUFBEWAHRT

Alle In-situ-Daten, die die BGR in nationalen und internationalen Endlagerprojekten untertage gemessen hat, werden künftig „beweiserhaltend“ und damit rechtssicher aufbewahrt. Das Bundesarchiv bietet dafür das Digitale Zwischenarchiv des Bundes (DZAB) an. Die BGR muss sicherstellen, dass die Sicherung der Daten langfristig gewährleistet ist und für Nachprüfungen zur Verfügung steht.

**Kontakt: Hendrik Albers, Hendrik.Albers@bgr.de**

## VERTRAG MIT ANDRA VERLÄNGERT



Seismische Messungen im Tongestein im untertägigen Forschungslabor (Frankreich).

Die BGR und die ANDRA (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs) forschen seit 2001 gemeinsam auf dem Gebiet der Endlagerung radioaktiver Abfälle. In einem Kooperationsvertrag wurde die Zusammenarbeit um weitere fünf Jahre bis 2021 verlängert. Durch den Austausch erweitert die BGR ihre Kenntnisse zum Wirtsgestein Tonstein für die Standortauswahl eines Endlagers in Deutschland. Aktuell stellt die ANDRA Planungsunterlagen für das Cigéo (Centre industriel de stockage géologique) zusammen. Das französische Endlager für hochradioaktive Abfälle soll nördlich des Untertagelabors Meuse/Haute-Marne gebaut werden.

**Kontakt: Jürgen Sönnke, Juergen.Soenke@bgr.de**



## ERDWÄRME-NUTZUNG AM MOUNT MERU



Im Krater des Mount Meru mit zentralem Schlackekegel.

Fernerkundung kann dazu beitragen, Gebiete aufzuspüren, die für die Erdwärmee-Nutzung interessant sind. Das zeigt ein BGR-Projekt in Tansania. Ein Forscher-Team um den BGR-Wissenschaftler Dr. Kai Hahne kartierte geologische Störungen am Vulkan Mount Meru anhand von Multi-spektraldaten und Höhenmodellen. Mit Hilfe der Satelliten-Radarinterferometrie konnten zudem lineare Absenkungszo-nen erkannt werden, die wahrscheinlich mit geothermisch höffigen Störungen in Verbindung stehen. Geophysikalische und hydrochemische Untersuchungen am Boden sollen nun gezielt klären, wo sich das geothermisch nutzbare Potenzial genau befindet.

**Kontakt: Dr. Kai Hahne, Kai.Hahne@bgr.de**

## MILLIMETERGENAUE MESSUNG AUS DEM ALL

Die „Satellitengestützte Bodenbewegungs-karte für Deutschland“ ist Preisträger im Wettbewerb „Ausgezeichnete Orte im Land der Ideen“ 2016. Die Karte und der Boden Bewegungsdienst Deutschland (BBD), an dem die BGR arbeitet, beruhen auf Radar-daten der Satellitenmission Sentinel-1. Sie gehört zum Erdbeobachtungsprogramm Copernicus der EU und scannt die Erdober-fläche regelmäßig ab. Anhand der Daten kön-nen Bewegungen der Erdoberfläche milli-metergenau identifiziert werden.

**Kontakt: Andre Kalia, Andre.Kalia@bgr.de**



ESA Satellit Sentinel-1.

## NEUES BUCH ZUR ÜBERWACHUNG VON KERNWAFFENTESTS

Die BGR-Wissenschaftler Christoph Pilger, Lars Ceranna und Christian Bönnemann haben jetzt ein Buch zum Stand der fachlichen Arbeiten der BGR und weiterer Partner zur Überwachung des internationalen Kernwaffenteststopp-abkommens herausgegeben. Unter dem Titel „Monitoring Compliance with the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBT) – Contributions by the German National Data Center“ stellen die BGR-Autoren die Geschichte des Abkom-mens, die vier Überwachungstechnologien und die deutschen Messstationen vor. Sie beschreiben zudem wichtige Anwendungsfälle, wie die jüngsten Kernwaffentests in Nordkorea.

**Kontakt: Dr. Christoph Pilger, Christoph.Pilger@bgr.de**



# Die BGR

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) ist eine wissenschaftlich-technische Oberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). Als geowissenschaftliches Kompetenzzentrum berät und informiert sie die Bundesregierung und die deutsche Wirtschaft in allen geowissenschaftlichen und rohstoffwirtschaftlichen Fragen. Ihre Arbeit dient einer ökonomisch und ökologisch vertretbaren Nutzung und Sicherung natürlicher Ressourcen und somit der Daseinsvorsorge. Als nationaler Geologischer Dienst von Deutschland nimmt die BGR zahlreiche internationale Aufgaben wahr. Im Inland hat sie überwiegend koordinierende Funktionen. Zusammen mit dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) und dem Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) bildet die BGR das GEOZENTRUM Hannover.

**BGR Report**

Als PDF zum Download:



[www.bgr.bund.de/Report2018](http://www.bgr.bund.de/Report2018)

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

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Stilleweg 2

30655 Hannover

Telefon: +49 511 643 0

E-Mail: [info@bgr.de](mailto:info@bgr.de)

Die BGR ist eine wissenschaftlich-technische Oberbehörde im  
Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi)

